

ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5  
เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอน โดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาออกนิชัน

เสาวลักษณ์ บุญจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา

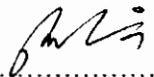
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

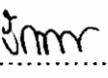
พฤษภาคม 2558

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา  
วิทยานิพนธ์ของ เสาวลักษณ์ บุญจันทร์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

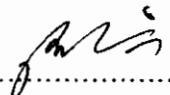
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

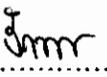
  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิสิทธิ์ ภคพงศ์พันธุ์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ดร.รักพร ดอกจันทร์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธาน  
(ดร.ช.ชง พวงสุวรรณ)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิสิทธิ์ ภคพงศ์พันธุ์)

  
..... กรรมการ  
(ดร.รักพร ดอกจันทร์)

  
..... กรรมการ  
(ดร.วนิดา พงษ์ศักดิ์ชาติ)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

  
..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่ 25 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2558

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ ระดับบัณฑิตศึกษา  
จาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิสิทธิ์ ภคพงศ์พันธุ์ และ ดร.รักพร ดอกจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทาง ที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.ช.ธง พวงสุวรรณ และ ดร.วนิดา พงษ์ศักดิ์ชาติ คณะกรรมการ สอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้อง สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ นอกจากนี้ ยังได้รับความ อนุเคราะห์จากท่านผู้บริหารและคณะครู โรงเรียนห้วยคตพิทยาคมทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ เป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อพูน คุณแม่ทองหลัก ครอบครัวบุญจันทร์ทุกคนที่เป็น กำลังใจสำคัญยิ่ง และให้การสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา และขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่มี ส่วนช่วยให้กำลังใจและคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดให้มี โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาในการวิจัยและทุนการศึกษาตลอดหลักสูตรนี้ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยสำเร็จ การศึกษาครั้งนี้ไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูคุณเวทิตาแต่ บุพการี บุรพจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

เสาวลักษณ์ บุญจันทร์

56920123: สาขาวิชา: คณิตศาสตร์ศึกษา; วท.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา)

คำสำคัญ: กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน/ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เสาวลักษณ์ บุญจันทร์: ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน (A STUDY OF MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING ABILITY OF MATHAYOMSUKSA V STUDENTS ON LAWS OF SINE AND COSINE LEARNING BY USING METACOGNITION THINKING PROCESS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิสิทธิ์ ภคพงศ์พันธุ์, Ph.D, ดร.รักพร ดอกจันทร์, Ph.D. 125 หน้า. ปี พ.ศ. 2558.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันและเพื่อศึกษาเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนห้วยคตพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 31 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่ใช้การสอนโดยเน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยแบบแผนการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบ One- Group Pretest-Posttest Design วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และดัชนีประสิทธิผล

ผลการวิจัยพบว่า

1. ค่าดัชนีประสิทธิผลของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ มีค่าเท่ากับ 0.6624

2. เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ อยู่ในระดับมาก

56920123: MAJOR: MATHEMATICS EDUCATION; M.Sc. (MATHEMATICS EDUCATION)

KEYWORDS: METACOGNITION THINKING PROCESS / MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING ABILITY

SAOWALUK BOONJUN: A STUDY OF MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING ABILITY OF MATHAYOMSUKSA V STUDENTS ON LAWS OF SINE AND COSINE LEARNING BY USING METACOGNITION THINKING PROCESS.

ADVISORY COMMITTEE: APISIT PAKAPONGPUN, Ph.D., RAKPORN DORKJAN, Ph.D. 125 P. 2015.

The purposes of this research were to study of mathematical problem solving ability and attitude towards mathematics of mathayomsuksa v students on laws of sine and cosine learning by using metacognition thinking process.

The target group for the study was 31 students in 1 classroom from mathayomsuksa v in second semester of 2014 academic year from Huaikhotpittayakhom school.

The tools of the research consist of learning management plans using metacognition thinking process, mathematics problem solving abilities test and attitude towards mathematics test. The one-group pretest – posttest design was used for this study. The data were analyzed by using mean, standard deviation and effectiveness Index.

The findings were as follows:

1. The effectiveness index of mathematics problem solving ability of mathayomsuksa v students on laws of sine and cosine learning by using metacognition thinking process was 0.6624.

2. Attitude towards mathematics of mathematics problem solving ability of mathayomsuksa v students on laws of sine and cosine learning by using metacognition thinking process was at a high level.

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ .....	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
สมมติฐานของการวิจัย.....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
หลักสูตรคณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.....	9
กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน.....	16
การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	24
เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์.....	38
ดัชนีประสิทธิผล.....	41
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	43
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	47
กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย.....	47
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย.....	47
แบบแผนการวิจัย.....	48
เครื่องมือในการวิจัย.....	48
การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	48
วิธีดำเนินการวิจัย.....	55

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	56
4 ผลการวิจัย.....	58
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	58
ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	58
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	59
5 สรุปและอภิปรายผล.....	63
สรุปผลการวิจัย.....	63
อภิปรายผล.....	63
ข้อเสนอแนะ.....	66
บรรณานุกรม.....	68
ภาคผนวก.....	75
ภาคผนวก ก.....	76
ภาคผนวก ข.....	78
ภาคผนวก ค.....	107
ภาคผนวก ง.....	118
ประวัติผู้วิจัยโดยย่อ.....	125

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามแนวคิด ของ Polya.....	33
2	ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์รวมของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์..	33
3	ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อยของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์..	35
4	เกณฑ์การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	37
5	แสดงการกำหนดค่าข้อคำถามประเภททางบวกและประเภททางลบ.....	40
6	แบบแผนการทดลอง.....	48
7	แสดงสาระการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้.....	49
8	เกณฑ์การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	51
9	ผลการศึกษาค่าดัชนีประสิทธิผลของความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เป็นรายกลุ่ม.....	59
10	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเจตคติต่อการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอน โดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน.....	60
11	ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอน โดยเน้น กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน.....	108
12	ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ก่อนเรียน (Pretset) เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	110
13	ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอน โดยเน้น กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน.....	111
14	ค่าความยาก ( $p$ ) ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของ แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน (Pretset) เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	112

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	ค่าความยาก ( $p$ ) ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน (Posttest) เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	113
16	ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์.....	114
17	ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแจกแจงค่าที (t-test) และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ.....	116
18	ผลการวิเคราะห์ SPSS ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่เหมือนกันสองฉบับ (Equivalence from Reliability).....	117
19	คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน (คะแนนเต็ม 54 คะแนน).....	119
20	คะแนนแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอน โดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน.....	121
21	ผลการวิเคราะห์ SPSS ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอน โดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน.....	124

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาของ Polya .....	29

# บทที่ 1

## บทนำ

### ที่มาและความสำคัญของปัญหา

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545 มาตรา 22 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถ เรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้อง ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ และมาตรา 24 ระบุว่า กระบวนการ จัดการเรียนรู้ควรจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ฝึกทักษะ กระบวนการคิด จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนเรียนรู้จาก ประสบการณ์จริง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2546, หน้า 11-12) ซึ่งสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็น มนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม และทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ และการประกอบอาชีพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 3)

วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาแขนงหนึ่งที่มีความสำคัญในการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาคนเข้าสู่ สังคม เนื่องจากมนุษย์สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนคณิตศาสตร์ นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังช่วยพัฒนาให้แต่ละบุคคลเป็น คนที่สมบูรณ์ เป็นพลเมืองดี เพราะคณิตศาสตร์ช่วยเสริมสร้างความมีเหตุผล ความเป็นช่างคิด ช่างริเริ่มสร้างสรรค์ มีระเบียบเรียบร้อยในการคิด มีการวางแผนในการทำงาน และมีความสามารถในการ แก้ปัญหา นอกจากนี้ศาสตร์อื่น ๆ อันได้แก่ วิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ และสังคมศาสตร์ต่าง ๆ ก็ต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการพัฒนาตนเอง (สิริพร ทิพย์คง, 2545, หน้า 1) ดังนั้น กระทรวงศึกษาธิการจึงกำหนดให้คณิตศาสตร์เป็นหนึ่งในแปดของสาระการเรียนรู้ใน หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และเปิดโอกาสให้เยาวชนทุกคน ได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องและตลอดชีวิตตามศักยภาพ ทั้งนี้เพื่อให้เยาวชนเป็นผู้ที่มี ความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่พอเพียง นำความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่จำเป็นไปพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น รวมทั้งสามารถนำไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไป (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 7-10)

อย่างไรก็ตามผลการประเมินทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านมา พบว่า นักเรียนส่วนมากมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับที่ยังไม่น่าพอใจ จะเห็นได้จากผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน

(O-net) รายวิชาคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2556 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ย 25.45 คะแนน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ย 20.48 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ซึ่งทั้งระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และมัธยมศึกษาปีที่ 6 คะแนนลดลงจากปีการศึกษา 2555 อีกทั้งเมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมพบว่าคะแนนรายวิชาคณิตศาสตร์ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก เนื่องจากยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 และเมื่อเทียบกับรายวิชาอื่นทั้ง 8 รายวิชาพบว่า รายวิชาคณิตศาสตร์ มีคะแนนต่ำที่สุด (โรงเรียนห้วยคตพิทยาคม, 2556, หน้า 8) และยังสอดคล้องกับการรายงานผลโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ร่วมกับนานาชาติ

(Trends in International Mathematics and Science Study: TIMSS) พบว่า ผลการประเมินคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนปี พ.ศ.2554 ลดลงจากปี พ.ศ.2550 (สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) นอกจากนี้จากรายงานผลการทดสอบระดับชาติ (Onet) ปีการศึกษา 2556 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนห้วยคตพิทยาคม จังหวัดอุทัยธานี ได้รายงานผลการทดสอบรายวิชาคณิตศาสตร์ ดังนี้ ปีการศึกษา 2555 มีคะแนนเฉลี่ย 17.72 คะแนน และปีการศึกษา 2556 มีคะแนนเฉลี่ย 15.50 คะแนน (โรงเรียนห้วยคตพิทยาคม, 2556, หน้า 9) ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยลดลง และต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับชาติ ทั้งนี้อาจเกิดจากหลายสาเหตุ ซึ่งสาเหตุหนึ่งมาจากนักเรียนบางส่วนมีเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ เพราะเห็นว่าคณิตศาสตร์เป็นเรื่องยาก เรียนไม่สนุก นำเบื่อ นักเรียนขาดความสนใจในการเรียน (จันทิพา สุริยันธ์, 2545, หน้า 10-11) นอกจากนี้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ผ่านมากในชั้นเรียนปกติไม่ตอบสนองต่อความแตกต่างของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะด้านทักษะ ความสามารถ ความเข้าใจในการแก้ปัญหา การที่จะให้นักเรียนทุกคนเรียนในสิ่งที่ยากและมีลักษณะนามธรรมให้ได้ประสบผลสำเร็จเท่ากันในเวลาจำกัดนั้นย่อมมีความเป็นไปได้ยาก ซึ่งทุกคนทราบดีว่าการแก้ปัญหานั้นเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคนที่จะต้องเรียนรู้ เข้าใจ สามารถคิดเป็น แก้ปัญหาได้ เพื่อจะนำกระบวนการแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันต่อไป การได้ฝึกแก้ปัญหาก็จะช่วยให้ผู้เรียนรู้จักคิด มีระเบียบขั้นตอนในการคิด รู้จักคิดอย่างมีเหตุผลและรู้จักตัดสินใจอย่างชาญฉลาด (สิริพร ทิพย์คง, 2536, หน้า 157) เพราะฉะนั้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหามathematics จึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Lester (1977, p.12 อ้างถึงใน จันทรจักร มะลิจันทร์, 2554, หน้า 2) ที่กล่าวว่า การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์นั้นเป็นหัวใจของคณิตศาสตร์ และเป็นเป้าหมายสูงสุดของหลักสูตรและการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

การแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จัดเป็นเป้าหมายที่สำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ นอกจากนี้วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ปัญหาที่จะนำมาให้นักเรียนฝึกคิดนั้น อาจจะเป็นปัญหาที่จะต้องค้นหาความจริง หรือข้อสรุปใหม่ที่นักเรียนยัง

ไม่เคยเรียนมาก่อน ปัญหาที่เกี่ยวกับวิชาการ เช่นการพิสูจน์ที่ต้องอาศัยเหตุผล ปัญหาที่เกี่ยวกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่อาศัยนิยาม ทฤษฎีบทต่าง ๆ ซึ่งจะถูกนำมาใช้ ปัญหาที่ต้องอาศัยกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหา (ยุพิน พิพิธกุล, 2542, หน้า 5) และการที่นักเรียนจะสามารถแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้นั้น นอกจากนักเรียนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์แล้ว กระบวนการทางความคิดที่มีประสิทธิภาพก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น (Flieschner, Nuzum, & Mazola, 1987, pp. 214-217 อ้างถึงใน พรพิรุณ บุตรา, 2550, หน้า 2)

การแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการทางความคิดที่จะนำความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์มาผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้โจทย์ปัญหาที่ผู้แก้โจทย์ปัญหามีอยู่ ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ สิ่งที่จะช่วยให้การแก้โจทย์ปัญหามีระบบระเบียบ เป็นขั้นตอนและทำให้การแก้โจทย์ปัญหามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เรียกว่า ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหา และหากนักเรียนขาดความรู้และความคิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเองแล้วก็อาจทำให้การแก้โจทย์ปัญหา ที่อาจมีผลกระทบต่อไปเมื่อผู้เรียนเข้าศึกษาต่อระดับสูงขึ้นและเมื่อได้ศึกษาข้อบกพร่องของนักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์แล้ว พบว่า ตัวแปรที่สำคัญอย่างหนึ่งในการพัฒนาความสามารถดังกล่าวเกิดจากพัฒนาความคิดของผู้เรียน คือความรู้ในเมตาคอกนิชันจึงได้เกิดแนวคิดในการคิดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาความคิดของผู้เรียน โดยเฉพาะการพัฒนาเมตาคอกนิชันให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน (Flavell, 1979, pp. 906-911 อ้างถึงใน พรพิรุณ บุตรา, 2550, หน้า 3)

เมตาคอกนิชัน เป็นการควบคุมและประเมินความคิดตนเอง ความสามารถของบุคคลได้รับการพัฒนาเพื่อควบคุมกำกับกระบวนการทางปัญญาหรือกระบวนการคิด มีความตระหนักในงานและสามารถทำงานจนสำเร็จสมบูรณ์ (ทิสนา เขมมณี และคณะ, 2544, หน้า 155) ซึ่ง Martinez (2006) ได้กล่าวว่า การที่คนมีความรู้ในเมตาคอกนิชัน (Metacognition Knowledge) จะทำให้รู้ว่าตนเองรู้อะไร คิดถึงเป้าหมายและการบรรลุเป้าหมายอย่างไร ซึ่งส่งผลให้สามารถเลือกใช้กลวิธีที่เหมาะสมในการทำงานแต่ละสถานการณ์ได้ ซึ่งเปรียบเสมือนช่างที่สามารถเลือกใช้เครื่องมือในกล่องอุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการทำงานแต่ละอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของฟลาวเวลล์ที่กล่าวว่า เมตาคอกนิชัน (Metacognition) เป็นวิธีการกำกับและควบคุมความคิดของตนเองในการทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งอย่างมีจุดหมาย มีการพิจารณาถึงความรู้ที่ตนเองมีอยู่ และบอกตัวเองได้ว่า มีความรู้มากน้อยเพียงใดเกี่ยวกับสิ่งนั้น และหากต้องการแก้ปัญหาจะมีการรวบรวมข้อมูลและหาวิธีการแก้ปัญหาการตรวจสอบกระบวนการคิดของตนเองทุกกระยะ ซึ่งน่าจะเป็นยุทธศาสตร์ที่มีความเหมาะสมที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เพราะในขณะที่แก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ นักเรียนจะต้องพิจารณาความรู้ที่ตนมีอยู่ และบอกตัวเองได้ว่ามีความรู้มากน้อยเพียงใดเกี่ยวกับโจทย์ดังกล่าว มีการรวบรวมข้อมูล คิดถึงประสบการณ์ที่ผ่านมาว่าตนเองเคยแก้โจทย์ปัญหาลักษณะดังกล่าวหรือไม่ มีวิธีการใดที่จะช่วยได้บ้าง เพื่อวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหานั้น ขณะที่แก้โจทย์ปัญหาจะมีการกำกับและตรวจสอบกระบวนการคิดของตนเองทุกระยะว่ามีความก้าวหน้ามากน้อยเพียงใดหรือกำลังอยู่ในขั้นตอนใดของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาและจะต้องทำอะไรต่อไปในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์จนได้คำตอบที่ถูกต้องตามที่โจทย์ต้องการ (Flavell, 1979, pp. 906-911 อ้างถึงใน จันทร์ขจร มะลิจันทร์, 2554, หน้า 3)

จากแนวคิดข้างต้น แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน ในการเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ซึ่งเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เกิดประสิทธิภาพ และจากประสบการณ์ของผู้วิจัยในการสอนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนห้วยคตพิทยาคม เป็นเวลา 5 ปี พบว่านักเรียนยังขาดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะเรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ซึ่งเป็นเนื้อหาที่นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้การเรียนรู้ของนักเรียนยังไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ และนักเรียนส่วนใหญ่ขาดการกำกับตนเองในการเรียนรู้ และการกำกับตนเองเป็นองค์ประกอบหนึ่งของกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน อีกทั้งจากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับเมตาคอกนิชันทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่าการสอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหของนักเรียนสูงขึ้น ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการสอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เพื่อศึกษาว่าการสอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หรือไม่ เพื่อใช้ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ตลอดจนพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้น

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน
2. เพื่อศึกษาเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน

### สมมติฐานของการวิจัย

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันมีค่าดัชนีประสิทธิผลมากกว่า 0.5
2. เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันอยู่ในระดับมาก

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงผลการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
2. เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
3. เป็นแนวทางให้ครูผู้สอนและผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาและปรับปรุงการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

### ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย  
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนห้วยคตพิทยาคม อำเภอห้วยคต จังหวัดอุทัยธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ที่เรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม รหัสวิชา ค32202 จำนวน 31 คน
2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย  
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม รหัสวิชา ค32202 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรของสถานศึกษา พุทธศักราช 2551 โรงเรียนห้วยคตพิทยาคม กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ประกอบด้วยเนื้อหาย่อยได้แก่
  - 2.1 กฎของไซน์
  - 2.2 กฎของโคไซน์
  - 2.3 การหาระยะทางและความสูง

### 3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ใช้ในการทดสอบก่อนเรียน 1 ชั่วโมง 30 นาที ดำเนินการสอน 12 คาบ การทดสอบหลังเรียน 1 ชั่วโมง 30 นาที และวัดเจตคติต่อการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ 30 นาที

### 4. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

5.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การสอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน

5.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

5.2.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

5.2.2 เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน หมายถึง กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบของบุคคลในการวางแผน กำหนดวิธีในการปฏิบัติ กำกับควบคุมการปฏิบัติของตนเอง และสามารถที่จะประเมินผลสิ่งที่เกิดขึ้นจากการคิด โดยผู้วิจัยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่สร้างขึ้นตามแนวคิดของเดวิดสัน และสเติร์นเบิร์ก และแนวคิดของยิมเมอร์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 การระบุและนิยามปัญหา หมายถึง เป็นขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา โดยที่นักเรียนจะต้องระบุได้ว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้ โจทย์ต้องการถามอะไร และบอกได้ว่าปัญหาที่โจทย์ถามนั้นคืออะไร

1.2 ขั้นสร้างตัวแทนปัญหา หมายถึง ขั้นสร้างตัวแทนของปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การวาดแผนภาพ แบบรูป ตาราง รวมถึงสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ แสดงความสัมพันธ์ของปัญหา

1.3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา หมายถึง ขั้นการวิเคราะห์ถึงข้อมูลที่โจทย์กำหนดมา และสิ่งที่โจทย์ต้องการถาม วางแผนการดำเนินการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้เดิมและประสบการณ์ที่มี ตลอดจนตัดสินใจในเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหา

1.4 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา หมายถึง การดำเนินการตามแผนที่วางไว้ โดยดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน และปฏิบัติตามวิธีที่ได้เลือกไว้เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

1.5 ขั้นประเมินผลการแก้ปัญหา หมายถึง เป็นขั้นพิจารณาถึงขั้นตอนที่ดำเนินการแก้ปัญหาว่าถูกต้องเพียงใด และตรวจสอบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น รวมถึงตรวจสอบคำตอบว่าถูกต้องครบถ้วนตามสิ่งที่โจทย์ถาม และสมเหตุสมผลหรือไม่

2. การสอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน หมายถึง การสอนเพื่อฝึกทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน หมายถึง การเตรียมความพร้อมก่อนเริ่มเรียน โดยการกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ทบทวนความรู้เดิม สนทนาและซักถามเพื่อเชื่อมโยงไปยังความรู้ที่จะสอน

2.2 ขั้นสอน หมายถึง ดำเนินกิจกรรมการสอนโดยเน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบฝึกกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหา โดยแบบฝึกนั้นประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ (1) ขั้นระบุและนิยามปัญหา (2) ขั้นสร้างตัวแทนปัญหา (3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (4) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (5) ขั้นประเมินผลการแก้ปัญหา

2.3 ขั้นสรุปผล หมายถึง นักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนและอภิปรายถึงกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันว่ามีปัญหาอุปสรรคในขณะแก้ปัญหาอะไรบ้าง และร่วมกันเสนอแนวทางในการแก้ไข โดยครูเป็นผู้กระตุ้นและช่วยสรุปให้ความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2.4 ขั้นฝึกทักษะกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน หมายถึง เป็นขั้นที่นักเรียนได้ฝึกทักษะโดยใช้แบบฝึกกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหา รวมถึงให้ครูและผู้เรียนร่วมกันประเมินว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากน้อยเพียงใด โดยพิจารณาจากการทำแบบฝึกกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหา

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหา โดยนำความรู้ ทักษะ รวมถึงประสบการณ์มาใช้ มีการวางแผนการแก้ปัญหา ดำเนินการอย่างเป็นระบบ และใช้วิธีในการหาคำตอบได้อย่างเหมาะสมซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ทำความเข้าใจปัญหา (2) วางแผนแก้ปัญหา (3) ดำเนินการตามแผน (4) ตรวจสอบผล สอดคล้องตามแนวคิดของโพลยา

4. แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ โดยผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของโพลยา และแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) โดยประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบิค (Rubric Scoring)

5. เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความคิดเห็น ความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยอาจเป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ ซึ่งเจตคติของนักเรียนอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้น สามารถวัดเจตคติได้โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แบบลิเคิร์ต (Likert Scale) ชนิด 5 ระดับที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6. เกณฑ์ หมายถึง เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ของนักเรียนที่สอน โดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. หลักสูตรคณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. กระบวนการคิดเชิงเมตาออกนิชัน
3. การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
4. เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
5. ดัชนีประสิทธิผล
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. หลักสูตรคณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน

จากการศึกษาหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ของโรงเรียนห้วยคตพิทยาคม อำเภอห้วยคต จังหวัดอุทัยธานี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 42 พบว่าโรงเรียนได้กำหนดรายละเอียดหลักสูตร ไว้ดังนี้ (โรงเรียนห้วยคตพิทยาคม, 2553, หน้า 1-6)

##### 1.1 คุณภาพของผู้เรียนคณิตศาสตร์

เมื่อผู้เรียนจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน 12 ปีแล้ว ผู้เรียนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ ตระหนักในคุณค่าของคณิตศาสตร์ และสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปพัฒนาคุณภาพชีวิต ตลอดจนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และเป็นพื้นฐานในการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น

การที่ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะต้องมีความสมดุลระหว่างสาระทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการควบคู่ไปกับคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมดังนี้

1. มีความรู้ความเข้าใจในคณิตศาสตร์พื้นฐานเกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการ การวัด เรขาคณิต พีชคณิต การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น พร้อมทั้งสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

2. มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา ด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ กับศาสตร์อื่น ๆ

3. มีความสามารถในการทำงานอย่างเป็นระบบ มีระเบียบวินัย มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ มีคุณธรรมและจริยธรรม มีวิจารณญาณ มีความเชื่อมั่นในตนเองและรับฟังความคิดเห็น ของผู้อื่นอย่างมีเหตุผลพร้อมทั้งตระหนักในคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์

### 1.2 ทำไมต้องเรียนคณิตศาสตร์

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิด สร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้ อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิต ให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่น ได้อย่างมีความสุข

### 1.3 เรียนรู้อะไรในคณิตศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เปิดโอกาสให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่อง ตามศักยภาพ โดยกำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคนดังนี้

1. **จำนวนและการดำเนินการ** ความคิดรวบยอดและความรู้ลึกเชิงจำนวน ระบบ จำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ การแก้ปัญหา เกี่ยวกับจำนวน และการใช้จำนวนในชีวิตจริง

2. **การวัด** ความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตรและความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

3. **เรขาคณิต** รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิตหนึ่งมิติ สองมิติ และสามมิติ การนิยาม แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิต (geometric transformation) ในเรื่องการเลื่อนขนาน (translation) การสะท้อน (reflection) และการหมุน (rotation)

4. **พีชคณิต แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซตและการดำเนินการของเซต** การให้เหตุผล นิพจน์ สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ลำดับเลขคณิต ลำดับเรขาคณิต อนุกรม เลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิต

5. **การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น** การกำหนดประเด็น การเขียนข้อคำถาม การกำหนดวิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดระบบข้อมูล การนำเสนอข้อมูล ค่ากลาง และการกระจายของข้อมูล การวิเคราะห์และการแปลความข้อมูล การสำรวจความคิดเห็น ความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินชีวิตประจำวัน

6. **ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์** การแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

#### 1.4 **สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

สาระการเรียนรู้ที่กำหนดไว้นี้เป็นสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคน ประกอบด้วย เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้ผู้สอนควรบูรณาการสาระต่าง ๆ เข้าด้วยกันเท่าที่จะเป็นไปได้

สาระที่เป็นองค์ความรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

สาระที่ 2 การวัด

สาระที่ 3 เรขาคณิต

สาระที่ 4 พีชคณิต

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

สาระที่ 6 ทักษะ /กระบวนการทางคณิตศาสตร์

สำหรับผู้เรียนที่มีความสนใจหรือมีความสามารถสูงทางคณิตศาสตร์ สถานศึกษาอาจจัดให้ผู้เรียนเรียนรู้สาระที่เป็นเนื้อหาวิชาให้กว้างขึ้น เข้มข้นขึ้น หรือฝึกทักษะกระบวนการมากขึ้น โดยพิจารณาจากสาระหลักที่กำหนดไว้ หรือสถานศึกษาอาจจัดสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์อื่น ๆ เพิ่มเติมก็ได้ เช่น แคลคูลัสเบื้องต้น หรือทฤษฎีกราฟเบื้องต้น โดยพิจารณาให้เหมาะสมกับความสามารถและความต้องการของผู้เรียน

## 1.5 มาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้ที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคนมีดังนี้

### สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และสามารถใช้ในการดำเนินการในการแก้ปัญหาได้

มาตรฐาน ค1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหาได้

มาตรฐาน ค1.4 เข้าใจในระบบจำนวนและสามารถนำเสนอสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้ได้

### สาระที่ 2 การวัด

มาตรฐาน ค2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด

มาตรฐาน ค2.2 วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัดได้

มาตรฐาน ค2.3 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัดได้

### สาระที่ 3 เรขาคณิต

มาตรฐาน ค3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปร่างเรขาคณิตสองมิติและสามมิติได้

มาตรฐาน ค3.2 ใช้การนึ่งภาพ (visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (spatial reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (geometric model) ในการแก้ปัญหาได้

### สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค4.1 อธิบายและวิเคราะห์แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์ และฟังก์ชันต่าง ๆ ได้

มาตรฐาน ค4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหาได้

### สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลได้

มาตรฐาน ค5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

มาตรฐาน ค5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหาได้

### สาระที่ 6 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค6.2 มีความสามารถในการให้เหตุผล

มาตรฐาน ค6.3 มีความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

มาตรฐาน ค6.4 มีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้

มาตรฐาน ค6.5 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

#### 1.6 คุณภาพผู้เรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับระบบจำนวนจริง ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริง จำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์ และจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ หาค่าประมาณของจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์ และจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลัง โดยใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสมและสามารถนำสมบัติของจำนวนจริงไปใช้ได้
2. นำความรู้เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติไปใช้คาดคะเนระยะทาง ความสูง และแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัดได้
3. มีความคิดรวบยอดในเรื่องเซต การดำเนินการของเซต และใช้ความรู้เกี่ยวกับแผนภาพเวนน์-ออยเลอร์แสดงเซต ไปใช้แก้ปัญหา และตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผล
4. เข้าใจและสามารถใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัยได้
5. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับความสัมพันธ์และฟังก์ชัน สามารถใช้ความสัมพันธ์ และฟังก์ชันแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้
6. เข้าใจความหมายของลำดับเลขคณิต ลำดับเรขาคณิต และสามารถหาพจน์ทั่วไป ได้ เข้าใจความหมายของผลบวกของ  $n$  พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิต อนุกรมเรขาคณิต และหาผลบวก  $n$  พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิต โดยใช้สูตรและนำไปใช้ได้
7. รู้และเข้าใจการแก้สมการ และอสมการตัวแปรเดียวดีกรีไม่เกินสอง รวมทั้งใช้กราฟของสมการ อสมการ หรือฟังก์ชันในการแก้ปัญหา
8. เข้าใจวิธีการสำรวจความคิดเห็นอย่างง่าย เลือกใช้ค่ากลางได้เหมาะสมกับข้อมูล และวัตถุประสงค์ สามารถหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน ฐานนิยม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ไทล์ของข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และนำผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลไปช่วยในการตัดสินใจ

9. เข้าใจเกี่ยวกับการทดลองสุ่ม เหตุการณ์ และความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ประกอบการตัดสินใจ และแก้ปัญหา ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

10. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทาง คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ให้เหตุผล ประกอบ การตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ ได้อย่างถูกต้อง และชัดเจน เชื่อมโยงความรู้ ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับ ศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

### 1.7 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. **ความสามารถในการสื่อสาร** เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรม ในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อ แลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูล ข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2. **ความสามารถในการคิด** เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิด อย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3. **ความสามารถในการแก้ปัญหา** เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรค ต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึง ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

4. **ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต** เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหา

และความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

**5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี** เป็นความสามารถในการเลือก และใช้ เทคโนโลยี ด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

### 1.8 คำอธิบายรายวิชา

หลักสูตรสถานศึกษาได้กำหนดคำอธิบายรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ค32202 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ไว้ดังนี้ (โรงเรียนห้วยคตพิทยาคม, 2553, หน้า 29)

รหัสวิชา ค32202 รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม 4 เวลา 60 ชั่วโมง/ภาคเรียน จำนวน 1.5 หน่วยกิต ภาคเรียนที่ 2 ศึกษาฝึกทักษะการคิดคำนวณ และฝึกการแก้ปัญหาในสาระต่อไปนี้

เวกเตอร์ในสามมิติ ระบบพิกัดฉากสามมิติ เวกเตอร์ เวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก ผลคูณเชิง สเกลาร์และผลคูณเชิงเวกเตอร์

ฟังก์ชันตรีโกณมิติและการประยุกต์ ฟังก์ชันไซน์และโคไซน์ ค่าของฟังก์ชันไซน์และโคไซน์ ฟังก์ชันตรีโกณมิติอื่น ๆ ฟังก์ชันตรีโกณมิติของมุม การใช้ตารางค่าฟังก์ชันตรีโกณมิติ กราฟของฟังก์ชันตรีโกณมิติ ฟังก์ชันตรีโกณมิติของผลบวกและผลต่างของจำนวนจริงหรือมุม ตัวผกผันของฟังก์ชันของฟังก์ชันตรีโกณมิติ เอกล็กษณ์และสมการตรีโกณมิติ กฎของโคไซน์และไซน์ การหาระยะทางและความสูง

โดยจัดประสบการณ์หรือสร้างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้า โดยการปฏิบัติจริง ทดลอง สรุป รายงาน เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการในการคิดคำนวณ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และนำประสบการณ์ด้านความรู้ ความคิด ทักษะกระบวนการที่ได้ไปใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และใช้ในชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์ รวมทั้งเห็นคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ สามารถทำงานอย่างเป็นระบบระเบียบ มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ มีวิจารณญาณ และเชื่อมั่นในตนเอง

การวัดและประเมินผล ใช้วิธีการที่หลากหลายตามสภาพความเป็นจริงให้สอดคล้องกับเนื้อหาและทักษะที่ต้องการวัด และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของรายวิชา

## 2. กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน

### 2.1 ความหมายของเมตาคอกนิชัน

นักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของเมตาคอกนิชัน ไว้ดังนี้

**Flavell** (1979, pp. 909-911 อ้างถึงใน พรพิรุณ บุตรา, 2550, หน้า 34) ได้ให้ความหมายของเมตาคอกนิชันไว้ว่า เมตาคอกนิชัน หมายถึง ความสามารถทางการคิดที่บุคคลรู้ถึงกระบวนการคิดและสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการคิดของตน อาจปรากฏเป็นความรู้หรือเป็นกิจกรรมทางการคิดที่มีเป้าหมายมีทิศทาง หรือที่เรียกว่าเป็นการคิดเกี่ยวกับความคิด (Cognition About Cognition)

**Beyer** (1997, p. 99) ได้ให้ความหมายว่า เมตาคอกนิชัน เป็นความคิดในระดับสูงที่เกี่ยวข้องกับการกำกับ การควบคุม หรือการจัดการกับส่วนประกอบทางความคิดที่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าลงมา โดยมีความรู้ทำหน้าที่ในการสื่อสารข้อมูล และการควบคุมหน้าที่ในการสั่งการ

**Schoenfeld, A. H.** (1992) หมายถึง เป็นการควบคุมหรือจัดการเกี่ยวกับกระบวนการเชิงการรู้ของตนเองรวมไปถึงการจัดสรรทรัพยากรเชิงการรู้ที่มีอยู่ขณะทำกิจกรรมเชิงการรู้ (Cognitive Activity) และในระหว่างกระบวนการแก้ปัญหา (Problem Solving)

**Costa** (2000) กล่าวว่าความคิดแบบเมตาคอกนิชัน คือความสามารถที่จะรู้ว่า เรารู้อะไร และไม่รู้อะไร เป็นความสามารถที่จะวางแผนเป็นขั้นตอนสำหรับผลิตสิ่งที่ตนต้องการ เป็นความรู้สึกตัวที่กำลังทำอะไรอยู่ ขึ้นไประหว่างการแก้ปัญหา สามารถสะท้อนผลการคิด และการประเมินผลการคิดของตนได้

**วรารธรรม จันทรนุวงศ์ และกิ่งฟ้า สินธุวงษ์** (2557, หน้า 42) กล่าวว่า การรู้ (Metacognition) คือ การควบคุมความคิดของตนว่าตนคิดเกี่ยวกับการคิดนั้นอย่างไร โดยมีการกำกับควบคุมกิจกรรมภาคคิดอย่างเป็นกระบวนการ มีการประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้กระบวนการคิดของตน ซึ่งเป็นการรับรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางสมองของบุคคล

กล่าวโดยสรุป เมตาคอกนิชัน หมายถึง การควบคุมและประเมินความคิดของบุคคล ในการวางแผน กำหนดวิธีในการปฏิบัติ กำกับควบคุมการปฏิบัติของตนเอง และสามารถที่จะประเมินผลสิ่งที่เกิดขึ้นจากการคิดอย่างเป็นระบบ

### 2.2 องค์ประกอบของเมตาคอกนิชัน

**Baker and Brown** (1984, pp. 21-24 อ้างถึงใน ทิศนา ขัมมณี และคณะ, 2544, หน้า 7) ได้สรุปไว้ว่า เมตาคอกนิชัน แยกได้เป็น 2 องค์ประกอบ คือ

1. การตระหนักรู้ (Awareness) เป็นการตระหนักรู้ถึง ทักษะ กลวิธี และแหล่งข้อมูลที่จำเป็นต่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และรู้ว่าจะต้องทำอะไร กล่าวคือ เป็นเรื่องของการที่

บุคคลรู้ถึงสิ่งที่ตนเองคิด และความสอดคล้องกับสถานการณ์การเรียนรู้ รวมไปถึงการแสดงออกในสิ่งที่รู้ออกมาโดยการอธิบายให้ผู้อื่นฟังได้ สามารถสรุปใจความสำคัญของสิ่งที่เรียนรู้นั้น หรือมีวิธีการจำ การวางขอบข่าย การจดบันทึก และความสามารถในการสะท้อนการคิดของตนออกมา ในขณะที่อ่านเรื่องราว หรือในการคิดแก้ปัญหาซึ่งเป็นทักษะที่จะทำให้บุคคลทำงานอย่างมีแผน เพราะจะทำให้รู้งานนั้นจะต้องประกอบด้วยสิ่งใดบ้าง ที่จะทำให้งานนั้นเกิดประสิทธิภาพ และทำให้สถานการณ์นั้นมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. ความสามารถในการกำกับตนเอง (Self-regulation) เป็นความสามารถในการกำกับตนเองในขณะที่กำลังคิดแก้ปัญหา รวมไปถึงการพิจารณาว่ามีความเข้าใจในสิ่งนั้นหรือไม่ การประเมินความพยายามในการทำงาน การวางแผนในขั้นตอนการทำงาน การทดสอบวิธีการที่ใช้ การตัดสินใจในการใช้เวลา การเปลี่ยนไปใช้วิธีอื่นเพื่อแก้ปัญหา

**Cross and Paris** (1948 อ้างถึงใน ทิศนา ขัมมณี และคณะ, 2544, หน้า 8) แบ่งองค์ประกอบของเมตาคอกนิชันออกเป็นด้านต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. องค์ประกอบด้านการประเมินตนเองเกี่ยวกับความรู้ในด้านความรู้ความคิด (Self-appraisals of one's knowledge about cognition) ซึ่งประกอบด้วยความรู้ลักษณะและสภาพของงาน มีความรู้ในการใช้ทักษะใดหรือการประยุกต์ใช้ทักษะนั้นอย่างไร จึงจะนำไปสู่จุดประสงค์ที่ต้องการและมีความรู้ความเข้าใจถึงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของยุทธวิธีแต่ละยุทธวิธี รู้ว่าจะใช้ยุทธวิธีนั้นเมื่อไร

2. องค์ประกอบด้านการจัดการเกี่ยวกับการคิดของตน (Self-management of one's thinking) ประกอบด้วย

2.1 การวางแผน (Planning) เป็นการคัดเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมในขณะดำเนินการทำกิจกรรม

2.2 การกำกับ (Regulation) เพื่อควบคุมและกำหนดทิศทางในการดำเนินกิจกรรม

2.3 การประเมิน (Evaluation) เป็นการวิเคราะห์และประเมินความสามารถของตนเอง เพื่อที่จะดำเนินกิจกรรมนั้น ๆ ในขั้นต่อไป

**Flavell** (1979, pp. 909-911 อ้างถึงใน นุชรินทร์ รื่นรม, 2554, หน้า 38) ได้แบ่งองค์ประกอบของเมตาคอกนิชันไว้ 2 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความรู้ในเชิงเมตาคอกนิชัน (Metacognition Knowledge) ประกอบด้วยความรู้หรือความเชื่อเกี่ยวกับปัจจัย หรือตัวแปรที่กระทำหรือมีปฏิกิริยา ในลักษณะใดลักษณะหนึ่งต่อกระบวนการและผลสำเร็จของงานทางพุทธิปัญญา ปัจจัยหรือตัวแปรที่สำคัญมี 3 ประเภท ได้แก่

1.1 ตัวแปรด้านบุคคล (Personal Variables) หมายถึง ความรู้ที่บุคคลมีเกี่ยวกับ

ลักษณะความสามารถทางปัญญา การเรียนรู้ หรือในการทำงานของตนเองและผู้อื่น

1.2 ด้านงาน (Task Variables) หมายถึง การตระหนักรู้ลักษณะของงานที่ทำ ซึ่งมีผลต่อการปฏิบัติงานของบุคคลนั้น ๆ รวมทั้งความรู้เกี่ยวกับปัจจัยและเงื่อนไขที่ทำให้การรู้ว่ สิ่งใดทำให้งานนั้นยาก สิ่งใดที่ทำงานนั้นง่าย รวมไปถึงปัญหาและอุปสรรคของงานนั้น ที่จะเกิดขึ้นกับตน

1.3 ด้านกลวิธี (Strategy Variables) หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับกลวิธีที่เหมาะสม ในการทำให้งานนั้นบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นความรู้ถึงเงื่อนไขว่าควรใช้กลวิธี แต่ละอย่างในสถานการณ์ใด อย่างไร เมื่อไร

2. ประสบการณ์ในเมตาคอกนิชัน (Metacognitive Experience) หมายถึง ประสบการณ์ทางการคิดที่บุคคลสามารถควบคุมได้ และประสบการณ์นี้มีความสำคัญในการกำกับตนเอง ซึ่งมีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

2.1 การวางแผน (Planning) เป็นการรู้ว่ตนเองคิดจะทำงานนั้นอย่างไร ตั้งแต่กำหนดเป้าหมายจนการปฏิบัติงานจนบรรลุเป้าหมาย

2.2 การตรวจสอบ (Monitoring) เป็นการทบทวนความคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่า เป็นไปได้เพียงใด ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนและวิธีการที่เลือกใช้เป็นอย่างไร

2.3 การประเมิน (Evaluating) เป็นการคิดเกี่ยวกับการประเมินการวางแผน วิธีการตรวจสอบ และการประเมินผลสัมฤทธิ์

จันทร์ขจร มะลิจันทร์ (2554, หน้า 18) แบ่งองค์ประกอบของเมตาคอกนิชัน เป็น 2 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความตระหนักในการรู้คิด และความรู้คิด ซึ่งมีความหมายคล้ายกัน คือ ตระหนักรู้ ในตนเองว่าจะใช้ทักษะกลวิธี และแหล่งข้อมูลอะไรที่จำเป็นต่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และรู้ว่จะทำอย่างไรซึ่งเป็นการที่บุคคลรู้ถึงสิ่งที่ตนเองคิด และสอดคล้องกับสถานการณ์ การเรียนรู้ เช่น การแก้ปัญหา นักเรียนสามารถแสดงออกในสิ่งที่รู้ออกมาโดยการอธิบายให้ผู้อื่น ฟังได้ ซึ่งในการคิดแก้ปัญหาเป็นทักษะที่ทำให้คนทำงานอย่างเป็นแบบแผน และรู้ว่ควรจะ ประกอบด้วยสิ่งใดบ้างจึงจะทำให้การทำงานเกิดประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. การกำกับตนเอง และประสบการณ์ในการรู้คิด ซึ่งมีความหมายคล้ายกัน คือ ความสามารถในการกำกับควบคุมกระบวนการคิดของตนเอง ในขณะที่กำลังคิดแก้ปัญหา รวมไปถึงการพิจารณาว่ามีความเข้าใจในสิ่งนั้นหรือไม่ มีการประเมินความพยายามในการทำงาน การวางแผน ตรวจสอบ ความคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่ามีความถูกต้องหรือไม่ รวมถึงประเมินการวางแผน การกำกับตรวจสอบ และประเมินผลลัพธ์ ทดสอบวิธีการเปลี่ยนแปลงวิธีการไปใช้กลวิธีอื่น

เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้

จากข้างต้นสรุปได้ว่า องค์ประกอบของเมตาคอกนิชัน มี 2 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ด้านการรู้คิด คือ เป็นเรื่องของสิ่งที่บุคคลรู้ถึงสิ่งที่ตนเองคิด และสามารถสะท้อนความคิดนั้นออกมาให้บุคคลอื่นรับรู้ เมื่อเจอเหตุการณ์หรือปัญหาใด ๆ สามารถคิดเลือกปฏิบัติและวิธีการในการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ

2. ด้านการกำกับตนเอง คือ การที่บุคคลมีความสามารถในการกำกับตนเองทั้งใจด้านของความคิด และการทำงานต่าง ๆ ให้แสดงออกมาตามแผนการคิดไว้อย่างเป็นแบบแผนอย่างเป็นขั้นตอน รวมไปถึงรู้จักตรวจสอบ ประเมินผลของสิ่งที่เกิดขึ้นได้

### 2.3 กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการใช้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Beyer (1987, pp. 192-196 อ้างถึงใน พรพิรุณ บุตรา, 2550, หน้า 44-45) ได้ศึกษาวิธีเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหา และได้แบ่งกลวิธีเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหออกเป็น 3 กลวิธีย่อย ดังนี้

1. วางแผนแก้ปัญหา (Planning) เป็นการทำความเข้าใจข้อมูลหรือเงื่อนไขในโจทย์ปัญหา พิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้กับสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา กับประสบการณ์เดิมของผู้แก้โจทย์ปัญหา มากำหนดว่าจะแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีใดและอย่างไร ก่อนที่จะทำการแก้โจทย์ปัญหาต่อไปประกอบด้วย

1.1 กำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหา เป็นการพิจารณาโจทย์ว่าสิ่งที่โจทย์ให้หาสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ และเลือกข้อมูลจำเป็นในการแก้โจทย์ปัญหา

1.2 เลือกวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา เป็นการตัดสินใจเลือกวิธีการหรือขั้นตอนที่เหมาะสมที่สุด

1.3 เรียงลำดับวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา เป็นการนำวิธีการหรือขั้นตอนที่เลือกมาลำดับเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ทำให้สะดวกต่อการแก้ปัญหาและตรวจสอบข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น

1.4 คาดเดาอุปสรรค ข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นและวิธีการแก้ไขได้ เป็นการคาดการณ์ถึงสิ่งที่จะทำให้เกิดอุปสรรคและข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้

1.5 คาดเดาวิธีการแก้ไขอุปสรรค ข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น เป็นการคาดการณ์ถึงวิธีการที่จะทำให้สามารถกำจัดอุปสรรคและข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ในการแก้ปัญหา

1.6 ประเมินหรือทำนายผลลัพธ์ที่ต้องการ เป็นการคาดคะเนคำตอบที่ต้องการ โดยการวิเคราะห์ข้อมูล หรือเงื่อนไขที่โจทย์ปัญหาคำหนดมาให้อย่างมีเหตุผล เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบคำตอบ

2. กำกับการแก้ปัญหา (Monitoring) เป็นการควบคุมและตรวจสอบวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหาไปพร้อมกับการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

2.1 กำกับเป้าหมายการแก้ไขปัญหาคือ เป็นการกำกับถึงสิ่งที่โจทย์ต้องการจะทำการแก้ปัญหา

2.2 กำกับวิธีและขั้นตอนการแก้ปัญหา เป็นการกำกับให้ปฏิบัติตามวิธีการและขั้นตอนที่เลือกไว้ในขณะทำการแก้ปัญหา โดยการกำกับถึงสิ่งต่อไปนี้

2.2.1 รู้ว่าแก้ปัญหาในเป้าหมายย่อยได้สำเร็จ

2.2.2 ตัดสินใจไปสู่วิธีการหรือขั้นตอนต่อไป

2.2.3 เลือกวิธีการหรือขั้นตอนต่อไปอย่างเหมาะสม

2.2.4 รู้ข้อผิดพลาดและอุปสรรคที่เกิดขึ้น

2.2.5 รู้วิธีการแก้ไขข้อผิดพลาดและอุปสรรคที่เกิดขึ้น

3. ประเมินการแก้ปัญหา (Assessing) เป็นการมองย้อนกลับไปที่ย้อนต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาเพื่อพิจารณารายละเอียดในแต่ละขั้นตอนว่ามีความถูกต้องสมบูรณ์เพียงใดประกอบด้วย

3.1 ประเมินความสำเร็จตามเป้าหมาย เป็นการตรวจสอบว่าหลังจากที่ได้แก้ปัญหาแล้วผู้แก้ปัญหามีบรรลุเป้าหมายของการแก้ปัญหานั้น ๆ ตามที่ได้ตั้งไว้หรือไม่

3.2 พิจารณาความถูกต้องของผลลัพธ์ เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาว่าถูกต้องหรือไม่ ด้วยวิธีการใดหรือขั้นตอนใด เพื่อทำให้เกิดความมั่นใจว่าคำตอบที่ได้นั้นถูกต้อง

3.3 ประเมินความถูกต้องของวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ เป็นการมองย้อนกลับไปที่ย้อนต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหามีความถูกต้องสมบูรณ์เพียงใด เพื่อจะช่วยให้พบข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นในขณะที่แก้ปัญหาแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นต่อไป

3.4 ประเมินการแก้ไขอุปสรรคและข้อผิดพลาด เป็นการอภิปรายถึงปัญหาและอุปสรรคที่พบในขณะที่แก้ปัญหาแล้ววิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจริง เพื่อเป็นการลดปัญหาและอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นในครั้งต่อไป

3.5 พิจารณาประสิทธิภาพและความสำเร็จ เป็นการพิจารณาถึงวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา ที่ทำให้การแก้ปัญหามีความถูกต้องแน่นอนประสบความสำเร็จได้เพียงใด

Yimer (2004) ได้เสนอกรอบแนวคิดเกี่ยวกับเมตาคognition ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการเข้าสู่ปัญหา (The engagement phase) เป็นขั้นที่เผชิญปัญหาและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา ประกอบด้วย

- 1.1 การเริ่มต้นสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาในรูปของการอ่าน หรือการอ่านซ้ำ การกำหนดแนวคิดหลักหรือสารสนเทศ หรือการวาดรูป
- 1.2 วิเคราะห์ข้อมูลหรือสารสนเทศโดยอ่านซ้ำเพื่อพิจารณาลักษณะของปัญหา สร้างความหมายเกี่ยวกับปัญหาหรือเชื่อมโยงปัญหากับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง
- 1.3 พิจารณาความคุ้นเคยกับปัญหา หรือปัญหาที่มีความเกี่ยวข้อง ประเมินระดับความยากง่ายและคาดคะเนความสำเร็จ และประเมินประสบการณ์เดิมว่าเพียงพอในการแก้ปัญหาหรือไม่
2. ขั้นตอนกำหนดโครงสร้างในการแก้ปัญหา (The transformation-formation phase) เป็นขั้นตอนที่เกี่ยวกับการวางแผนการแก้ปัญหา โดยการวิเคราะห์และกำหนดกรอบในการปฏิบัติการแก้ปัญหา ประกอบด้วย
  - 2.1 สืบหาปัญหาโดยการพิจารณากรณีเฉพาะหรือระลึกถึงปัญหาที่เป็นกรณีเฉพาะ
  - 2.2 การคาดคะเนบนพื้นฐานของผลจากการสำรวจและการวิเคราะห์เกี่ยวกับเงื่อนไขที่กำหนดในปัญหา
  - 2.3 สะท้อนผลการสำรวจและคาดคะเนความเป็นไปได้
  - 2.4 วางแผนการแก้ปัญหา
  - 2.5 พิจารณาความสอดคล้องระหว่างแผนการแก้ปัญหากับสถานการณ์ปัญหาทั้งหมด
3. การดำเนินการแก้ปัญหา (Implementation phase) เป็นขั้นตอนการดำเนินการตามแผน ประกอบด้วย
  - 3.1 สืบหาลักษณะหรือเงื่อนไขหลักของแผนเพื่อกำหนดแผนย่อย ตลอดจนพิจารณาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
  - 3.2 ประเมินแผนว่ามีความสอดคล้องกับเงื่อนไขและคุณลักษณะของปัญหาหรือไม่
  - 3.3 ดำเนินการตามแผน
  - 3.4 สะท้อนความเหมาะสมของการปฏิบัติตามแผน และความสอดคล้องกับแผนย่อยหรือแผนรวม ในขั้นนี้ทำให้เกิดการตัดสินใจเกี่ยวกับการปรับปรุงแผนหรือยกเลิกแผน
4. การประเมินผล (The evaluation phase) เป็นขั้นตอนเกี่ยวกับการประเมินกระบวนการแก้ปัญหาและการตัดสินใจเกี่ยวกับการดำเนินการตามแผน ประกอบด้วย
  - 4.1 ประเมินว่าปัญหาได้ถูกตอบครบแล้วหรือไม่
  - 4.2 ตรวจสอบแผนว่าสอดคล้องกับเงื่อนไขของปัญหา ตลอดจนเช็กรายละเอียดที่เกิดจากการคำนวณหรือการวิเคราะห์
  - 4.3 ประเมินความสมเหตุสมผลของคำตอบ
  - 4.4 ตัดสินใจเกี่ยวกับการยอมรับหรือไม่ยอมรับคำตอบ

5. สะท้อนผล (The internalization phase) เป็นขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับเจตคติหรือมุมมองของนักเรียนเกี่ยวกับปัญหา ประกอบด้วย

5.1 สะท้อนเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมด

5.2 พิจารณาประเด็นที่สำคัญในกระบวนการแก้ปัญหาที่ให้ความสนใจเป็นพิเศษในกระบวนการแก้ปัญหา

5.3 ประเมินผลการแก้ปัญหาเพื่อปรับใช้กับสถานการณ์ปัญหาอื่น ๆ พิจารณาหาแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

5.4 สะท้อนเกี่ยวกับความเชื่อมั่น ความสำคัญ และความพึงพอใจในกระบวนการแก้ปัญหา ตลอดจนความพึงพอใจในคำตอบของปัญหา

**Davidson, Deuser and Sternberg** (1994, pp. 207-226) มีความเห็นว่าการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์มีพื้นฐานส่วนหนึ่งมาจากการแก้ปัญหาทั่วไป จึงเสนอแนะวิธีการใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การระบุและนิยามปัญหา (Identifying and defining the problem) ในการแก้ปัญหา นั้นบุคคลจำเป็นต้องระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และเป้าหมายในการแก้ปัญหา ขั้นแรกของการนิยามปัญหา คือการลงรหัส (Code) เพื่อเก็บลักษณะสำคัญ ๆ ของปัญหาลงไว้ในความจำระยะสั้น และการเรียกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะดังกล่าวจากความจำระยะยาวขึ้นมา หลังจากนั้นผู้แก้ปัญหาก็ต้องระบุให้ได้ว่า สิ่งใดรู้แล้ว สิ่งใดยังไม่รู้และโจทย์ถามอะไร

2. การสร้างตัวแทนปัญหา (Representing the Problem) เมื่อระบุปัญหาได้แล้วต้องสร้างความสัมพันธ์ของปัญหา ของสิ่งที่รู้ สิ่งที่ยังไม่รู้ และสิ่งที่โจทย์ถาม จากตรงนี้ข้อมูลอาจจะถูกเพิ่มเข้ามา หรือขจัดออกไป และถูกตีความจากสถานการณ์เดิมและถูกเก็บไว้ในความจำ

3. การวางแผนการแก้ปัญหา (Planning How to Proceed) การวางแผนนี้จะรวมถึงการแบ่งปัญหาย่อย ๆ จากนั้น จึงค่อย ๆ ดำเนินการแก้ปัญหาเป็นลำดับไป ในการวางแผนจำเป็นต้องมีการเลือกกระบวนการพื้นฐานในทางกลวิธีเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

4. การประเมินผลการแก้ปัญหา (Evaluating the Problem) ในขั้นตอนนี้บุคคลที่แก้ปัญหาก็จำเป็นต้องใส่ใจกับสิ่งที่ทำไปแล้ว สิ่งที่กำลังจะทำ และสิ่งที่ควรจะทำต่อไป การประเมินผลการแก้ปัญหาคือรวมถึงการที่บุคคลควบคุมตัวแทนภายในของปัญหาที่ตนสร้างขึ้นมาในตอนแรกได้ และบางครั้งจำเป็นต้องใช้กลวิธีใหม่ เมื่อกลวิธีเดิมที่ใช้ทำให้การแก้ปัญหาไม่สำเร็จ

จากข้างต้น สรุปได้ว่า กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน หมายถึง กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบของบุคคลในการวางแผน กำหนดวิธีในการปฏิบัติ กำกับควบคุมการปฏิบัติของตนเอง

และสามารถที่จะประเมินผลสิ่งที่เกิดขึ้นจากการคิด โดยผู้วิจัยจะใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่สร้างขึ้นตามแนวคิดของเดวิดสัน และสเตอร์นเบอร์ก และแนวคิดของยิมเมอร์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การระบุและนิยามปัญหา หมายถึง เป็นขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา โดยที่นักเรียนจะต้องระบุได้ว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้ โจทย์ต้องการถามอะไร และบอกได้ว่าปัญหาที่โจทย์นั้นคืออะไร
2. ขั้นสร้างตัวแทนปัญหา หมายถึง ขั้นสร้างตัวแทนของปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การวาดแผนภาพ แบบรูป ตาราง รวมถึงสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ แสดงความสัมพันธ์ของปัญหา
3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา หมายถึง ขั้นการวิเคราะห์ถึงข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาและสิ่งที่โจทย์ต้องการถาม วางแผนการดำเนินการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้เดิมและประสบการณ์ที่มีตลอดจนตัดสินใจในเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหา
4. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา หมายถึง การดำเนินการตามแผนที่วางไว้ โดยดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน และปฏิบัติตามวิธีที่ได้เลือกไว้เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ
5. ขั้นประเมินผลการแก้ปัญหา หมายถึง เป็นขั้นพิจารณาถึงขั้นตอนที่ดำเนินการแก้ปัญหาว่าถูกต้องเพียงใด และตรวจสอบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น รวมถึงตรวจสอบคำตอบว่าถูกต้องครบถ้วนตามสิ่งที่โจทย์ถาม และสมเหตุสมผลหรือไม่

#### 2.4 การวัดเมตาคอกนิชัน

**Garner and Alexander** (1989, pp. 143-158 อ้างถึงใน จันทร์ขจร มะลิจันทร์, 2554, หน้า 33-34) ได้เสนอแนะวิธีการวัดเมตาคอกนิชัน ว่า เมตาคอกนิชันเป็นกลวิธีการคิดที่เป็นระบบอยู่ในความคิดมนุษย์ ซึ่งมีหลายวิธี ดังนี้

1. การสัมภาษณ์ (Interview techniques) วิธีการนี้เป็นการกระทำย้อนหลังถึงกระบวนการคิดและสิ่งที่กลุ่มตัวอย่างได้กระทำ หลังจากที่ได้ทำงานไปแล้ว
2. กระบวนการคิดออกเสียง (Think aloud procedures) เป็นวิธีหนึ่งของการรายงานความคิดด้วยถ้อยคำ ซึ่งจะนำไปสู่การวิเคราะห์ การประมวลผลข้อมูล โดยลักษณะสำคัญของกระบวนการนี้ คือผู้แก้ปัญหาสามารถรายงานสิ่งที่อยู่ในความจำระยะสั้นเท่านั้น โคนสามารถแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) รายงานเป็นคำพูดโดยตรง 2) การใส่ถ้อยคำลงในรหัสความจำระยะสั้น 3) การอธิบาย

**Oneil and Abedi** (1996, pp. 234-245) ได้ทำการศึกษาความเที่ยงตรงของความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดเมตาคอกนิชัน โดยแบบวัดเมตาคอกนิชันเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า

(Rating Scale) โดยแบ่งเมตาคอกนิชันออกเป็น 4 ด้าน คือ 1. การตระหนักรู้ (Awareness) 2. ยุทธวิธีทางความคิด (Cognitive Strategy) 3. การวางแผน (Planning) 4. การตรวจสอบตนเอง (Self Checking)

**จันทร์ขจร มะลิจันทร์** (2554, หน้า 209) ได้สร้างแบบบันทึกกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน โดยใช้การสร้างโจทย์ปัญหาแล้วให้นักเรียนแสดงวิธีคิดตามขั้นตอน 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา 2) ขั้นสร้างตัวแทนปัญหา 3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา 4) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา 5) ขั้นประเมินผลการแก้ปัญหา

จากข้างต้น ผู้วิจัยได้ใช้แนวทางการวัดดังกล่าวใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน โดยใช้แบบฝึกทักษะกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน

### 3. การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

#### 3.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์

คำว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีนักวิชาการและนักการศึกษาให้ความหมายไว้ดังนี้

**Krulik and Rudnick** (1993, p. 6) ได้กล่าวถึงความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์สรุปได้ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์หมายถึง สถานการณ์ที่เป็นภาษา คำตอบจะเกี่ยวข้องกับปริมาณในตัวปัญหานั้น ไม่ได้ระบุวิธีการหรือการดำเนินการในการแก้ปัญหาไว้อย่างชัดเจน ผู้แก้ปัญหามust ค้นหาว่าจะใช้วิธีการใดในการหาคำตอบของปัญหาจึงจะทำให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา

**Heddens and Speer** (1997, p. 43) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นปัญหาที่ทำให้ท้อใจ ประกอบด้วยกระบวนการที่ซับซ้อนเพราะไม่ใช่แค่การคิดเลขเพียงอย่างเดียวเท่านั้นหากแต่มีกระบวนการและรูปแบบที่แน่นอนและชัดเจนในการดำเนินการ

**สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** (2551, หน้า 7) กล่าวว่าปัญหาคณิตศาสตร์ หมายถึงสถานการณ์ที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ซึ่งเผชิญอยู่และต้องการค้นหาคำตอบ โดยที่ยังไม่รู้วิธีการหรือขั้นตอนที่จะได้คำตอบของสถานการณ์ในทันที

**ปรีชา เนาว์เย็นผล** (2544, หน้า 16) กล่าวว่า ใ้ว่าปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นสถานการณ์หรือคำถามที่ต้องการคำตอบซึ่งบุคคลต้องใช้สาระความรู้ และประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์มา กำหนดแนวทางหรือวิธีการในการหาคำตอบ บุคคลผู้คิดหาคำตอบไม่คุ้นเคยกับสถานการณ์นั้นมาก่อน และไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันทีทันใดสถานการณ์หรือคำถามข้อใดจะเป็นปัญหาหรือไม่ขึ้นอยู่กับบุคคลผู้คิดหาคำตอบในบางสถานการณ์เป็นปัญหาสำหรับบางคนแต่อาจไม่เป็นปัญหาสำหรับคนอื่น ๆ ก็ได้

ยูพิน พิพิธกุล (2539, หน้า 82) ได้กล่าวถึงความหมายของปัญหาคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นปัญหาที่ผู้เรียนจะต้องค้นหาความจริงที่อาศัยนิยาม ทฤษฎีบทต่าง ๆ ที่จะถูกนำมาใช้ หรือสรุปสิ่งใหม่ให้ผู้เรียนยังไม่เคยเรียนมาก่อน หรือปัญหาเกี่ยวกับวิธีการ การพิสูจน์ ทฤษฎีบท ปัญหาที่เกี่ยวกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ ซึ่งล้วนเป็นปัญหาที่ต้องอาศัยกระบวนการทางคณิตศาสตร์เข้ามาแก้ไข

จากข้างต้น สรุปได้ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง เหตุการณ์หรือสถานการณ์เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่ไม่คุ้นเคย ไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันที ต้องอาศัยความรู้ ประสบการณ์ที่มี ตลอดจนทักษะกระบวนการในการหาคำตอบ

### 3.2 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์

Charles and Lester (1982, pp. 6–10 อ้างถึงใน สุภาพร ปิ่นทอง, 2552, หน้า 46-47) แบ่งประเภทของปัญหาตามลักษณะและเป้าหมายของการฝึกแก้ปัญหา ดังนี้

1. ปัญหาที่ใช้ฝึก เป็นปัญหาที่ใช้ฝึกขั้นตอนวิธีและการคำนวณเบื้องต้น
2. ปัญหาข้อความอย่างง่าย เป็นปัญหาข้อความที่เคยพบ เช่น ปัญหาในหนังสือเรียน ต้องการฝึกให้คุ้นเคยกับการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เป็นปัญหาขั้นตอนเดียว มุ่งให้มีความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดคำนวณ
3. ปัญหาข้อความที่ซับซ้อน คล้ายกับปัญหาข้อความอย่างง่าย แต่เพิ่มเป็นปัญหาที่มี 2 ขั้นตอน หรือมากกว่า 2 ขั้นตอน หรือมากกว่า 2 การดำเนินการ
4. ปัญหาที่เป็นกระบวนการ เป็นปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นประโยคทางคณิตศาสตร์ได้ทันที จะต้องจัดปัญหาให้ง่ายขึ้นหรือแบ่งเป็นขั้นตอนย่อย ๆ แล้วหารูปแบบทั่วไป ของปัญหา ซึ่งนำไปสู่การคิดและการแก้ปัญหา เป็นการพัฒนายุทธวิธีต่าง ๆ เพื่อความเข้าใจ วางแผนการแก้ปัญหาและการประเมินผลคำตอบ
5. ปัญหาประยุกต์ เป็นปัญหาที่ต้องใช้ทักษะ ความรู้ แนวคิด และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ การได้มาซึ่งคำตอบอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์เป็นสำคัญ เช่น การจัดกระทำ การรวบรวม และการแทนข้อมูล และต้องการตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงปริมาณ เป็นปัญหาที่ให้นักเรียนได้ใช้ทักษะ กระบวนการ แนวคิดและข้อเท็จจริงในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งจะทำให้ นักเรียนเห็นประโยชน์และเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง
6. ปัญหาปริศนา เป็นปัญหาที่บางครั้งได้คำตอบจากการเดาสุ่มไม่จำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา บางครั้งต้องใช้เทคนิคเฉพาะ เป็นปัญหาที่ให้นักเรียนได้ใช้ความคิด สร้างสรรค์ มีความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหาและเป็นปัญหาที่มองได้หลายมุมมอง

**Polya** (1985, pp. 123 -128 อ้างถึงใน วาสนา ภูมิ, 2555, หน้า 51) ได้แบ่งปัญหาคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท โดยพิจารณาจากจุดประสงค์ของปัญหา คือ

1. ปัญหาให้ค้นหา (Problems to Find) เป็นปัญหาให้ค้นหาสิ่งที่ต้องการซึ่งอาจเป็นปัญหาในเชิงทฤษฎีหรือในเชิงปฏิบัติ อาจเป็นรูปธรรมหรือนามธรรม ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ สิ่งที่ต้องการหา ข้อมูลที่กำหนดให้และเงื่อนไข

2. ปัญหาให้พิสูจน์ (Problems to Prove) เป็นปัญหาที่ให้แสดงอย่างสมเหตุสมผลว่าข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือเป็นเท็จ ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ สมมติฐานหรือสิ่งที่กำหนดให้และผลสรุปหรือสิ่งที่ต้องพิสูจน์

**สุภกิจ ประชุมกาเยะมาต** (2552, หน้า 42) แบ่งปัญหาคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ปัญหาที่ให้ดำเนินการ เป็นปัญหาที่ใช้ฝึกขั้นตอนวิธีการคำนวณเบื้องต้น ต้องการฝึกให้คุ้นเคยกับการเปลี่ยนแปลงประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เป็นปัญหาคำนวณเชิงพีชคณิตให้เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดคำนวณ ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ สิ่งที่ต้องการหา ข้อมูลที่กำหนดให้และเงื่อนไข

2. ปัญหาให้พิสูจน์ เป็นปัญหาที่แสดงอย่างสมเหตุสมผลว่าข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือเป็นเท็จ ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ สมมติฐาน หรือสิ่งที่กำหนดให้และผลสรุปหรือสิ่งที่จะต้องพิสูจน์

**วิชัย พาณิชยสวาย** (2546, หน้า 9-10) แบ่งโจทย์ปัญหาเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1. โจทย์ปัญหาในชั้นเรียน (Standard Textbook Problems)

เป็นโจทย์ปัญหาที่พบเห็นอยู่ทั่วไปในหนังสือเรียน ซึ่งใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ลักษณะเด่นของโจทย์ปัญหาประเภทนี้ คือสามารถหาคำตอบด้วยวิธีและลำดับขั้นตอนที่ใช้อยู่เป็นประจำ โจทย์ปัญหาในชั้นเรียนเกือบทั้งหมดเป็น โจทย์ปัญหาจำเจ (Routine Problems) โดยโจทย์ปัญหาจำเจ เป็น โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ในรูปแบบที่เด็กเคยเห็นเคยเรียนจนคุ้นเคยสามารถหาคำตอบด้วยวิธีที่เป็นข้อกำหนดกฎเกณฑ์เดิม ๆ โดยผู้เรียนจะแปลเรื่องราวของโจทย์เป็นประโยคสัญลักษณ์ และคำนวณหาคำตอบได้ทันที โจทย์ปัญหาจำเจนี้อาจเป็น โจทย์ปัญหาชั้นเดียวหรือโจทย์ปัญหาหลายขั้นตอนก็ได้ Polya (1985) ได้แจงรายละเอียดของโจทย์ปัญหาประเภทนี้ว่าเป็น โจทย์ปัญหารูปแบบเดิมที่นักเรียนเคยเรียน เคยหาคำตอบมาก่อน แม้ข้อมูลที่เป็นตัวเลขจะเปลี่ยนไป โจทย์ปัญหาประเภทนี้ผู้เรียนหาคำตอบได้โดยไม่ต้องใช้ความสามารถใด ๆ ที่แปลกไปจากเดิม โจทย์ปัญหาจำเจนี้ เมื่อนักเรียนพบเห็นบ่อยครั้งขึ้น จนในที่สุดนักเรียนสามารถเชื่อมโยงรูปแบบ โจทย์ปัญหาเก่าและใหม่ที่เหมือนกันได้ จึงรู้วิธีหาคำตอบของ โจทย์ปัญหาใหม่

โดยใช้ความสามารถในการคิดเพียงขั้นความรู้ความจำ (Knowledge) กับขั้นความใจ (Comprehension) ซึ่งเป็นความสามารถในการคิดขั้นที่ 1 และ 2 เท่านั้น จากการจัดตามแนวคิดของ Bloom

## 2. โจทย์ปัญหาที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหา (Process Problems)

โจทย์ปัญหาที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหา เป็นโจทย์ปัญหาที่ไม่จำเจ (Nonroutine Problems) ผู้เรียนไม่สามารถหาคำตอบได้โดยการแปลเรื่องราวของโจทย์เป็นประโยคสัญลักษณ์และคิดคำนวณหาคำตอบตามวิธีที่ใช้อยู่เดิม ๆ แต่ผู้เรียนจะต้องวางแผนคิดหากลวิธี (Strategies) มาใช้ในการแก้ปัญหา โจทย์ประเภทนี้อาจเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันของบุคคลหรือเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาอื่น และบางครั้งคำตอบของโจทย์ปัญหาอาจมีมากกว่า 1 คำตอบ

จากข้างต้น พบว่า โจทย์ปัญหามีหลายประเภท และสามารถแบ่งประเภทได้อย่างหลากหลายทั้งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้

### 3.3 การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM, 2000, p. 52) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหา คือ การทำงานที่ยังไม่รู้วิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบในทันที ซึ่งการหาคำตอบนักเรียนต้องนำความรู้ที่มีอยู่เข้าไปสู่กระบวนการที่จะทำให้เกิดความรู้ใหม่ ๆ การแก้ปัญหาไม่ได้มีเป้าหมายเพียงการหาคำตอบแต่อยู่ที่วิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบ นักเรียนควรได้ฝึกฝน ได้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้น และให้มีการสะท้อนความคิดในการแก้ปัญหา

**Bitter, Hatfield, and Edwards** (1989, p. 36 อ้างถึงใน ชญาภา ใจโปร่ง, 2554, หน้า 9) ได้กล่าวถึงความหมายของการแก้ปัญหาใน 3 ลักษณะ คือ

1. การแก้ปัญหาในฐานะที่เป็นเป้าหมาย ซึ่งไม่เน้นกระบวนการหรือวิธีการแก้ปัญหา หรือแม้แต่รายละเอียดเนื้อหาทางคณิตศาสตร์แต่จะสนใจผลลัพธ์สุดท้าย
2. การแก้ปัญหาในฐานะที่เป็นกระบวนการ ซึ่งให้ความสำคัญกับโอกาสที่นักเรียนจะได้ฝึกฝนวิธีการ ยุทธวิธีต่าง ๆ และการค้นพบเกี่ยวกับการแก้ปัญหาคด้วยตนเอง
3. การแก้ปัญหา ในฐานะที่เป็นทักษะซึ่งต้องการความตั้งใจ และความพยายามที่จะระบุประเภทและลักษณะของปัญหาหรือวิธีการในการแก้ปัญหาให้ได้

**สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** (2551, หน้า 7) กล่าวว่า การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ คือ กระบวนการในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ขั้นตอน กระบวนการแก้ปัญหายุทธวิธีแก้ปัญหาและประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ไปใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537, หน้า 8) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ว่าเป็นการหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบของปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้ที่แก้ปัญหาก็ต้องใช้ความรู้ ความคิดและประสบการณ์เดิมประมวลเข้ากับสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดในปัญหา

จากข้างต้น สรุปได้ว่า การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ คือ กระบวนการในการหาคำตอบ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยอาศัยความรู้ ประสบการณ์ และวิธีการ ที่ถูกต้องเหมาะสมในการหาคำตอบ

### 3.4 กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Polya (1957, pp. 16-17 อ้างถึงใน เรวดี มีสุข, 2556, หน้า 43-44) ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน คือ

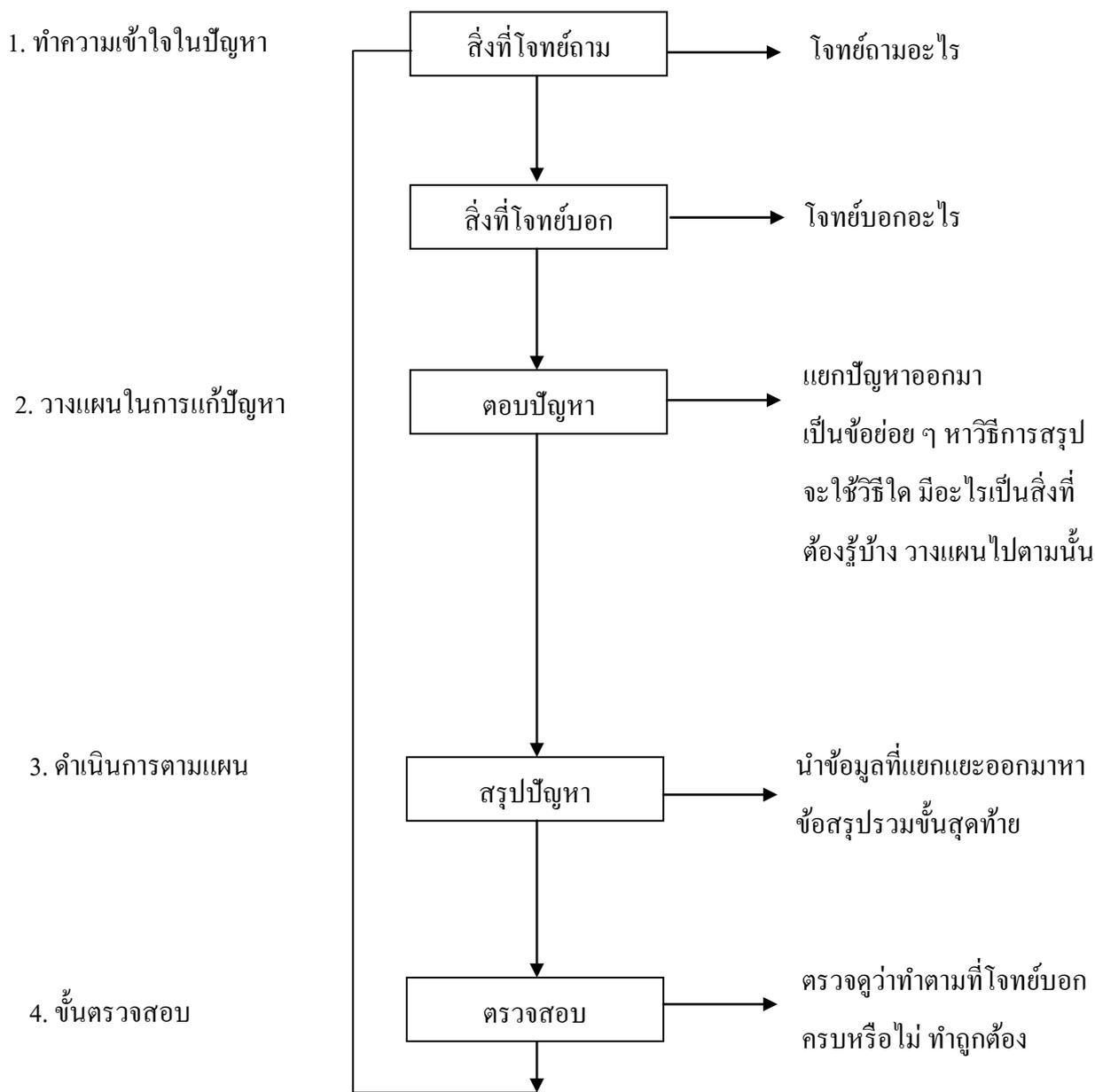
ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) เป็นการมองไปที่ตัวปัญหา พิจารณาว่า ปัญหาต้องการอะไร ปัญหากำหนดอะไรให้บ้าง มีสาระความรู้ใดที่เกี่ยวข้องบ้าง คำตอบของปัญหาจะอยู่ในรูปแบบใด การทำความเข้าใจปัญหาอาจใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น การเขียนรูป เขียนแผนภูมิ เขียนสาระปัญหาด้วยถ้อยคำของตนเอง

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผน (Devising a Plan) เป็นลำดับขั้นตอนสำคัญที่จะต้องพิจารณาว่าจะแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการใด แก้ปัญหาอย่างไร ปัญหาที่กำหนดให้มีความสัมพันธ์กับปัญหาที่เคยมีประสบการณ์ในการแก้มาก่อนหรือไม่ ซึ่งขั้นวางแผนแก้ปัญหานี้เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาคำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และเลือกยุทธวิธีมาใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the Plan) เป็นขั้นตอนที่ต้องลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยเริ่มตรวจสอบความเป็นไปของแผน มีการเพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้หรือค้นพบวิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ใหม่

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ (Looking Back) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ต้องมองย้อนกลับไป ที่ขั้นตอนต่าง ๆ ที่ผ่านมาเพื่อพิจารณาความถูกต้องของคำตอบ และวิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยมีการพิจารณาว่ามีคำตอบหรือมีวิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์อื่นอีกหรือไม่ และพิจารณาปรับปรุงการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้กะทัดรัด ชัดเจน เหมาะสมขึ้นกว่าเดิม ขั้นตอนนี้ครอบคลุมถึงการมองไปข้างหน้าโดยใช้ประโยชน์จากวิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ผ่านมายกย่องแนวคิดในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้กว้างขวางขึ้นกว่าเดิม

ขั้นตอนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของ Polya แสดงไว้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหของ Polya

**LeBlance** (1997, pp. 16-20) ได้เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหา สรุปได้ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นที่ช่วยให้ผู้แก้ปัญหาเข้าใจปัญหาได้อย่างชัดเจน จะทำให้รู้สิ่งที่โจทย์ถาม ข้อมูลและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดมา
2. ขั้นเลือกวิธีการที่จะใช้ในการหาคำตอบ เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาดัดสติใจเลือกยุทธวิธี หรือวิธีการใดวิธีการหนึ่ง ในการหาคำตอบของปัญหา
3. ขั้นลงมือแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหานำวิธีการที่เลือกไว้ในขั้นที่ 2 มาใช้ แก้ปัญหาบางครั้งวิธีการที่เลือกใช้ในการหาคำตอบนั้น อาจเป็นวิธีการที่ทำให้ไม่ได้คำตอบ ผู้แก้ปัญหามustย้อนกลับไปสู่ขั้นที่ 2 อีกครั้ง
4. ขั้นทบทวนการแก้ปัญหาและคำตอบ เป็นการตรวจสอบขั้นตอนต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหาตลอดจนคำตอบที่ได้

**ชัยศักดิ์ ธีลาจรสกุล** (2542, หน้า 15-16) กล่าวถึง ขั้นตอนในกระบวนการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 4 ขั้น ดังต่อไปนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหาเป็นขั้นตอนที่ระบุสิ่งที่ต้องการ ระบุข้อมูลที่กำหนดให้ และระบุเงื่อนไขเชื่อมโยงสิ่งที่ต้องการกับข้อมูลที่กำหนดให้
2. วางแผนแก้ปัญหาในขั้นนี้เป็นการระบุข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นสำหรับการได้มาซึ่งสิ่งที่ต้องการ ระบุปัญหาย่อย และการเลือกใช้ยุทธศาสตร์ที่เหมาะสม ได้แก่ การสังเกต กระสวนหรือรูปแบบการคิดจากปลายเหตุย้อนสู่ต้นเหตุ การเดาและทดสอบ การทดลองและสร้างสถานการณ์จำลอง การลดความซับซ้อนของปัญหา การแบ่งปัญหาวออกเป็นส่วนย่อย ๆ การใช้วิธีอนุมานทางตรรกวิทยา และการรายงานแจกแจงสมาชิกทั้งหมด
3. ดำเนินการตามแผน ในขั้นนี้เป็นการดำเนินการตามวิธีที่เลือกเพื่อแก้ปัญหา
4. ตรวจสอบกระบวนการและคำตอบในขั้นนี้เป็นการตรวจสอบที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ คำตอบสมเหตุสมผลหรือไม่ สามารถหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีกว่า สั้นกว่าวิธีการที่เลือกหรือไม่ และสามารถดัดแปลงเพิ่มเติมเงื่อนไขหรือข้อมูลเพื่อสร้างปัญหาใหม่ได้หรือไม่

**สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** (2555, หน้า 78) กล่าวถึงขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาที่ใช้ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ว่าประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา ผู้เรียนจะต้องวิเคราะห์เพื่อทำความเข้าใจปัญหาในประเด็นต่าง ๆ เช่น คำถามของปัญหาคืออะไร ข้อมูลที่กำหนดให้มีอะไรบ้าง ต้องการข้อมูลเพิ่มเติม การวิเคราะห์ปัญหาจะช่วยให้เข้าใจปัญหาชัดเจนมากขึ้น
2. วางแผนการแก้ปัญหา เป็นการคิดวางแผนเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูลที่ได้

จากการวิเคราะห์ไว้แล้ว ผู้เรียนจะต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ในการแก้ปัญหาประกอบ การวางแผน

3. ดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการลงมือแก้ปัญหตามแผนที่วางไว้และการตรวจสอบ ความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา

4. ตรวจสอบการแก้ปัญหา เป็นการประเมินการแก้ปัญหาในภาพรวมทั้งด้านกลวิธี และวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา การตัดสินใจ และการนำไปประยุกต์ใช้ รวมถึงการขยายผล การแก้ปัญหาไปสู่การแก้ปัญหาอื่น ๆ

จากข้างต้น สรุปได้ว่า กระบวนการแก้ปัญหทางคณิตศาสตร์มีขั้นตอนที่ใกล้เคียงกัน โดยประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน คือ 1) ทำความเข้าใจปัญหา 2) ขึ้นวางแผน 3) ขึ้นดำเนินการตามแผน 4) ขึ้นตรวจสอบ

### 3.5 ความสามารถในการแก้ปัญหทางคณิตศาสตร์

Gagne (1985, pp. 186-187 อ้างถึงใน แฉล้ม อินวารี, 2552, หน้า 27) กล่าวถึงสาระสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. ทักษะทางปัญญา (Intellectual Skills) หมายถึง ความสามารถในการนำกฎ สูตร ความคิดรวบยอดและ/หรือหลักการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหได้อย่างเหมาะสม ทักษะทางปัญญาเป็นความรู้ที่นักเรียนเคยเรียนรู้มาก่อน

2. ลักษณะของปัญหา (Problem Schemata) หมายถึง ข้อมูลในสมองที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการกับสิ่งที่ กำหนดให้ ข้อมูลเหล่านี้ได้แก่ คำศัพท์และวิธีการแก้ปัญหาลักษณะต่าง ๆ

3. การวางแผนหาคำตอบ (Planning Strategies) หมายถึง ความสามารถในการใช้ ทักษะทางปัญญาและลักษณะของปัญหาในการวางแผนแก้ปัญห การวางแผนหาคำตอบเป็นกลวิธี การคิด (Cognitive Strategies) อย่างหนึ่ง

4. การตรวจสอบคำตอบ (Validating Answer) หมายถึง ความสามารถในการตรวจย้อน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหาลดลดกระบวนการ

**สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, หน้า 77) กล่าวว่า** ความสามารถในการแก้ปัญห เป็นความสามารถในการประยุกต์ความรู้ขั้นตอน หรือกระบวนการ ทางคณิตศาสตร์ กลวิธี และยุทธวิธีแก้ปัญห และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการแก้ปัญห ซึ่งปัญหทางคณิตศาสตร์มักเป็นปัญหาที่ผู้เรียนไม่คุ้นเคยมาก่อน และต้องใช้ความคิดที่หลากหลาย เช่น คิดวิเคราะห์ คิดเชื่อมโยง คิดเชิงตรรกะ เพื่อหาแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหแก้ปัญหที่มี ประสิทธิภาพมากที่สุด

ความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ดังนี้

1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา เป็นความสามารถในการให้ความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่มาใช้แปลความหมาย ตีความ หรือวิเคราะห์ เพื่อให้มีความเข้าใจในปัญหา รวมถึงการเลือกใช้เทคนิคหรือกลวิธีที่จะช่วยให้ทำให้อุปกรณ์มีความชัดเจนมากขึ้นซึ่งจะนำไปสู่แนวทางการหาคำตอบ

2. ความรู้พื้นฐาน ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนมีอยู่ เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนคิดและหาวิธีแก้ปัญหา ผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานดี จะสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่มีไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลายและมีประสิทธิภาพ

3. ประสบการณ์ในการแก้ปัญหา ผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการแก้ปัญหามักสามารถระลึกถึงขั้นตอนและวิธีการแก้ปัญหา รวมถึงกลวิธีแก้ปัญหาได้หลากหลายทำให้สามารถตัดสินใจเลือกใช้วิธีแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพได้อย่างรวดเร็ว

4. เจตคติต่อการแก้ปัญหา ผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการแก้ปัญหา จะมีความพยายามและความอดทนในการแก้ปัญหา ซึ่งในกระบวนการแก้ปัญหานั้นไม่ว่าจะได้คำตอบหรือไม่ ผู้เรียนจะได้เรียนรู้และพัฒนาประสบการณ์จากการคิดและการทำงานเพื่อแก้ปัญหา

จากข้างต้น สรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถของนักเรียนในการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหา โดยนำความรู้ ทักษะ รวมถึงประสบการณ์มาใช้ มีการวางแผนการแก้ปัญหา ดำเนินการอย่างเป็นระบบ และใช้วิธีในการหาคำตอบได้อย่างเหมาะสม

### 3.6 การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

**Polya** (1973, pp. 5-40 อ้างถึงใน จันทรังจร มะลิจันทร์, 2554, หน้า 68-69) ได้เสนอรูปแบบการวัดความสามารถการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนและรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Polya

ขั้นตอนการแก้ปัญหของ Polya	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	หลังจากอ่าน โจทย์แล้วจะต้องบอกได้ว่า โจทย์กำหนดอะไรมาให้ ต้องการทราบอะไร และข้อเท็จจริงเป็นอย่างไร
ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	ให้เงื่อนไขความจริงในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	สามารถสร้างตาราง เขียนไดอะแกรม เขียนสมการ หรือประโยชน์สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และทักษะการคำนวณ
ขั้นตรวจสอบคำตอบ	พิจารณาความสมเหตุสมผลและการสรุปความหมายของคำตอบ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, หน้า 127-128) ได้เสนอแนวคิด การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ว่าเป็นการพิจารณาจากรายการประเมิน 4 ประเด็น คือ (1) ความเข้าใจปัญหา (2) การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา (3) การใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา (4) การสรุปคำตอบ ทั้งนี้อาจกำหนดเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์รวมที่พิจารณาขั้นตอนการแก้ปัญหของผู้เรียนในภาพรวม โดยกำหนดระดับคุณภาพเป็น 4 ระดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์รวมของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4 (ดีมาก)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องชัดเจน</li> <li>- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสม สอดคล้องกับปัญหา นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้องและแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน</li> <li>- สรุปคำตอบได้ถูกต้อง สมบูรณ์</li> </ul>

## ตารางที่ 2 (ต่อ)

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
3 (ดี)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องชัดเจน</li> <li>- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสม สอดคล้องกับปัญหานำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน</li> <li>- สรุปคำตอบได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์</li> </ul>
2 (พอใช้)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เข้าใจปัญหาบางส่วนไม่ถูกต้อง</li> <li>- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ไม่เหมาะสมหรือไม่ครอบคลุมประเด็นของปัญหา นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาไม่ชัดเจน</li> <li>- สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน หรือสรุปคำตอบไม่ครบถ้วน</li> </ul>
1 (ต้องปรับปรุง)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เข้าใจปัญหาบางส่วนไม่ถูกต้อง</li> <li>- เลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง และนำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหา</li> <li>- ไม่มีการสรุปคำตอบ หรือสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง</li> </ul>

การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละครั้งผู้ประเมินอาจกำหนดน้ำหนักคะแนนของการแก้ปัญหาดังกล่าวแตกต่างกันได้ตามความสำคัญของปัญหา และจะต้องนำผลการประเมินที่ได้แต่ละครั้งมาพิจารณา เพื่อสรุปผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยอาจใช้ค่าร้อยละของคะแนนรวมที่ได้เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ใช้สรุปผลการประเมิน

ในกรณีที่ผู้ประเมินต้องการตรวจสอบการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในประเด็นย่อยตามกระบวนการแก้ปัญหา อาจกำหนดเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อยที่มีการกำหนดระดับคุณภาพของแต่ละประเด็นย่อยเป็น 3 ระดับ คือ 1, 2 และ 3 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อยของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

รายการประเมิน	คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
1. ความเข้าใจปัญหา	3 (ดี)	- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง
	2 (พอใช้)	- เข้าใจปัญหาบางส่วนไม่ถูกต้อง
	1 (ต้องปรับปรุง)	- เข้าใจปัญหาน้อยมากหรือไม่เข้าใจปัญหา
2. การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา	3 (ดี)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสม และสอดคล้องกับปัญหา
	2 (พอใช้)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยังไม่เหมาะสมหรือไม่ครอบคลุมประเด็นของปัญหา
	1 (ต้องปรับปรุง)	- เลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้
3. การใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา	3 (ดี)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้อย่างถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน
	2 (พอใช้)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน
	1 (ต้องปรับปรุง)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา
4. การสรุปคำตอบ	3 (ดี)	- สรุปคำตอบได้ถูกต้องสมบูรณ์
	2 (พอใช้)	- สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน หรือสรุปคำตอบไม่ครบถ้วน
	1 (ต้องปรับปรุง)	- ไม่มีการสรุปคำตอบหรือสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง

สิริพร ทิพย์คง (2544, หน้า 113- 114) ได้เสนอเกณฑ์แนวทางการประเมินการแก้ปัญหา  
ไว้ ดังนี้

1. ความเข้าใจปัญหา
  - 2 หมายถึง สำหรับความเข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง
  - 1 หมายถึง สำหรับความเข้าใจโจทย์บางส่วนไม่ถูกต้อง
  - 0 หมายถึง เมื่อมีหลักฐานที่แสดงว่าเข้าใจน้อยมากหรือไม่เข้าใจเลย
2. การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา
  - 2 หมายถึง สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและเขียนประโยคคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง
  - 1 หมายถึง สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งอาจจะนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง แต่ยังมีบางส่วนผิดโดยอาจเขียนประโยคคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง
  - 0 หมายถึง สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง
3. การใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา
  - 2 หมายถึง สำหรับการนำยุทธวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง
  - 1 หมายถึง สำหรับการนำวิธีการแก้ปัญหามบางส่วนไปใช้ได้ถูกต้อง
  - 0 หมายถึง สำหรับการใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง
4. การตอบ
  - 2 หมายถึง สำหรับการตอบคำถามได้ถูกต้อง สมบูรณ์
  - 1 หมายถึง สำหรับการตอบที่ไม่สมบูรณ์หรือใช้สัญลักษณ์ผิด
  - 0 หมายถึง เมื่อไม่ได้ระบุคำตอบ

จากการศึกษาค้นคว้าแนวทางการวัด การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทาง  
คณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้สร้างเกณฑ์การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

รายการประเมิน	คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
1. ความเข้าใจปัญหา	3 (ดีมาก)	- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม ได้ถูกต้องครบถ้วน
	2 (ดี)	- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม ได้ส่วนใหญ่ถูกต้อง
	1 (พอใช้)	- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม ได้บางส่วนถูกต้อง
	0 (ต้องปรับปรุง)	- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม ไม่ถูกต้อง หรือไม่ระบุเลย
2. การเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหา	1.5 (ดีมาก)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องและครอบคลุมทุกประเด็น
	1 (ดี)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาส่วนใหญ่ถูกต้อง
	0.5 (พอใช้)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน
	0 (ต้องปรับปรุง)	- เลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้
3. การใช้วิธีการในการแก้ปัญหา	3 (ดีมาก)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้องสมบูรณ์
	2 (ดี)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ส่วนใหญ่ถูกต้อง
	1 (พอใช้)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้องบางส่วน
	0 (ต้องปรับปรุง)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้อง

## ตารางที่ 4 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4. การสรุปคำตอบ	1.5 (ดีมาก) 1 (ดี) 0.5 (พอใช้) 0 (ต้องปรับปรุง)	- สรุปคำตอบได้ถูกต้อง ครบถ้วน - สรุปคำตอบได้ส่วนใหญ่ถูกต้อง - สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน - สรุปคำตอบไม่ถูกต้องหรือไม่มีการสรุปคำตอบ

## 4. เจตคติต่อวิชาการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

## 4.1 ความหมายของเจตคติ

มีนักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของคำว่า เจตคติไว้ดังนี้

**Good** (1963, p. 8 อ้างถึงใน เกษรินทร์ อ่อนนาค, 2556, หน้า 37) ได้ให้คำจำกัดความของเจตคติไว้ว่า เจตคติ คือ ความพร้อมที่จะแสดงออกในลักษณะหนึ่ง อาจเป็นการต่อต้านสถานการณ์บางอย่าง บุคคลหรือสิ่งใด เช่น รักเกลียด หรือกลัว หรือไม่พอใจมากน้อยเพียงใดต่อสิ่งนั้น

**Thurston** (1967, p. 479 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ, 2543, หน้า 52 ) อธิบายว่า เจตคติเป็นระดับความมากน้อยของความรู้สึกในด้านบวกหรือลบที่มีต่อสิ่งหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นอะไรก็ได้เป็นต้นว่าสิ่งของ บุคคล บทความ องค์การ ความคิด ฯลฯ ความรู้สึกเหล่านี้แสดงให้เห็นความแตกต่างว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย

**ยุพิน พิพิธกุล** (2537, หน้า 13) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้าอันเป็นสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น บุคคล วัตถุ เหตุการณ์ซึ่งความรู้สึกนี้อาจเป็นได้ทั้งทางบวกหรือทางลบ

**ล้วน สายยศ** ( 2543, หน้า 53 ) ได้ให้ความหมายของเจตคติ ว่า เป็นอารมณ์ความรู้สึกอันบังเกิดจากการได้สัมผัสต่อสิ่งนั้น โดยแสดงความโน้มเอียงอย่างใดอย่างหนึ่งในการประเมินว่าชื่นชอบหรือไม่ชื่นชอบ

จากข้างต้นสรุปได้ว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นทั้งทางบวกหรือทางลบ

#### 4.2 เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

Wilson (1971, pp. 685-689 อ้างถึงใน แฉล้ม อินวารี, 2552, หน้า 45) ได้แบ่งลักษณะของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ออกเป็น 5 ลักษณะด้วยกัน คือ

1. เจตคติ เป็นความคิดเห็นหรือความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ทั้งทางด้านดีและด้านไม่ดีเกี่ยวกับประโยชน์ ความสำคัญ และเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์
2. ความสนใจ เป็นการแสดงออกซึ่งความรู้สึกชอบพอสึงหนึ่งสิ่งใดมากกว่าสิ่งอื่น
3. แรงจูงใจ เป็นความปรารถนาที่จะทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งให้ลุล่วง โดยพยายามเอาชนะอุปสรรคต่าง ๆ และพยายามทำให้ดี บุคคลที่มีแรงจูงใจจะสบายใจเมื่อตนได้ทำสิ่งนั้นสำเร็จ และจะมีความวิตกกังวลหากประสบความสำเร็จ
4. ความวิตกกังวล หมายถึง สภาวะจิตที่มีความตึงเครียด หวาดระแวง กลัว ทั้งที่หาสาเหตุได้และหาสาเหตุไม่ได้ และมักจะเกี่ยวข้องกับความต้องการที่เกี่ยวข้องกันหลายประการ พฤติกรรมที่แสดงถึงความวิตกกังวล เช่น มีความตื่นเต้น หวาดกลัว มีอารมณ์อ่อนไหว เหนียวอาย รู้สึกขัดแย้งสับสน เป็นต้น
5. มโนภาพแห่งตน เป็นความรู้สึกเกี่ยวกับตนเองในด้านค่านิยมทางวิชาการ ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล การปรับตัวทางอารมณ์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, หน้า 189) กล่าวว่า เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เป็นความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ที่ส่งผลให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่จะตอบสนองต่อวิชาคณิตศาสตร์ในลักษณะของความชอบหรือไม่ชอบ พอใจหรือไม่พอใจ เห็นคุณค่าหรือไม่เห็นคุณค่า รวมทั้งความพร้อมหรือไม่พร้อมที่จะเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ยุพิน พิพิธกุล (2530, หน้า 25) กล่าวว่า เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์มีทั้งทางบวกและทางลบ เพราะผู้ที่ชอบวิชาคณิตศาสตร์จะมีความรู้สึกในทางบวก ส่วนผู้ที่ไม่ชอบวิชาคณิตศาสตร์จะมีความรู้สึกในทางลบ การที่ครูคณิตศาสตร์จะทำให้นักเรียนมีเจตคติทางบวกในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์นั้น ครูจะต้องหากลวิธีให้นักเรียนชอบคณิตศาสตร์ ไม่เบื่อหน่ายและไม่เคร่งเครียดจนเกินไป การใช้เพลงประกอบการสอนของครูก็จะเป็นวิธีหนึ่ง

จากข้างต้น สรุปได้ว่า เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความคิดเห็น ความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยอาจเป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ ซึ่งเจตคติของนักเรียนอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้น

### 4.3 เครื่องมือที่ใช้วัดเจตคติ

**ชมพิชาน์ กฤษภีธนากาญจน์** (2556, หน้า 33) กล่าวว่า การวัดเจตคติเป็นการวัดคุณลักษณะภายในบุคคล ซึ่งจะทราบได้จากการแสดงความคิดเห็น หรือสังเกตจากพฤติกรรมภายนอก สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. ใช้แบบทดสอบวัดเจตคติโดยตรง ซึ่งมักเรียกว่า มาตรฐานส่วนวัดเจตคติ (Attitude Scale) ที่นิยมใช้แพร่หลายคือ แบบทดสอบวัดเจตคติของลิเคิร์ท โดยใช้มาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ คือ เห็นด้วยมากที่สุดได้ 5 คะแนน เห็นด้วยได้ 4 คะแนน ไม่แน่ใจได้ 3 คะแนน ไม่เห็นด้วยได้ 2 คะแนน ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งได้ 1 คะแนน

2. แบบทดสอบวัดเจตคติของเธอร์สโตน เป็นมาตรฐานส่วน 11 ระดับ คือ ตั้งแต่ความรู้สึกพอใจ (เห็นด้วย) มากที่สุด ไปจนถึงไม่พึงพอใจ (ไม่เห็นด้วยมากที่สุด) แต่ละระดับจะมีค่าเป็นตัวเลข คือ เห็นด้วยมากที่สุด ได้ 11 คะแนน และไม่เห็นด้วยมากที่สุดได้ 0 คะแนน

**สุภาพร ปิ่นทอง** (2550, หน้า 104-106) กล่าวว่า การสร้างมาตรฐานวัดเจตคติของลิเคิร์ทควรสร้างให้ครอบคลุมทั้งทางบวกและทางลบ โดยแต่ละประเภทกำหนดค่าเป็น 5 ลักษณะ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการกำหนดค่าข้อความประเภททางบวกและประเภททางลบ

ข้อความประเภททางบวก Favorable Statement	ข้อความประเภททางลบ Unfavorable Statement	การกำหนด คะแนน
- เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Stronggly agree)	- ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Stronggly disagree)	5
- เห็นด้วย (Agree)	- ไม่เห็นด้วย (Disagree)	4
- ไม่แน่ใจ (Uncertain)	- ไม่แน่ใจ (Uncertain)	3
- ไม่เห็นด้วย (Disagree)	- เห็นด้วย (Agree)	2
- ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Stronggly disagree)	- เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Stronggly agree)	1

และได้สรุปขั้นตอนการสร้างมาตรฐานวัดเจตคติของลิเคิร์ท มีขั้นตอนดังนี้

1. ตั้งจุดมุ่งหมายและกำหนดเรื่องที่จะศึกษา
2. ให้ความหมายของเจตคติต่อสิ่งที่ศึกษานั้นให้ชัดเจน
3. เลือกคำถามและรวบรวมความคิดเห็นเกี่ยวกับเจตคติ
4. สร้างข้อความให้ครอบคลุมคุณลักษณะที่สำคัญ ๆ ทั้งทางบวกและทางลบ

5. ตรวจสอบข้อความที่สร้างขึ้นซึ่งทำได้โดยผู้สร้างข้อความเองและนำไปให้ผู้มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ ตรวจสอบ

6. ทำการทดลองขั้นต้นก่อนที่จะนำไปใช้จริง

7. กำหนดการให้คะแนนการตอบของแต่ละตัวเลือก

จากข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้แบบวัดตามแบบลิเคิร์ท ที่มีมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับจำนวน 20 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่าที่ครอบคลุมข้อความทั้งทางบวกและทางลบ โดยมีเกณฑ์ให้คะแนนในแต่ละข้อดังนี้

กรณีข้อความมีความหมายทางบวก (Positive) การให้คะแนนดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	มีค่าน้ำหนัก	5
เห็นด้วย	มีค่าน้ำหนัก	4
ไม่แน่ใจ	มีค่าน้ำหนัก	3
ไม่เห็นด้วย	มีค่าน้ำหนัก	2
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	มีค่าน้ำหนัก	1

กรณีข้อความมีความหมายทางลบ (Negative) การให้คะแนนดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	มีค่าน้ำหนัก	1
เห็นด้วย	มีค่าน้ำหนัก	2
ไม่แน่ใจ	มีค่าน้ำหนัก	3
ไม่เห็นด้วย	มีค่าน้ำหนัก	4
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	มีค่าน้ำหนัก	5

## 5. ดัชนีประสิทธิผล

มีผู้ให้ความหมายของดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.) ไว้ดังต่อไปนี้

กรมวิชาการ (2545, หน้า 58) กล่าวว่า ดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เป็นค่าแสดงความก้าวหน้าของผู้เรียนดัชนีประสิทธิผลควรมีค่า 0.5 ขึ้น

บุญชม ศรีสะอาด (2546, หน้า 157 -159) กล่าวว่าในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อวิสสอน หรือนวัตกรรม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและพัฒนาขึ้นว่ามีประสิทธิผล (effectiveness) เพียงใดก็จะนำสื่อที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่อยู่ในระดับเหมาะสม แล้วนำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาดัชนีประสิทธิผล

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2546, หน้า 170) ได้กล่าวถึงดัชนีประสิทธิผลไว้ว่า ค่าที่คำนวณจะได้เป็นทศนิยม ซึ่งค่าทศนิยมที่ได้ถ้ามีค่าใกล้ 1 มากเพียงใดยิ่งแสดงว่าสื่อนั้นมีประสิทธิภาพมาก

ข้อมูลที่น่ามาใช้ในการคำนวณ มาจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งการทดสอบก่อนเรียน และการทดสอบหลังเรียน

เผชิญ กิจระการ และสมนึก ภัททิยธนี (2544, หน้า 30-36) ได้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของสื่อและเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา ซึ่งเป็นเรื่องเกี่ยวกับประสิทธิภาพของกระบวนการของสื่อ (E1) และประสิทธิภาพของผลลัพท์ (E2) สรุปได้ว่าเป็นการพิจารณาที่เน้นกระบวนการ (E1) กับผลลัพท์ของสื่อ (E2) ที่ใช้ ถ้าหากผู้วิจัยต้องการพิจารณาต่อไปว่าแผนการเรียนหรือสื่อที่สร้างขึ้นยังมีคุณภาพในแง่มุมมองอื่นอีกหรือไม่ ก็สามารถพิจารณาได้โดยดูพัฒนาการของนักเรียน คือ พิจารณาก่อนหรือหลังการเรียนเรื่องใด ๆ นักเรียนได้พัฒนาหรือมีความสามารถเพิ่มขึ้นอย่างเชื่อได้หรือไม่ หรือเพิ่มขึ้นเท่าไร ซึ่งอาจจะพิจารณาได้จากการคำนวณหาค่า t-test (dependent samples) หรือหาค่าดัชนีประสิทธิผล (effectiveness index: E.I.) มีรายละเอียดดังนี้

1. การหาพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียน โดยอาศัยการหาค่า t-test (dependent samples) เป็นการพิจารณาว่านักเรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นอย่างเชื่อได้หรือไม่ โดยทำการทดสอบนักเรียนทุกคนก่อนเรียน (pre - test) และหลังเรียน (post - test) แล้วนำมาหาค่า t-test (dependent samples) หากมีนัยสำคัญทางสถิติก็ถือได้ว่านักเรียนกลุ่มที่ผู้วิจัยกำลังศึกษามีพัฒนาการเพิ่มขึ้นอย่างเชื่อได้

2. การพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียน โดยอาศัยการหาค่าดัชนีประสิทธิผล (effectiveness index: E.I.) ใช้วิธีการของกูคแมน เฟลคเทอร์ และชไนเดอร์ มีสูตรดังนี้

ดัชนีประสิทธิผล (รายบุคคล) เท่ากับ ความแตกต่างของคะแนนหลังเรียนกับก่อนเรียนหารด้วยความแตกต่างของคะแนนเต็มกับคะแนนก่อนเรียน

ดัชนีประสิทธิผล (กลุ่ม) เท่ากับ ความแตกต่างของคะแนนหลังเรียนกับก่อนเรียนของทุกคนหารด้วยความแตกต่างของ (คะแนนเต็มคูณด้วยจำนวนผู้เรียน) กับคะแนนก่อนเรียนของทุกคน

$$E.I. \text{ รายบุคคล} = \frac{\text{คะแนนสอบหลังเรียน} - \text{คะแนนสอบก่อนเรียน}}{\text{คะแนนเต็ม} - \text{คะแนนสอบก่อนเรียน}}$$

$$E.I. \text{ กลุ่ม} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนสอบหลังเรียน} - \text{ผลรวมรวมของคะแนนสอบก่อนเรียน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนสอบก่อนเรียน}}$$

การหาค่า E.I. ทั้งรายบุคคลและกลุ่ม เป็นการพิจารณาพัฒนาการในลักษณะที่ว่าเพิ่มขึ้นเท่าไร ไม่ได้ทดสอบว่าเพิ่มขึ้นอย่างเชื่อถือได้หรือไม่ เช่น ค่า E.I. = 0.6240 นั้น เรียกว่า หาค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) และเพื่อให้สื่อความหมายกันง่ายขึ้นจึงแปลงคะแนนให้อยู่ในรูปร้อยละ เช่น จากค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) = 0.6240 คิดเป็นร้อยละ 62.40

จากข้างต้น สรุปได้ว่า ดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เป็นค่าที่แสดงความก้าวหน้าของผู้เรียน โดยพิจารณาจากคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งควรมีค่ามากกว่า 0.5 ขึ้นไป

## 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 6.1 งานวิจัยในประเทศ

พรพิรุณ บุตรา (2550) ได้ทำการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ การคิดวิเคราะห์ และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนโดยใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันกับการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธีสอนโดยใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ การคิดวิเคราะห์ และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนที่สอนแบบปกติมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ การคิดวิเคราะห์ และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนที่สอนโดยใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ไม่แตกต่างกัน

ปิยธิดา เนื่องชุมพล (2553) ได้ทำการศึกษาทักษะการคิดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนจากแบบวัดทักษะการคิดตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้คือ นักเรียนทำคะแนนแบบวัดทักษะการคิดผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ผลจากการใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันในการเรียนรู้ของนักเรียนคือ 1) จำนวนนักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันในชั้นวางแผนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด 2) จำนวนนักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันในชั้นกำกับควบคุมผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 65 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และ 3) จำนวนนักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันในชั้นประเมินผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ คือ นักเรียนสามารถทำคะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 65 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

**ปรานี โพธิ์เสนา (2553)** ได้ทำการศึกษาผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TAI สอดแทรกยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TAI สอดแทรกยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน เรื่อง เศษส่วน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนได้ช่วยเหลือซึ่งพากันในกลุ่มอยู่ในระดับดีมากได้เรียนรู้ร่วมกัน มีการปฏิสัมพันธ์ในกลุ่มดีมาก และได้ฝึกฝนทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นสร้างบรรยากาศเป็นกันเอง มีความสุขในการร่วมกิจกรรม ส่งเสริมเกิดการเรียนรู้ตามความสามารถของแต่ละคน และได้พัฒนาการคิดวิเคราะห์เห็นคุณค่าของตนเอง ทำให้การสอนมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

**นุชจรินทร์ รื่นรมย์ (2554)** ได้ทำการศึกษาพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่อง โจทย์ปัญหาทศนิยม โดยใช้วิธีสอนแบบ 5Es สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนทำแบบทดสอบ ชั้นที่ 1 การเข้าสู่ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 74.55 ชั้นที่ 2 การกำหนดโครงสร้างในการแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 79.09 ชั้นที่ 4 การประเมินผล มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 73.64 และ ชั้นที่ 5 การสะท้อนผล มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 72.73 ซึ่งทุกขั้นตอนมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 76.48 และมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ 26 คน ร้อยละ 75.76 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ ให้มีจำนวนนักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป

**อภิสิทธิ์ โคตรนรินทร์ (2555)** ได้ทำการ การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน วิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้ยุทธวิธี เมตาคอกนิชัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้ยุทธวิธีเมตาคอกนิชัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กระบวนการหรือทักษะเชิงเมตาคอกนิชัน สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70 และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับมาก และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการขยายผลและประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้ยุทธวิธี เมตาคอกนิชัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## 6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

**Hall (1992)** ได้ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมทางเมตาคอกนิชันและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นำมาให้นักเรียนคิด ซึ่งมี 2 แบบ คือ แบบที่ 1 เป็นแบบง่ายในการหาคำตอบ แต่ปัญหาแบบที่ 2 เป็นปัญหาที่ยากในการหาคำตอบ นักเรียนแสดงการใช้เมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากกว่าการแก้ปัญหาแบบที่ 1 ซึ่ง เป็นปัญหาที่ง่ายกว่า และในการแก้ปัญหาแบบที่ 1 จะมีการนำเอา เมตาคอกนิชันมาใช้ในการแก้ปัญหาเฉพาะของการดำเนินการแก้ปัญหาเท่านั้น

**Swanson (1990)** ได้ศึกษาผลของความรู้ด้านเมตาคอกนิชันและความถนัดทางการเรียน ที่มีต่อการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถม ที่มีความถนัดทางการเรียนสูงกับนักเรียนที่มีความถนัดทางการเรียนต่ำ (High-low aptitude students) และมีความสามารถด้านเมตาคอกนิชันสูงกับความสามารถด้านเมตาคอกนิชันต่ำ โดยการใช้แบบสอบถามปลายเปิด เพื่อวัดเกี่ยวกับความรู้ในเมตาคอกนิชันด้านบุคคล งาน และกลวิธี การตอบใช้วิธีการคิดออกเสียง คำตอบแต่ละข้อจะมีการให้คะแนน 5

**Rottier L. Karen (2003)** ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา กับเมตาคอกนิชัน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน 65 คน ผลการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา กับเมตาคอกนิชันมีความสัมพันธ์กันระหว่างเมตาคอกนิชันกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**Rysz Teri (2004)** ได้ศึกษาเชิงลึก เพื่อทำการจำแนกความคิดเชิงเมตาคอกนิชัน โดยศึกษากับกลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนจำนวน 49 คน เรื่องวิชาความน่าจะเป็นและสถิติ ผลการศึกษาพบว่า ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ และนักเรียนที่มีทักษะเมตาคอกนิชันมากจะมีความเข้าใจเกี่ยวกับความน่าจะเป็นและสถิติมากกว่านักเรียนที่มีทักษะเมตาคอกนิชันน้อย

**Jason (2007)** ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อทางคณิตศาสตร์ การกำกับตนเอง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยทำการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนจำนวน 94 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม ผลการวิจัยพบว่า ความเชื่อทางคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์กับการกำกับตนเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับเมตาคอกนิชันทั้งในประเทศและต่างประเทศพบว่า การสอน โดยเน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันมีส่วนสำคัญในการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งพบว่านักเรียนมีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

ก็สูงขึ้นด้วยเมื่อเทียบนักเรียนมีพัฒนาการของการคิดดีขึ้นหลังจากได้รับการเรียนการสอนที่พัฒนาทักษะ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าการสอนโดยเน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาออกนิชันในวิชาคณิตศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้นตลอดจนส่งผลต่อเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย
2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย
3. แบบแผนการวิจัย
4. เครื่องมือในการวิจัย
5. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
6. วิธีดำเนินการวิจัย
7. การวิเคราะห์ข้อมูล

#### 1. กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนห้วยคตพิทยาคม อำเภอห้วยคต จังหวัดอุทัยธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ที่เรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม รหัสวิชา ค32202 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งหมด 31 คน

#### 2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม รหัสวิชา ค32202 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรของสถานศึกษา พุทธศักราช 2551 โรงเรียนห้วยคตพิทยาคม กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ประกอบด้วยเนื้อหาย่อยได้แก่

- |                           |             |
|---------------------------|-------------|
| 1. กฎของไซน์              | จำนวน 4 คาบ |
| 2. กฎของโคไซน์            | จำนวน 4 คาบ |
| 3. การหาระยะทางและความสูง | จำนวน 4 คาบ |

### 3. แบบแผนการวิจัย

แบบแผนที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นการวิจัยแบบ One- Group Pretest-Posttest Design (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 249) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แบบแผนการทดลอง

กลุ่ม	สอบก่อนเรียน	ทดลอง	สอบหลังเรียน
E	T <sub>1</sub>	X	T <sub>2</sub>

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E แทน กลุ่มทดลอง

T<sub>1</sub> แทน การสอบก่อนการจัดกระทำทดลอง (Pretest)

T<sub>2</sub> แทน การสอบหลังการจัดกระทำทดลอง (Posttest)

X แทน การสอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน

### 4. เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่ใช้การสอนโดยเน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน
2. แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
3. แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

### 5. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายในหลักสูตรการศึกษา พุทธศักราช 2551 วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.2 ศึกษาแนวคิด ข้อตกลงเบื้องต้นทางการเรียนรู้ และผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กับการสอนโดยเน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน โดยรวบรวมข้อมูลจากหนังสือ ตำรา และงานวิจัยมาสร้างกระบวนการสอนโดยเน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนสำหรับกลุ่มทดลอง

1.3 ศึกษาวิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้จากตำราและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่ใช้การสอนโดยเน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน โดยจัดทำแผนการสอน 12 คาบ คาบละ 50 นาที โดยแบ่งเนื้อหาดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงสาระการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้	จำนวน (คาบ)	แผนการจัดการเรียนรู้ที่
กฎของไซน์	4	1-4
กฎของโคไซน์	4	5-8
การหาระยะทางและความสูง	4	9-12
รวม	12	

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา เพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความชัดเจนของภาษา ความเหมาะสมของเนื้อหา การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และเวลาที่ใช้ในการสอน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบประเมินความคิดเห็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ได้แก่

5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมมาก

3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

1.7 วิเคราะห์คุณภาพโดยนำความคิดเห็นจากการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และการแปลความหมายของคะแนน ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด และบุญส่ง นิลแก้ว, 2535, หน้า 23-24)

ค่าเฉลี่ย 4.51- 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51- 4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51- 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51- 2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00- 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

พบว่ามีความเฉลี่ยเท่ากับ 4.82 นั่นคือแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

1.8 นำแผนการสอนที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนห้วยคตพิทยาคม ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 31 คน เพื่อหาข้อบกพร่องในการใช้ภาษา ความเหมาะสมของกิจกรรมกับเวลาที่กำหนด

1.9 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้และเสนอต่อที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์  
ตรวจพิจารณาอีกครั้ง ก่อนนำไปใช้จริง

## 2. แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง กฎของไซน์ และโคไซน์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 2 ชุด ซึ่งเป็นแบบทดสอบเทียบเคียง (Equivalence Test) ใช้ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) และใช้ทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยเป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หลักสูตรของ สสวท. หลักสูตรสถานศึกษา คู่มือครูรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม และหนังสือเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์

2.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากตำรา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงแนวทางในการวัดประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2.3 กำหนดจุดมุ่งหมายในการทดสอบ จุดประสงค์ของการเรียนรู้ สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา และกำหนดจำนวนข้อของแบบทดสอบ โดยพิจารณาให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้

2.4 ดำเนินการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ชุด ซึ่งเป็นแบบทดสอบเทียบเคียง (Equivalence Test) โดยสร้างแบบทดสอบเป็นแบบอัตนัย ชุดละ 12 ข้อ เลือกใช้จริง 6 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหาตามตารางวิเคราะห์จุดประสงค์

ที่ได้กำหนดไว้ โดยผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของโพลยา และแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

2.5 สร้างเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Assessment) ซึ่งผู้วิจัยปรับปรุงมาจากเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

รายการประเมิน	คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
1. ความเข้าใจปัญหา	3 (ดีมาก)	- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม ได้ถูกต้องครบถ้วน
	2 (ดี)	- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม ได้ส่วนใหญ่ถูกต้อง
	1 (พอใช้)	- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม ได้บางส่วนถูกต้อง
	0 (ต้องปรับปรุง)	- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม ไม่ถูกต้อง หรือไม่ระบุเลย
2. การเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหา	1.5 (ดีมาก)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องและครอบคลุมทุกประเด็น
	1 (ดี)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาส่วนใหญ่ถูกต้อง
	0.5 (พอใช้)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน
	0 (ต้องปรับปรุง)	- เลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้

ตารางที่ 8 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
2. การเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหา	1.5 (ดีมาก)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องและครอบคลุมทุกประเด็น
	1 (ดี)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาส่วนใหญ่ถูกต้อง
	0.5 (พอใช้)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน
	0 (ต้องปรับปรุง)	- เลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้
3. การใช้วิธีการในการแก้ปัญหา	3 (ดีมาก)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้องสมบูรณ์
	2 (ดี)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ส่วนใหญ่ถูกต้อง
	1 (พอใช้)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้องบางส่วน
	0 (ต้องปรับปรุง)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้อง
4. การสรุปคำตอบ	1.5 (ดีมาก)	- สรุปคำตอบได้ถูกต้อง ครบถ้วน
	1 (ดี)	- สรุปคำตอบได้ส่วนใหญ่ถูกต้อง
	0.5 (พอใช้)	- สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน
	0 (ต้องปรับปรุง)	- สรุปคำตอบไม่ถูกต้องหรือไม่มีการสรุปคำตอบ

2.6 นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเกณฑ์การประเมินเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

2.7 นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อทำการตรวจหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC)

2.8 นำคะแนนที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ คำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC: Item Objective Congruency Index) ของแต่ละข้อ แล้วพิจารณาคัดเลือกค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ที่มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยผลการวิเคราะห์ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์ทุกข้อมีค่าเท่ากับ 1

2.9 นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้งหนึ่งก่อนนำไปทดลองใช้ (Try out)

2.10 นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนห้วยคตพิทยาคม ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย ซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกับที่ทดลองใช้แผนการสอน จำนวน 31 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ แล้วนำมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด

2.11 นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและหาค่าอำนาจจำแนก โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบอัตนัยที่ต้องแบ่งกลุ่มนักเรียนที่เข้าสอบออกเป็นกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน โดยเทคนิค 25% ของนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมด โดยคำนวณจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers, 1970, อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 199-201) โดยเลือกแบบทดสอบฉบับละ 6 ข้อ ที่มีค่าความง่ายระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ผลการวิเคราะห์พบว่า แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.31- 0.51 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อระหว่าง 0.42 – 0.77 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ 0.82 ส่วนแบบ ทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.32- 0.56 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อระหว่าง 0.48 – 0.77 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ 0.83

2.12 นำแบบทดสอบเทียบเคียง (Equivalence Test) ที่คัดเลือกไว้แต่ละฉบับไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอัตนัย โดยใช้สูตรการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$ -Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 218) และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่เหมือนกันสองฉบับ (Equivalence from Reliability) โดยใช้สูตรคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson product-moment coefficient correlation) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 210-212) ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่เหมือนกันสองฉบับมีค่าเท่ากับ 0.99 แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ก่อนนำไปใช้จริง

2.13 จัดพิมพ์แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พร้อมคำชี้แจงในการสอบ และนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

### 3. แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert Scale) ชนิด 5 ระดับ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างและหาคุณภาพตามขั้นตอน ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

3.2 สร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้แบบวัดตามแบบลิเคิร์ต ที่มีมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับจำนวน 30 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า โดยปรับปรุงแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของสุภาพร ปิ่นทอง (2550, หน้า 217-219) และชมพินันท์ กฤษณ์ธนกาญจน์ (2556, หน้า 386)

3.3 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข

3.4 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบเนื้อหา ภาษา ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ว่าสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะหรือไม่ โดยพิจารณาค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยผลการวิเคราะห์ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00

3.5 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนห้วยคตพิทยาคมที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกับที่ทดลองใช้แผนการสอน จำนวน 31 คน

3.6 นำแบบวัดเจตคติมาตรวจให้คะแนน โดยมีเกณฑ์ให้คะแนนในแต่ละข้อดังนี้

กรณีข้อความมีความหมายทางบวก (Positive)	การให้คะแนนดังนี้
เห็นด้วยอย่างยิ่ง	มีค่าน้ำหนัก 5
เห็นด้วย	มีค่าน้ำหนัก 4
ไม่แน่ใจ	มีค่าน้ำหนัก 3
ไม่เห็นด้วย	มีค่าน้ำหนัก 2
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	มีค่าน้ำหนัก 1

กรณีข้อความมีความหมายทางลบ (Negative) การให้คะแนนดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	มีค่าน้ำหนัก	1
เห็นด้วย	มีค่าน้ำหนัก	2
ไม่แน่ใจ	มีค่าน้ำหนัก	3
ไม่เห็นด้วย	มีค่าน้ำหนัก	4
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	มีค่าน้ำหนัก	5

3.6 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์มาหาค่าอำนาจจำแนกรายข้อโดยใช้วิธีการแจกแจงค่าที (t-test) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 304-305) แล้วคัดเลือกข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกที่ค่า  $t$  มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าอำนาจสูง จำนวน 20 ข้อ ผลการวิเคราะห์ได้ค่าอำนาจจำแนกที่ค่า  $t$  อยู่ระหว่าง 3.39- 0.89

3.7 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ที่คัดเลือกไว้ 20 ข้อมาหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้ สูตรการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$ -Coefficient) ของครอนบัก (Cronbach) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 218) ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ 0.94 แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ก่อนนำไปใช้จริง

## 6. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ขอความร่วมมือจากโรงเรียนห้วยคตพิทยาคม อำเภอห้วยคต จังหวัดอุทัยธานี ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้ โดยที่ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557
2. ทำการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ใช้เวลาทดสอบ 1 ชั่วโมง 30 นาที
3. ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้เวลา 12 คาบ คาบละ 50 นาที
4. ดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Posttest) ทันทีหลังการสอนสิ้นสุดลง โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ใช้เวลาทดสอบ 1 ชั่วโมง 30 นาที และแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ใช้เวลา 30 นาที
5. นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ

## 7. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้ดัชนีประสิทธิผล (E.I) ของกูดแมน เฟลคเทอร์ และชไนเคอร์ มีสูตรดังนี้ เષิฉุ กิจระการ และสมนึก ภัททิษณี (2544, หน้า 30-36)

$$E.I. \text{ รายบุคคล} = \frac{\text{คะแนนสอบหลังเรียน} - \text{คะแนนสอบก่อนเรียน}}{\text{คะแนนเต็ม} - \text{คะแนนสอบก่อนเรียน}}$$

$$E.I. \text{ กลุ่ม} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนสอบหลังเรียน} - \text{ผลรวมของคะแนนสอบก่อนเรียน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนสอบก่อนเรียน}}$$

2. วิเคราะห์เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต โดยคำนวณจากสูตรดังนี้ (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2550, หน้า 34)

$$\mu = \frac{\sum_{c=1}^N X}{N}$$

เมื่อ $\mu$	แทน	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของกลุ่มประชากร
$\sum_{c=1}^N X$	แทน	ผลรวมทั้งหมดของข้อมูล
$N$	แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มประชากร

1.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยคำนวณจากสูตรดังนี้ (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2550, หน้า 59)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}}$$

เมื่อ $\sigma$	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มประชากร
$\mu$	แทน	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของกลุ่มประชากร
$X_i$	แทน	ข้อมูลของประชากร
$N$	แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มประชากร

และการแปลความหมายของคะแนน ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้  
(บุญชม ศรีสะอาด และบุญส่ง นิลแก้ว, 2535, หน้า 23-24)

4.51 – 5.00	หมายถึง	เจตคติอยู่ในระดับมากที่สุด
3.51 – 4.50	หมายถึง	เจตคติอยู่ในระดับมาก
2.51 – 3.50	หมายถึง	เจตคติอยู่ในระดับปานกลาง
1.51 – 2.50	หมายถึง	เจตคติอยู่ในระดับน้อย
0.51 – 1.50	หมายถึง	เจตคติอยู่ในระดับน้อยที่สุด

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอน โดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคognition  
ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังต่อไปนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้  
เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายและนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้ถูกต้อง ตลอดจนการ  
สื่อความหมายของข้อมูลที่ตรงกัน ดังนี้

$N$	แทน	จำนวนนักเรียนของกลุ่มประชากร
$\mu$	แทน	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของกลุ่มประชากร
$\sigma$	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มประชากร
E.I.	แทน	ดัชนีประสิทธิผล
$P_1$	แทน	ผลรวมของคะแนนสอบก่อนเรียน
$P_2$	แทน	ผลรวมของคะแนนสอบหลังเรียน

#### 2. ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 วิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน  
โดยใช้ดัชนีประสิทธิผล (E.I)

ตอนที่ 2 วิเคราะห์เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้  
ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

### 3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

**ตอนที่ 1** วิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้ดัชนีประสิทธิผล (E.I)

ตารางที่ 9 ผลการศึกษาค่าดัชนีประสิทธิผลของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เป็นรายกลุ่ม

กลุ่มประชากร	$N$	$P_1$	$P_2$	E.I.
กลุ่มทดลอง	31	458	1263.5	0.6624

จากตารางที่ 9 พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน มีผลรวมของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็น 458 คะแนน และผลรวมของคะแนนสอบหลังเรียนเป็น 1263.5 คะแนน และค่าดัชนีประสิทธิผลของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เท่ากับ 0.6624 แสดงว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางพัฒนาการเรียนรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 66.24 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

**ตอนที่ 2** วิเคราะห์เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้  
กระบวนการคิดเชิงเมตาออกนินซ์

เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์	N = 31		แปลผล
	$\mu$	$\sigma$	
1. ข้าพเจ้ารู้สึกสนุกกับการเรียนวิชาคณิตศาสตร์	3.87	0.85	ระดับมาก
2. ข้าพเจ้ารู้สึกไม่ชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์	3.81	0.83	ระดับมาก
3. ข้าพเจ้ารู้สึกว่า การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ผ่านไปช้ามาก	3.55	0.85	ระดับมาก
4. ข้าพเจ้าชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์	3.71	0.82	ระดับมาก
5. วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่น่ากลัว	3.71	0.86	ระดับมาก
6. อยากให้มีคาบเรียนคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น	3.26	0.63	ระดับปานกลาง
7. ข้าพเจ้ารู้สึกวิตกกังวลทุกครั้งที่ต้องเรียนวิชาคณิตศาสตร์	3.65	0.95	ระดับมาก
8. วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ไม่ยาก	3.32	0.70	ระดับปานกลาง
9. ข้าพเจ้าเลิกทำโจทย์ทันทีเมื่อเจอโจทย์ยาก	3.35	0.66	ระดับปานกลาง
10. ทุกครั้งที่เจอโจทย์ยาก ข้าพเจ้าจะมุงมุ่นในการหาคำตอบ	3.29	0.64	ระดับปานกลาง
11. คณิตศาสตร์ช่วยฝึกให้ทำงานเป็นระบบ	3.90	0.79	ระดับมาก
12. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไม่ใช่สิ่งที่จำเป็น	4.16	0.74	ระดับมาก
13. โจทย์คณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าเบื่อหน่าย	3.58	0.77	ระดับมาก
14. ข้าพเจ้ารู้สึกสนุกกับการทำการบ้านวิชาคณิตศาสตร์	3.52	0.72	ระดับมาก
15. เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ซับซ้อนจนทำให้ไม่อยากเรียน	3.52	0.77	ระดับมาก
16. ถ้าเลือกได้ข้าพเจ้าจะไม่เรียนวิชาคณิตศาสตร์	3.65	0.88	ระดับมาก
17. ข้าพเจ้ารู้สึกภาคภูมิใจเมื่อทำข้อสอบคณิตศาสตร์ได้	4.26	0.82	ระดับมาก
18. ข้าพเจ้าชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากที่สุด	3.32	0.79	ระดับปานกลาง
19. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ทำให้รู้สึกท้อแท้ไม่อยากเรียน	3.71	0.90	ระดับมาก
20. ข้าพเจ้าชอบอ่านหนังสือที่เกี่ยวข้องกับวิชาคณิตศาสตร์	3.13	0.56	ระดับปานกลาง
รวม	3.61	0.51	ระดับมาก

จากตารางที่ 10 พบว่า เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน รายชื่อ มีเพียงจำนวน 6 ชื่อที่เจตคติอยู่ในระดับปานกลาง นอกนั้นเจตคติอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่าเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน อยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน  
วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน และเพื่อศึกษาเจตคติต่อ  
การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิง  
เมตาคอกนิชัน

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนห้วยคด  
พิทยาคม อำเภอห้วยคด จังหวัดอุทัยธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ที่เรียนรายวิชา  
คณิตศาสตร์เพิ่มเติม รหัสวิชา ค32202 จำนวน 31 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่ใช้การสอนโดยเน้นกระบวนการคิดเชิง  
เมตาคอกนิชัน จำนวน 12 คาบ คาบละ 50 นาที (2) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา  
ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 2 ชุด ซึ่งเป็น  
แบบทดสอบเทียบเคียง (Equivalence Test) ใช้ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) และใช้ทดสอบหลังเรียน  
(Posttest) โดยเป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ ใช้เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที (3) แบบวัดเจตคติต่อ  
การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert Scale)  
ชนิด 5 ระดับ

การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยทำการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย  
โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง กฎของไซน์และ  
โคไซน์ ใช้เวลาทดสอบ 1 ชั่วโมง 30 นาที ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้เวลา  
12 คาบ คาบละ 50 นาที หลังจากนั้นดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยใช้แบบทดสอบ  
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์  
ใช้เวลาทดสอบ 1 ชั่วโมง 30 นาที และแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ใช้เวลา 30 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทาง  
คณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้ดัชนีประสิทธิผล และวิเคราะห์เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์  
ของนักเรียน โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

## สรุปผลการวิจัย

1. ค่าดัชนีประสิทธิผลของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ มีค่าเท่ากับ 0.6624
2. เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ อยู่ในระดับมาก

## อภิปรายผล

1. ผลการวิจัยพบว่า ค่าดัชนีประสิทธิผลของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ มีค่าเท่ากับ 0.6624 สูงกว่า 0.5 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในข้อ 1 ของการวิจัยทั้งนี้อาจเป็นเพราะการสอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน จะเน้นทักษะการแก้ปัญหาตามขั้นตอน 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนระบุและนิยามปัญหาเป็นขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา โดยที่นักเรียนจะต้องระบุได้ว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้ โจทย์ต้องการถามอะไร และบอกได้ว่าปัญหาที่โจทย์ถามนั้นคืออะไร ขั้นสร้างตัวแทนปัญหา เป็นการสร้างตัวแทนของปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การวาดแผนภาพ แบบรูป ตาราง รวมถึงสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ แสดงความสัมพันธ์ของปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นการวิเคราะห์ถึงข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาและสิ่งที่โจทย์ต้องการถาม วางแผนการดำเนินการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้เดิมและประสบการณ์ที่มี ตลอดจนตัดสินใจในเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการดำเนินการตามแผนที่วางไว้ โดยดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน และปฏิบัติตามวิธีที่ได้เลือกไว้เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบและขั้นประเมินผลการแก้ปัญหา เป็นขั้นพิจารณาถึงขั้นตอนที่ดำเนินการแก้ปัญหาว่าถูกต้องเพียงใด และตรวจสอบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น รวมถึงตรวจสอบคำตอบว่าถูกต้อง ครบถ้วนตามสิ่งที่โจทย์ถาม และสมเหตุสมผลหรือไม่ จะเห็นได้ว่า ทั้ง 5 ขั้นตอน จะฝึกการคิดอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งส่งผลให้นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหอย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรพิรุณ บุตรา (2550) ที่พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนโดยใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ การคิดวิเคราะห์ และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ การคิดวิเคราะห์ และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนโดยใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีแบบปกติ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ นุชจรินทร์ รื่นรมย์ (2554) ได้ทำการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่อง โจทย์ปัญหาทศนิยม โดยใช้วิธีสอนแบบ 5Es สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนทำแบบทดสอบ ชั้นที่ 1 การเข้าสู่ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 74.55 ชั้นที่ 2 การกำหนดโครงสร้างในการแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 79.09 ชั้นที่ 4 การประเมินผล มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 73.64 และชั้นที่ 5 การสะท้อนผล มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 72.73 ทุกขั้นตอนมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 76.48 และมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ 26 คน ร้อยละ 75.76 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ ให้มีจำนวนนักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป และงานวิจัยของปรานี โพธิ์เสนา (2553) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TAI สอดแทรกยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน เรื่อง เศษส่วน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 อีกทั้งยังสอดคล้องกับอภิสิทธิ์ โคตรนรินทร์ (2555) ได้ทำการ การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้ยุทธวิธี เมตาคอกนิชัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายผล มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กระบวนการหรือทักษะเชิงเมตาคอกนิชัน สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hall (1992) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมเมตาคอกนิชัน และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นำมาให้นักเรียนคิด ซึ่งมี 2 แบบ คือ แบบที่ 1 เป็นแบบง่ายในการหาคำตอบ แต่ปัญหาแบบที่ 2 เป็นปัญหาที่ยากในการหาคำตอบ นักเรียนแสดงการใช้เมตาคอกนิชัน ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากกว่าการแก้ปัญหาแบบที่ 1 ซึ่งเป็นปัญหาที่ง่ายกว่า และในการแก้ปัญหาแบบที่ 1 มีการนำเอาเมตาคอกนิชันมาใช้ในการแก้ปัญหาเฉพาะของการดำเนินการแก้ปัญหาเท่านั้น และงานวิจัยของ Rysz Teri (2004) ได้ศึกษาเชิงลึกเพื่อทำการจำแนกความคิดทางเมตาคอกนิชัน โดยศึกษากับนักเรียนจำนวน 49 คน เรื่องวิชาความน่าจะเป็น และสถิติ ผลการศึกษา พบว่า ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และนักเรียนมีที่มีทักษะเมตาคอกนิชันมากจะมีความเข้าใจในเรื่องของความน่าจะเป็นและสถิติมากกว่านักเรียนที่มีทักษะเมตาคอกนิชันน้อย แสดงให้เห็นว่าการสอนใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน ส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น

2. ผลการวิจัยพบว่า เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ อยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในข้อ 2 ของการวิจัย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าการสอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เป็นการควบคุมและประเมินความคิดของบุคคลในการวางแผน กำหนดวิธีในการปฏิบัติ กำกับควบคุมการปฏิบัติของตนเอง และสามารถที่จะประเมินผลสิ่งที่เกิดขึ้นจากการคิดอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิด อย่างเป็นระบบ จนสามารถแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ด้วยตนเอง จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้สึกที่ดีในการเข้าร่วมกิจกรรมค้นคว้าหาคำตอบหรือฝึกการแก้ปัญหา อีกทั้งครูยังคอยช่วยส่งเสริมสนับสนุน และช่วยกระตุ้นนักเรียน โดยการดูแลเอาใจใส่ ให้กำลังใจและคำแนะนำในการแก้ปัญหาของนักเรียน จัดให้ผู้เรียน ได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน รวมทั้งการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ ถือเป็นการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ จากงานวิจัยหลาย ๆ เรื่องกล่าวถึงองค์ประกอบสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ว่าบรรยากาศที่เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวิธีการพัฒนาที่ส่งเสริมให้เกิดความสามารถในการแก้ปัญหา สถานการณ์ปัญหาที่ดีที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะต่าง ๆ เป็นปัญหาที่น่าสนใจ ท้าทายความสามารถและเหมาะสมกับวัย ซึ่งผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมกลุ่ม โดยลดความสามารถ เพื่อให้ผู้เรียนได้ร่วมกันคิด ร่วมกันแก้ปัญหาเกิดความภูมิใจในผลงานของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการสร้างเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ของ อุทัย เพชรช่วย (2536, หน้า 3-7) ที่กล่าวไว้ว่า ผู้สอนจะต้องมีเจตคติที่ดีต่อผู้เรียน มีความคาดหวังและเชื่อมั่นว่าผู้เรียนจะต้องสามารถเรียนรู้ในสิ่งที่ตนสอนได้ และที่สำคัญผู้สอนจะต้องแสดงความคาดหวัง แสดงความเชื่อมั่นดังกล่าวให้ผู้เรียนได้รับรู้ เช่น การที่ผู้สอนพูดกับผู้เรียนว่า “สมัยที่ครูเรียน ครูก็ทำผิดพลาดเหมือนกับนักเรียนนี้แหละ ครั้งที่หนึ่งผิด ครั้งที่สองผิด ครั้งที่สามผิด ครั้งที่สี่ผิด ครั้งที่ห้าจะต้องถูกจนได้ เพราะครูเห็นแล้วว่านักเรียนเป็นคนขยัน” นั่นถือเป็นกลยุทธ์อย่างหนึ่งที่จะต้องมีให้กับผู้เรียนทุกคน โดยไม่เลือกที่รักมักที่ชังจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนมีความรู้สึกว่าตนประสบความสำเร็จในการเรียน อาจจะโดยการซักถามในสิ่งที่คาดว่าผู้เรียนจะต้องตอบได้ หรือการชี้งาน ให้แบบฝึกหัดหรือให้การบ้านในเรื่องที่ผู้สอนมั่นใจและแน่ใจว่าผู้เรียนจะทำได้สำเร็จ ทั้งนี้เพื่อสร้างความรู้สึกที่ดีให้เกิดแก่ผู้เรียน และยังสอดคล้องกับคำกล่าวของ Wilson (1971, pp. 685-689) ที่กล่าวว่า เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์แรงจูงใจ เป็นความปรารถนาที่จะทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งให้ลุล่วง โดยพยายามเอาชนะอุปสรรคต่าง ๆ และพยายามทำให้ดี บุคคลที่มีแรงจูงใจจะสบายใจเมื่อได้ทำสิ่งนั้นสำเร็จและจะวิตกกังวลหากประสบความล้มเหลว ดังนั้น ถ้าผู้เรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ จะเกิดแรงจูงใจ ความภูมิใจในตนเอง ก่อให้เกิดเจตคติที่ดี

ต่อวิชาคณิตศาสตร์ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรพิศ ศรีชาคำ (2548) ที่ได้ศึกษากิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยในกิจกรรมการเรียนการสอนได้มีการสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมนักเรียนได้นำประสบการณ์ ความรู้เดิมมาแลกเปลี่ยนกับเพื่อน ๆ และครู โดยครูกระตุ้นให้คิดและแนะนำเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย พร้อมกับให้คำชมเชย ให้กำลังใจเมื่อนักเรียนมีการแสดงออก ทำให้นักเรียนสนใจ และกระตือรือร้น ส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติหลังเรียนดีกว่าก่อนเรียนที่ระดับนัยสำคัญ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อภิลิทธิ์ โครตรนรินทร์ (2555) ได้ทำการ การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้ยุทธวิธีเมตาคอกนิชัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้ยุทธวิธีเมตาคอกนิชัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กระบวนการหรือทักษะเชิงเมตาคอกนิชัน สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70 และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับมาก จะเห็นได้ว่าการสอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เป็นการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ เป็นการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

### ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

#### ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ในการสอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน อาจจะใช้เวลามากกว่าปกติ จากผู้เรียนต้องร่วมกันวางแผนและหาทางแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างเป็นขั้นตอน ครูจะต้องให้เวลานักเรียนอย่างเพียงพอ ดังนั้นครูจะต้องมีการวางแผนในการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมและสอดคล้องกับเวลาที่มี
2. เบื้องต้นในการจัดกิจกรรมครูควรมีคำชี้แนะหรืออธิบายเพิ่มเติม และกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดเกิดความเข้าใจในกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน
3. เนื่องจากการสอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันใช้เวลาในการจัดกิจกรรมค่อนข้างมาก ดังนั้นครูควรหาโจทย์ปัญหาให้เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน
4. ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนครูควรเริ่มจากสถานการณ์ที่ง่าย ๆ ไปสู่ยาก เพื่อให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง เป็นการสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้เรียน และอยากที่จะแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์อื่น ๆ ต่อไป

5. ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เสนอกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาให้หลากหลาย ในกรณีที่ผู้เรียนไม่อาจคิดกลยุทธ์วิธีได้ไม่หลากหลาย ครูต้องเสนอวิธีการแก้ปัญหาอื่น ๆ ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เพิ่มเติม

#### ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาผลการสอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน กับตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความคงทนในการเรียนรู้ ความคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การให้เหตุผล และการสื่อสาร เป็นต้น
2. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับเนื้อหาในเรื่องอื่น ๆ ว่ามีความเหมาะสม และสามารถสอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน ได้กับเนื้อหาในเรื่องใดบ้าง
3. ควรมีการศึกษาในระดับชั้นอื่น ๆ ว่า การสอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับชั้นใดบ้าง
4. ควรมีการศึกษาผลสอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน โดยใช้บูรณาการกับเทคนิคการสอนวิธีอื่น ๆ เช่น การเรียนรู้แบบร่วมมือ การเรียนรู้โดยใช้เกม เป็นต้น

## บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษา  
ขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ. ม.ป.พ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และแก้ไขเพิ่มเติม  
(ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545 พร้อมกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้อง และพระราชบัญญัติการศึกษา  
ภาคบังคับ พ.ศ.2545. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุ (ร.ส.พ.).
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.  
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- เกษรินทร์ อ่อนนาค. (2556). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง  
คอมมิวนาทอริกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่จัดการเรียนรู้แบบร่วมมือรูปแบบ  
STAD กับการสอนแบบ SSCS และกับการสอนแบบนิรนัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศา  
ศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- คมกริบ ชีรานุรักษ์. (2552). การพัฒนามาตรวัดเมตาคอกนิชัน โดยใช้คอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียน  
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดและ  
ประเมินผลการศึกษา, คณะครุศาสตร์ม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จันทร์ขจร มะลิจันทร์. (2554). การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง  
อสมการและเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3  
ที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบ SSCS และการสอนโดยใช้เทคนิค KWDL. วิทยานิพนธ์  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัย  
ศรีนครินทรวิโรฒ.
- จันทิพา สุริยนต์. (2545). การพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการเรียนรู้แบบร่วมมือกันของนักเรียนบ้าน โพนแพง.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิจัยการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย,  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- แฉล้ม อินวารี. (2552). การศึกษาปัจจัยด้านการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนที่ส่งผลต่อความสามารถ  
ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากาญจนบุรี เขต 1. วิทยานิพนธ์  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยและสถิติการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย,  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- ชญาภา ใจโปร่ง. (2554). *กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชมพิชาน์ กฤษฎีชนกาญจน์. (2556). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องวิธีเรียงสับเปลี่ยนและวิธีจัดหมู่ ที่เรียนด้วยการเรียน การเรียนรู้แบบจิ๊กซอว์ (JIGSAW) แบบกลุ่มช่วยเรียนรายบุคคล (TAI) และแบบปกติ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ชัยศักดิ์ สีลาจรัสกุล. (2542). *ชุดกิจกรรมค่ายคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการจัดค่ายคณิตศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- ไชยยศ เรื่องสุวรรณ. (2546). *เทคโนโลยีการศึกษา: ทฤษฎีและการวิจัย*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2550). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 10)*. นนทบุรี: ไทเนรมิตกิจ อินเตอร์ โปรเกรสซิฟ.
- ชูศรี วงศ์รัตน์ และองอาจ นัยพัฒน์. (2551). *แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองและสถิติวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.
- ทศนา เขมมณี, นวลจิตต์ เขาวีร์ดิพงษ์, ปัทมศิริ ชีรานุกฤษ, พิมพ์พันธ์ เตละคุปต์, ศิริชัย กาญจนวาที และศรีนคร วิริยะสินันท์. (2544). *วิทยาการด้านการคิด*. กรุงเทพฯ : เดอะมาสเตอร์ กรุ๊ปแมเนจเม้นท์ จำกัด.
- นุชรินทร์ รื่นรมย์. (2554). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เน้น กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่อง โจทย์ปัญหาทศนิยม โดยใช้วิธีสอนแบบ 5Es สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2546). *การวิจัยสำหรับครู*. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- บุญชม ศรีสะอาด และบุญส่ง นิลแก้ว. 2535. *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 6. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.
- ปรานี โพธิ์เสนา. (2553). *ผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TAI สอดแทรกยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่อง เศษส่วน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2537 ก.). การแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใน *ประมวลสาระชุดวิชา สาระและวิธีทางวิชาคณิตศาสตร์ หน่วยที่ 12-15*. สาขาวิชาศึกษาศาสตร์. หน้า 122. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2544). *กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ปิยธิดา เนื่องชุมพล. (2553). *การศึกษาทักษะการคิดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เผชิญ กิจระการ และสมนึก ภัททิยธานี. (2545). *ดัชนีประสิทธิภาพและดัชนีประสิทธิผล. วารสาร การวัดผลการศึกษา*. 8(6), 31-51.
- พรพิรุณ บุตรดา. (2550). *การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ การคิด วิเคราะห์ และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการเรียนรู้ด้วยวิธีสอน โดยใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันกับการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบปกติ*, วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- พรพิศ ศรีชากำ. (2548). *กิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. ปริญญาโท กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ยุพิน พิพิธกุล. (2530). *การสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.
- ยุพิน พิพิธกุล. (2537). *การเรียนการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: บริษัท เอ็ดดิสัน เพรสโปรดักส์ จำกัด.
- ยุพิน พิพิธกุล. (2542). *การแก้ปัญหา. วารสารคณิตศาสตร์*. 42(485-487), 5-12.
- โรงเรียนห้วยคตพิทยาคม. (2553). *หลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ช่วงชั้นที่ 4. อุทัยธานี: กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*.
- โรงเรียนห้วยคตพิทยาคม. (2556). *รายงานผลการดำเนินงานประจำปีการศึกษา 2556 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. อุทัยธานี: กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *การวัดด้านจิตพิสัย*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วาสนา ภูมิ. (2555). *ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิชัย พาณิชย์สว. (2546). *สอนอย่างไรให้เด็กเก่งโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.
- วรารธรรม จันทรวงศ์ และกิ่งฟ้า สินธุวงษ์. (2557). *การคิดและการคิดเกี่ยวกับการรู้*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลและประเมินผล คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *บทสรุปผลการวิจัย TIMSS 2011 ด้านนักเรียนและผู้สอน. เอกสารประกอบการประชุม โครงการวิจัยนานาชาติ TIMSS 2011 วันที่ 11 ธันวาคม 2555*. กรุงเทพฯ.
- สุภาพร ปิ่นทอง. (2550). *การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องอสมการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการ สอน โดยใช้รูปแบบ SSCS และการสอนโดยใช้เทคนิค KWDL*. วิทยานิพนธ์ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ.
- ศุภกิจ ประชุมกาเยาะมาต . (2552). *การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความฉลาดทางอารมณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอน โยดใช้ชุด การเรียนแบบเรียนเป็น คู่ (Learning Cell) ที่เน้นการแก้ปัญหากับการสอนปกติ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขามัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สิริพร ทิพย์คง. (2544). *หนังสือเสริมประสบการณ์วิชาคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาและระดับ มัธยมศึกษาตอนต้นเรื่องการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหนังสือ.
- สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอน*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

- สุภาวดี ต้นดีวัฒนากร. (2544). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เรื่องการคูณและการหาร ที่ได้รับการสอนด้วยกระบวนการสอนตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์กับวิธีสอนแบบปกติ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการประถมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- อุทัย เพชรช่วย. (2536). จะสร้างเสริมเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ให้เกิดแก่ผู้เรียนได้อย่างไร. *ประชากรศึกษา*. 43(3), 3-7.
- อภิสิทธิ์ โครตนิรินทร์. (2555). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้ยุทธวิธีเมตาคอกนิชันระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Baker, L., & Brown, A. L. (1984). Metacognitive skills and reading. In David, P. (Ed.). *Handbook of reading research*. New York: Longman.
- Beyer, Barry K. (1987). *Practical strategies for the teaching of thinking*. Boston: Allyn and Bacon.
- Beyer, Barry K. (1997). *Improving Student Thinking : a Comprehensive Approach*. Boston : Allyn and Bacon.
- Bitter, Gray., Hatfield, Mary M., & Edwards, Nancy T. (1989). *Matheamtics methods for the Elementary and Middle School: A Comprehensive Approach*. Boston: Allyn and Bacon.
- Charles, Randal., & Lester, Frank K. (1982). *Teaching Problem Solving. What, Why, & How*: Dale Seymour Publications.
- Costa, L. A. (2000). *Developing your child's habits of success in school, life and work*. USA: The Association for Supervision and Curriculum Development.
- Cross, D. R., & Paris, S. G. (1988). Developmental and instructional analyses of children's metacognition and reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 80(2), 131-142.
- Davidson, J. E., Deuser, R., & Sternberg, R. J. (1994). The Role of Metacognition in Problem Solving in J. Metcalfe, and A.P. Shimamura, in *Metacognition*. p. 207-226. Massachusetts : The MIT Press.

- Flavell, J. H. Cognitive development. New Jersey : Prentice – Hall, 1985. Metacognition and Cognitive Monitoring : A New Area of Cognitive Developmental Inquiry. (1979). *American : Psychologist*, 34(5), 909-911.
- Flieschner, J. E., Nuzum, M. B., & Marzola, F. S. (1987). Dividing and Instructional Program of Teach Arithmetics Problem-Solving Skill to Students with Learning Disabilities, *Journal of Learning Disabilities*, 20(4), 214-217.
- Gagne, Robert M. (1985). *The Condition of Learning and theory of instruction*. 4<sup>th</sup> ed. New York: CBS College Publishing.
- Garner, R., & Alexander, P. A. (1989). Metacognition: Answered and Unanswered Questions. *Education Psychologist*, 24(2), 143-158.
- Good, Carter V. (1963). *Dictionary of education*. Prepared under the Auspices of Phi Delta Kappa. 2<sup>nd</sup> Edition New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Hall, Lori Elizabeth. (1992). Metacognitive Behaviours and Mathematical Problem-solving : A Study of Grade 9 Students with Learning Problems, *Masters Abstract International*, 30(3), 446.
- Heddens, J. W., & Speer, W. R. (1997) *Today's Mathematics Concepts and Method in Elementary School Mathematics*. New York : Macmillan Publishing Company.
- Jason Scott Briley. (2007). *An Investigation of relationships among mathematical beliefs, self-regulation and achievement for university-level mathematics students*. Unpublished doctoral dissertation, University of Alabama.
- Krulik, S., & Rudnick, J. A. (1993). *Reasoning and Problem Solving*. Boston: Allyn and Bacon.
- Leblance, John F. (1997, November). You can Teach Proplem Solving. *Arithmetic Teacher*, 25(2): 16-22.
- Lester, Frank K. (1977). Ideas about Problem Solving: A Look at Some Psychological Research *Arithmetic Teacher*. 25(2), 12-14.
- Michele E. Martinez. (2006). What is Metacognition?: *Phi Delta Kappan*. 87(9).
- National Council of Teacher of Mathematics.(NCTM). (2000). *Principles and Standards for school Mathematics*. Reston, Virginia: The National Council of Teacher of Mathematics. Inc.

- O'Neil, H. F., & Abedi, J. (1996). Reliability and Validity of a State Metacognitive Inventory : Potential for Alternative Assessment. *Journal of Educational Research*, 89(4), 234-45.
- Polya, G. (1957). *How To Solve it A New Aspect of Mathematical Method*. Garden City, New York: Doubleday and Company.
- Polya, G. (1973). *How to Solve It*. 2<sup>nd</sup> ed. New Jersey: Princeton University Press.
- Polya, G. (1985). *How To Solve it*. New Jersey: Princeton University Press.
- Rottier L. Karen. (2003). *Metacognition and Mathematics during the 5 to 7 years Shift*. Doctoral Dissertation of Education, The Graduate College of The Illinois Institute of Technology.
- Rysz Teri. (2004). *Metacognition in Learning Elementary Probability and Statistics*. Doctoral Dissertation of Education, The University of Cincinnati.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In Grouws, E.A. (Ed.). *Handbook of research on mathematics teaching and learning: A project of the National Council of Teachers of Mathematics*. New York: Macmillan Publishing.
- Scott, William A., & Micheal Werthimer. (1962). *Introduction to Psychological Research*. 4<sup>th</sup> Ed. New York. John wiley and son. Inc.
- Swanson, H. L. (1990). Influence of Metacognition Knowledge and Aptitude on Problem Solving, *Journal of Education Psychology*. 82(2), 306-314.
- Thurstone, L. L. (1967). *Attitude Theory Measurement*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Wilson, James W. (1971). Evaluation of Learning in Secondary School Mathematics. in *Handbook on formative and Summative Evaluation of Student Learning*. U.S.A.: McGraw-Hill.
- Yimer, A. (2004). *Metacognitive and cognitive functioning of college students during mathematical problem solving*. U.S.A.: Department of Mathematics, Illinois State University.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

### รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัย

1. ผศ.ดร.สุรียพร อนุศาสนนันท์  
อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยา  
ประยุกต์ สาขาการวัดและประเมินผล  
การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยบูรพา
2. นาวาตรี ดร.พงศ์เทพ จิระโร  
อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยา  
ประยุกต์ สาขาการวัดและประเมินผล  
การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยบูรพา
3. นางนันทยา สุวรรณชัยเลิศ  
ครูชำนาญการพิเศษ  
ครูผู้สอนรายวิชาคณิตศาสตร์  
โรงเรียนห้วยคตพิทยาคม

**ภาคผนวก ข**  
**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่ใช้การสอนโดยเน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน
2. แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน (Pretset) เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
3. แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน (Posttset) เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
4. แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

**กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์**  
**ช่วงชั้นที่ 4 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พังก์ชันตรีโกณมิติและการประยุกต์**  
**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2**

รายวิชา คณิตศาสตร์เพิ่มเติม  
เรื่อง กฎของไซน์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5  
จำนวน 1 คาบ

### 1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับ ศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

### 2. ตัวชี้วัด

ค 2.1 ม.4-6/1 ใช้ความรู้เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติของมุมในการคาดคะเนระยะทางและความสูง

ค 2.2 ม.4-6/1 แก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับระยะทางและความสูงโดยใช้อัตราส่วนตรีโกณมิติ

ค 6.1 ม.4-6/1 ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา

ค 6.1 ม.4-6/2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

ค 6.1 ม.4-6/3 ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม

ค 6.1 ม.4-6/4 ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ ได้อย่างถูกต้อง และชัดเจน

### 3. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ในรูปสามเหลี่ยม ABC ใด ๆ ถ้า a, b และ c เป็นความยาวของด้านตรงข้ามมุม A, B และ C ตามลำดับ จะได้

$$\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin C}{c}$$

#### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

##### 4.1 ด้านความรู้ นักเรียนสามารถ

1. หาส่วนประกอบของรูปสามเหลี่ยมโดยใช้กฎของไซน์ได้
2. นำกฎของไซน์ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้

##### 4.2 ด้านทักษะ/กระบวนการ นักเรียนมีความสามารถในการ

1. แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
2. สื่อความหมาย
3. ให้เหตุผล

##### 4.3 ด้านคุณลักษณะ นักเรียน

1. ทำงานอย่างเป็นระบบ
2. มีความรับผิดชอบ
3. ตรงต่อเวลา
4. มีความมุ่งมั่นในการทำงาน
5. กล้าคิดกล้าแสดงความคิดเห็น

#### 5. สารการเรียนรู้

การนำกฎของไซน์ ไปใช้ในการหาส่วนประกอบของรูปสามเหลี่ยม

- 1) เมื่อกำหนดมุมมาให้ 2 มุมและด้านตรงข้ามมุมใดมุมหนึ่งมาให้
- 2) กำหนดความยาวด้าน 2 ด้านและมุมที่อยู่ตรงข้ามด้านดังกล่าว 1 มุม
- 3) กำหนดความยาวด้าน 3 ด้านใช้กฎของไซน์หาพื้นที่ และมุมทั้งสาม

ตัวอย่างที่ 1 กำหนด  $a$ ,  $b$  และ  $c$  เป็นความยาวของด้านตรงข้ามมุม  $A$ ,  $B$  และ  $C$  ถ้า  $A = 45$  องศา,

$B = 105$  องศา และ  $a = \sqrt{2}$  หน่วย จงหาความยาวด้าน  $b$

##### 1. ขั้นระบุและนิยามปัญหา

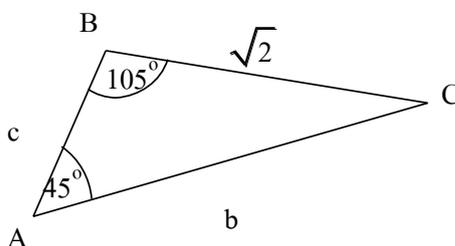
- 1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ  $a$ ,  $b$  และ  $c$  เป็นความยาวของด้านตรงข้ามมุม  $A$ ,  $B$  และ  $C$

$A = 45$  องศา,  $B = 105$  องศา และ  $a = \sqrt{2}$  หน่วย

- 1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม คือ ความยาวด้าน  $b$

## 2. ขั้นสร้างตัวแทนปัญหา

จากโจทย์นักเรียนสามารถวาดรูปหรือแผนภาพประกอบได้อย่างไร



## 3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา

3.1 นักเรียนจะแก้ปัญหาคำด้วยวิธีใด ใช้กฎของไซน์

3.2 นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหายังไง

ใช้กฎของไซน์  $\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin C}{c}$  โดยพิจารณาจากรูปว่าจะใช้มุมใด ด้านใด

หลังจากนั้นแทนค่าลงในสมการ และแก้สมการเพื่อหาค่า b

## 4. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา

จาก  $\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin C}{c}$  จะได้

$$\begin{aligned} \frac{\sin 45^\circ}{\sqrt{2}} &= \frac{\sin 105^\circ}{b} \\ b &= \frac{\sqrt{2} \sin(180^\circ - 75^\circ)}{\frac{\sqrt{2}}{2}} \\ &= 2 \sin 75^\circ \\ &= 2 \sin(30^\circ + 45^\circ) \\ &= 2 [\sin 30^\circ \cos 45^\circ + \cos 30^\circ \sin 45^\circ] \\ &= 2 \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{\sqrt{2}}{2} \right) + \frac{\sqrt{3}}{2} \left( \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \right] \\ &= \frac{\sqrt{2} + \sqrt{6}}{2} \end{aligned}$$

### 5. ขั้นประเมินผลการแก้ปัญหา

- 5.1 คำตอบที่ได้ตรงกับสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่  ตรง  ไม่ตรง
- 5.2 คำตอบที่ได้ครบถ้วนหรือไม่  ครบถ้วน  ไม่ครบถ้วน
- 5.3 คำตอบที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่  สมเหตุสมผล  ไม่สมเหตุสมผล

**ตัวอย่างที่ 2** กำหนด  $\triangle ABC$  มีมุม  $B = 45^\circ$ ,  $b = 2\sqrt{2}$  และ  $c = 2\sqrt{3}$  จงหาขนาดของมุม A และ มุม C โดยกำหนดให้มุม C เป็นมุมแหลม

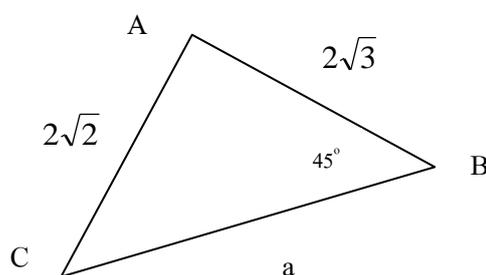
#### 1. ขั้นระบุและนิยามปัญหา

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ  $\triangle ABC$  มีมุม  $B = 45^\circ$ ,  $b = 2\sqrt{2}$ ,  $c = 2\sqrt{3}$  และ มุม C เป็นมุมแหลม

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม คือ ขนาดของมุม A และ มุม C

#### 2. ขั้นสร้างตัวแทนปัญหา

จากโจทย์นักเรียนสามารถวาดรูปหรือแผนภาพประกอบได้อย่างไร



#### 3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา

3.1 นักเรียนจะแก้ปัญหาคำด้วยวิธีใด กฎของไซน์และมุมภายในของรูปสามเหลี่ยม

3.2 นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหอย่างไร

ใช้กฎของไซน์ เพื่อหาขนาดของมุม C แล้วหามุม A โดยใช้มุมภายในรูปสามเหลี่ยม

#### 4. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา

$$\text{จากสูตร } \frac{\sin C}{c} = \frac{\sin B}{b}$$

$$\text{แทนค่า } \frac{\sin C}{2\sqrt{3}} = \frac{\sin 45}{2\sqrt{2}}$$

$$\begin{aligned}\sin C &= \frac{\sqrt{2}}{2\sqrt{2}}(2\sqrt{3}) \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} \\ C &= 60^\circ\end{aligned}$$

จะได้ว่าขนาดของมุม  $C = 60$  องศา

ขนาดของมุม  $A = 180-60-45 = 75$  องศา

### 5. ขั้นประเมินผลการแก้ปัญหา

- 5.1 คำตอบที่ได้ตรงกับสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่  ตรง  ไม่ตรง
- 5.2 คำตอบที่ได้ครบถ้วนหรือไม่  ครบถ้วน  ไม่ครบถ้วน
- 5.3 คำตอบที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่  สมเหตุสมผล  ไม่สมเหตุสมผล

### 6. ชิ้นงาน/ภาระงาน

6.1 แบบฝึกกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่อง การนำกฎของไซน์ไปใช้ในการหาส่วนประกอบของรูปสามเหลี่ยม

6.2 แบบฝึกทักษะเพิ่มเติม 2

### 7. กระบวนการจัดการเรียนรู้

#### ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

- ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยการบ้านจากแบบฝึกทักษะเพิ่มเติมที่ 1
- ครูซักถามนักเรียนถึงปัญหาที่พบในการแก้ปัญหา ว่ามีปัญหาคอนใดบ้าง โดยครูเป็นผู้ชี้แนะและอธิบายเพิ่มเติมให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

#### ขั้นสอน

- ครูนำเสนอความรู้เกี่ยวกับการหาส่วนประกอบของรูปสามเหลี่ยม ดังนี้
 

การนำกฎของไซน์ ไปใช้ในการหาส่วนประกอบของรูปสามเหลี่ยม

  - เมื่อกำหนดมุมมาให้ 2 มุมและด้านตรงข้ามมุมใดมุมหนึ่งมาให้
  - กำหนดความยาวด้าน 2 ด้านและมุมที่อยู่ตรงข้ามด้านดังกล่าว 1 มุม
  - กำหนดความยาวด้าน 3 ด้านใช้กฎของไซน์หาพื้นที่ และมุมทั้งสาม

2. ครูซักถามปัญหาข้อสงสัยของนักเรียนจากการอธิบายข้างต้นพร้อมทั้งยกตัวอย่าง โดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหา ดังนี้

**ตัวอย่างที่ 1** กำหนด  $a$ ,  $b$  และ  $c$  เป็นความยาวของด้านตรงข้ามมุม  $A$ ,  $B$  และ  $C$  ถ้า  $A = 45$  องศา,  $B = 105$  องศา และ  $a = \sqrt{2}$  หน่วย จงหาความยาวด้าน  $b$

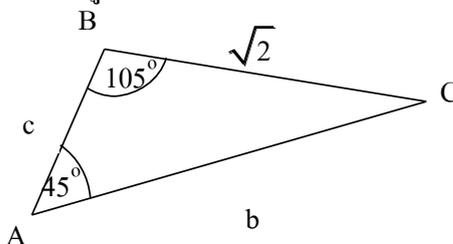
### 1. ขั้นระบุและนิยามปัญหา

1.1 สิ่ง โจทย์กำหนดให้ คือ  $a$ ,  $b$  และ  $c$  เป็นความยาวของด้านตรงข้ามมุม  $A$ ,  $B$  และ  $C$   $A = 45$  องศา,  $B = 105$  องศา และ  $a = \sqrt{2}$  หน่วย

1.2 สิ่ง โจทย์ต้องการถาม คือ ความยาวด้าน  $b$

### 2. ขั้นสร้างตัวแทนปัญหา

จากโจทย์นักเรียนสามารถวาดรูปหรือแผนภาพประกอบได้อย่างไร



### 3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา

3.1 นักเรียนจะแก้ปัญหาคำด้วยวิธีใด ใช้กฎของไซน์

3.2 นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหายังไง

ใช้กฎของไซน์  $\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin C}{c}$  โดยพิจารณาจากรูปว่าจะใช้มุมใด ด้านใด

หลังจากนั้นแทนค่าลงในสมการ และแก้สมการเพื่อหาค่า  $b$

### 4. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา

จาก  $\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin C}{c}$  จะได้

$$\begin{aligned} \frac{\sin 45^\circ}{\sqrt{2}} &= \frac{\sin 105^\circ}{b} \\ b &= \frac{\sqrt{2} \sin (180^\circ - 75^\circ)}{\frac{\sqrt{2}}{2}} \\ &= 2 \sin 75^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \sin(30^\circ + 45^\circ) \\
 &= 2[\sin 30^\circ \cos 45^\circ + \cos 30^\circ \sin 45^\circ] \\
 &= 2\left[\frac{1}{2}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right) + \frac{\sqrt{3}}{2}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)\right] \\
 &= \frac{\sqrt{2} + \sqrt{6}}{2}
 \end{aligned}$$

### 5. ขั้นประเมินผลการแก้ปัญหา

- 5.1 คำตอบที่ได้ตรงกับสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่  ตรง  ไม่ตรง
- 5.2 คำตอบที่ได้ครบถ้วนหรือไม่  ครบถ้วน  ไม่ครบถ้วน
- 5.3 คำตอบที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่  สมเหตุสมผล  ไม่สมเหตุสมผล

**ตัวอย่างที่ 2** กำหนด  $\triangle ABC$  มีมุม  $B = 45^\circ$ ,  $b = 2\sqrt{2}$  และ  $c = 2\sqrt{3}$  จงหาขนาดของมุม A และ มุม C โดยกำหนดให้มุม C เป็นมุมแหลม

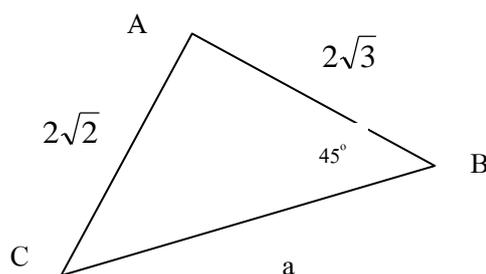
#### 1. ขั้นระบุและนิยามปัญหา

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ  $\triangle ABC$  มีมุม  $B = 45^\circ$ ,  $b = 2\sqrt{2}$ ,  $c = 2\sqrt{3}$  และ มุม C เป็นมุมแหลม

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม คือ ขนาดของมุม A และ มุม C

#### 2. ขั้นสร้างตัวแทนปัญหา

จากโจทย์นักเรียนสามารถวาดรูปหรือแผนภาพประกอบได้อย่างไร



#### 3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา

3.1 นักเรียนจะแก้ปัญหาวัยวิธีใด กฎของไซน์และมุมภายในของรูปสามเหลี่ยม

3.2 นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหายังไร

ใช้กฎของไซน์ เพื่อหาขนาดของมุม C แล้วหามุม A โดยใช้มุมภายในรูปสามเหลี่ยม

#### 4. ขั้นตอนการแก้ปัญหา

$$\text{จากสูตร } \frac{\sin C}{c} = \frac{\sin B}{b}$$

$$\text{แทนค่า } \frac{\sin C}{2\sqrt{3}} = \frac{\sin 45}{2\sqrt{2}}$$

$$\sin C = \frac{\sqrt{2}}{2\sqrt{2}}(2\sqrt{3})$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$C = 60^\circ$$

จะได้ว่าขนาดของมุม  $C = 60$  องศา

ขนาดของมุม  $A = 180 - 60 - 45 = 75$  องศา

#### 5. ขั้นตอนประเมินผลการแก้ปัญหา

5. 1 คำตอบที่ได้ตรงกับสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่  ตรง  ไม่ตรง
5. 2 คำตอบที่ได้ครบถ้วนหรือไม่  ครบถ้วน  ไม่ครบถ้วน
5. 3 คำตอบที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่  สมเหตุสมผล  ไม่สมเหตุสมผล

#### ขั้นสรุปผล

1. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปอภิปรายเกี่ยวกับการแก้ปัญหาและการหาคำตอบ
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันว่ามีปัญหาอุปสรรคในขณะแก้ปัญหาอะไรบ้าง และร่วมกันเสนอแนวทางในการแก้ไข โดยครูเป็นผู้กระตุ้นและช่วยสรุปให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

#### ขั้นฝึกทักษะกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน

1. แบ่งนักเรียนเป็นคู่ ครูแจกแบบฝึกกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การนำกฎของไซน์ ไปใช้ในการหาส่วนประกอบของรูปสามเหลี่ยมให้แต่ละคู่
2. ให้แต่ละกลุ่มลงมือปฏิบัติในการแก้ปัญหา โดยครูคอยให้คำปรึกษา และใช้คำถามกระตุ้นความคิดของผู้เรียน และสุ่มนักเรียน 2 คู่ ออกมาเฉลย เพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจตรงกัน โดยครูและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบความถูกต้อง
3. ครูร่วมกันสรุปอีกครั้ง และมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกทักษะเพิ่มเติมที่ 2 เป็นการบ้าน

## 8. สื่อและแหล่งเรียนรู้

- 8.1 ห้องปฏิบัติการคณิตศาสตร์
- 8.2 หนังสือเรียนและหนังสือคู่มือคณิตศาสตร์
- 8.3 แบบฝึกกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่อง การนำกฎของไซน์ไปใช้ในการหาส่วนประกอบของรูปสามเหลี่ยม
- 8.4 แบบฝึกทักษะเพิ่มเติมที่ 2

## 9. การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด/ประเมิน	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์ประเมิน
ด้านความรู้	- ทำแบบฝึกกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่องการนำกฎของไซน์ ไปใช้ในการหาส่วนประกอบของรูปสามเหลี่ยม - ทำแบบฝึกทักษะเพิ่มเติมที่ 2	-แบบฝึกกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่องการนำกฎของไซน์ ไปใช้ในการหาส่วนประกอบของรูปสามเหลี่ยม -แบบฝึกทักษะเพิ่มเติมที่ 2	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
ด้านทักษะ/กระบวนการ	- ทำแบบฝึกกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่องการนำกฎของไซน์ ไปใช้ในการหาส่วนประกอบของรูปสามเหลี่ยม - ทำแบบฝึกทักษะเพิ่มเติมที่ 1	-แบบฝึกกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่องการนำกฎของไซน์ ไปใช้ในการหาส่วนประกอบของรูปสามเหลี่ยม -แบบฝึกทักษะเพิ่มเติมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
ด้านคุณลักษณะ	สังเกต	แบบสังเกตพฤติกรรม รายบุคคล แบบสังเกตพฤติกรรม	ผ่านเกณฑ์ในระดับดี

เกณฑ์การประเมินผลจากการปฏิบัติกิจกรรมด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการ และด้าน  
คุณลักษณะ ใช้เกณฑ์ดังนี้

80 % ขึ้นไป	หมายถึง ดีมาก
70 – 79 %	หมายถึง ดี
60 – 69 %	หมายถึง ปานกลาง
50 – 59 %	หมายถึง ผ่าน
ต่ำกว่า 50 %	หมายถึง ปรับปรุง

## 10. บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

### 10.1 ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

### 10.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

### 10.3 แนวทางแก้ไขและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวเสาวลักษณ์ บุญจันทร์)

ผู้สอน

**แบบฝึกกระบวนการคิดเชิงเมตาคognition ในการแก้โจทย์ปัญหา**  
**เรื่อง การนำกฎของไซน์ ไปใช้ในการหาส่วนประกอบของรูปสามเหลี่ยม**

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาต่อไปนี้ พร้อมกับแสดงวิธีคิดอย่างละเอียดในแต่ละขั้นตอน

**ปัญหาที่ 1** กำหนดให้ ABC เป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว ซึ่งมี BC เป็นด้านฐาน และยาว  $6\sqrt{3}$  นิ้ว  
 ถ้ามุม A เท่ากับ  $60^\circ$  องศา จงหา  $AB + AC$

**1. ขั้นระบุและนิยามปัญหา**

1.1 สิ่ง โจทย์กำหนดให้ คือ.....

1.2 สิ่ง โจทย์ต้องการถาม คือ.....

**2. ขั้นสร้างตัวแทนปัญหา**

จาก โจทย์นักเรียนสามารถวาดรูปหรือแผนภาพประกอบได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

**3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา**

3.1 นักเรียนจะแก้ปัญหาวัยวิธีใด.....

3.2 นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหายังไร.....

.....

.....

**4. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### 5. ชั้นประเมินผลการแก้ปัญหา

- 5.1 คำตอบที่ได้ตรงกับสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่  ตรง  ไม่ตรง
- 5.2 คำตอบที่ได้ครบถ้วนหรือไม่  ครบถ้วน  ไม่ครบถ้วน
- 5.3 คำตอบที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่  สมเหตุสมผล  ไม่สมเหตุสมผล

**ปัญหาที่ 2** กำหนดรูปสามเหลี่ยม ABC มีมุม  $C = 60^\circ$ ,  $b = 2\sqrt{3}$  และ  $c = 3\sqrt{2}$   
จงหามุม A และมุม B

#### 1. ชั้นระบุและนิยามปัญหา

- 1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ.....
- 1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม คือ.....

#### 2. ชั้นสร้างตัวแทนปัญหา

จากโจทย์นักเรียนสามารถวาดรูปหรือแผนภาพประกอบได้อย่างไร

#### 3. ชั้นวางแผนแก้ปัญหา

- 3.1 นักเรียนจะแก้ปัญหาวัยวิธีใด.....
- 3.2 นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหายังไร.....

#### 4. ชั้นดำเนินการแก้ปัญหา

**5. ชั้นประเมินผลการแก้ปัญหา**

5. 1 คำตอบที่ได้ตรงกับสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่  ตรง  ไม่ตรง
5. 2 คำตอบที่ได้ครบถ้วนหรือไม่  ครบถ้วน  ไม่ครบถ้วน
5. 3 คำตอบที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่  สมเหตุสมผล  ไม่สมเหตุสมผล



## แบบฝึกทักษะเพิ่มเติมที่ 2

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาต่อไปนี้ พร้อมกับแสดงวิธีคิดอย่างละเอียดในแต่ละขั้นตอน

**ปัญหาที่ 1** กำหนดให้รูปสามเหลี่ยม ABC มีด้านตรงข้ามมุม A ยาว  $a$  หน่วย ด้านตรงข้ามมุม B ยาว  $b$  หน่วย และด้านตรงข้ามมุม C ยาว  $c$  หน่วย กำหนด  $a = 3\sqrt{2}$  ,  $b = 2\sqrt{3}$  ,  $B = 135^\circ$  จงหาขนาดของมุม A และมุม C

**ปัญหาที่ 2** กำหนด  $a$ ,  $b$  และ  $c$  เป็นความยาวของด้านตรงข้ามมุม A, B และ C ของรูปสามเหลี่ยม ABC ถ้า  $A = 45$  องศา,  $B = 30$  องศา และ  $b = \sqrt{2}$  หน่วย จงหา  $a$

**ปัญหาที่ 3** กำหนดให้ ABC เป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว ซึ่งมี AB เป็นด้านฐาน และยาว  $2\sqrt{3}$  นิ้ว ถ้ามุม C เท่ากับ  $60$  องศา จงหา  $AC + BC$

**ปัญหาที่ 4** กำหนดให้รูปสามเหลี่ยม ABC มีด้านตรงข้ามมุม A ยาว  $a$  หน่วย ด้านตรงข้ามมุม B ยาว  $b$  หน่วย และด้านตรงข้ามมุม C ยาว  $c$  หน่วย กำหนด ให้มุม B เท่ากับ  $65$  องศา และมุม A เท่ากับ  $30$  องศา และ  $c$  ยาว  $32$  หน่วย จงหาขนาดของ  $a$

**ปัญหาที่ 5** กำหนดให้รูปสามเหลี่ยม ABC มีด้านตรงข้ามมุม A ยาว  $a$  หน่วย ด้านตรงข้ามมุม B ยาว  $b$  หน่วย และด้านตรงข้ามมุม C ยาว  $c$  หน่วย กำหนด มุม  $A=105^\circ$  ,  $C=60^\circ$  และ  $b=4$  จงหา  $a+c$



แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน (Pretest)

เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อ 1 กำหนดให้  $a, b, c$  เป็นความยาวของด้านที่อยู่ตรงข้ามกับมุม  $A, B, C$  ของรูปสามเหลี่ยม  $ABC$   
ถ้า มุม  $A=60^\circ$ ,  $b=6$  และ  $c=10$  จงหาพื้นที่รูปสามเหลี่ยม  $ABC$

1) สิ่งที่ต้องพิจารณา

.....

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

2) แสดงวิธีหาคำตอบ

วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3) คำตอบ .....

ข้อ 2 กำหนดให้ ABC เป็นรูปสามเหลี่ยมใดๆ ซึ่งมีด้าน  $AC=BC=5$  หน่วย และ  $AB=5\sqrt{3}$  หน่วย  
จงหาขนาดของมุม  $\hat{BAC}$

1) สิ่งที่ต้องพิจารณา

.....

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

2) แสดงวิธีหาคำตอบ

วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3) คำตอบ .....

ข้อ 3 กำหนดให้  $a, b, c$  เป็นความยาวของด้านที่อยู่ตรงข้ามกับมุม  $A, B, C$  ของรูปสามเหลี่ยม  $ABC$   
 ถ้า  $a=7, b=5$  และ  $c=8$  จงหาขนาดของมุม  $A$

1) สิ่งที่ต้องพิจารณา

.....

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

2) แสดงวิธีหาคำตอบ

วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3) คำตอบ .....

ข้อ 4 กำหนดให้  $a, b, c$  เป็นความยาวของด้านที่อยู่ตรงข้ามกับมุม  $A, B, C$  ของรูปสามเหลี่ยม  $ABC$   
 ถ้า  $a=70, b=50$  และ  $c=30$  จงหามุมที่ใหญ่ที่สุด

1) สิ่งที่ต้องพิจารณา

.....

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

2) แสดงวิธีหาคำตอบ

วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3) คำตอบ .....

ข้อ 5 ณ จุด ๆ หนึ่ง บนพื้นซึ่งอยู่ห่างจากตึก 200 เมตร มองเห็น โคนเสาธงซึ่งตั้งอยู่บนยอดตึกเป็น มุมเงย 45 องศา และมองเห็นยอดเสาธงเป็นมุมเงย 60 องศา จงหาความสูงของเสาธง

1) สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม

.....

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

2) แสดงวิธีหาคำตอบ

วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3) คำตอบ .....

ข้อ 6 ขณะที่ดวงอาทิตย์ทำมุม 30 องศา กับพื้นราบ ความยาวของเงาของตึกหลังหนึ่งวัดได้  $15\sqrt{3}$  เมตร จงหาว่าตึกหลังนี้สูงกี่เมตร

1) สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม

.....

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

2) แสดงวิธีหาคำตอบ

วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3) คำตอบ .....

แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน (Posttest)

เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อ 1 กำหนดให้  $a, b, c$  เป็นความยาวของด้านที่อยู่ตรงข้ามกับมุม  $A, B, C$  ของรูปสามเหลี่ยม  $ABC$   
ถ้า มุม  $A = 30^\circ$ ,  $b = 3$  และ  $c = 5$  จงหาพื้นที่รูปสามเหลี่ยม  $ABC$

1) สิ่งที่ต้องพิจารณา

.....

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

2) แสดงวิธีหาคำตอบ

วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3) คำตอบ .....

ข้อ 2 กำหนดให้  $ABC$  เป็นรูปสามเหลี่ยมใดๆ ซึ่งมีด้าน  $AB=AC=10$  หน่วย และ  $BC=10\sqrt{3}$  หน่วย  
จงหาขนาดของมุม  $\hat{A}$

1) สิ่งที่ต้องพิจารณา

.....

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

2) แสดงวิธีหาคำตอบ

วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3) คำตอบ .....

ข้อ 3 กำหนดให้  $a, b, c$  เป็นความยาวของด้านที่อยู่ตรงข้ามกับมุม  $A, B, C$  ของรูปสามเหลี่ยม  $ABC$   
 ถ้า  $a=15, b=7$  และ  $c=13$  จงหาขนาดของมุม  $C$

1) สิ่งที่ต้องพิจารณา

.....

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

2) แสดงวิธีหาคำตอบ

วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3) คำตอบ .....

ข้อ 4 กำหนดให้  $a, b, c$  เป็นความยาวของด้านที่อยู่ตรงข้ามกับมุม  $A, B, C$  ของรูปสามเหลี่ยม  $ABC$   
 ถ้า  $a=3, b=5$  และ  $c=7$  จงหามุมที่ใหญ่ที่สุด

1) สิ่งที่ต้องพิจารณา

.....

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

2) แสดงวิธีหาคำตอบ

วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3) คำตอบ .....

ข้อ 5 ณ จุด B บนพื้นซึ่งอยู่ห่างจากตึก 100 ฟุต มองเห็น โคนเสาธงซึ่งตั้งอยู่บนยอดตึกเป็น มุมเงย 45 องศา และมองเห็นยอดเสาธงเป็นมุมเงย 60 องศา จงหาความสูงของเสาธง

1) สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม

.....

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

2) แสดงวิธีหาคำตอบ

วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3) คำตอบ .....

ข้อ 6 ขณะที่ดวงอาทิตย์ทำมุม 60 องศา กับพื้นราบ ความยาวของเงาของอาคารหลังหนึ่งวัดได้  $20\sqrt{3}$  เมตร จงหาว่าอาคารหลังนี้สูงกี่เมตร

1) สิ่งที่ต้องพิจารณา

.....

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

2) แสดงวิธีหาคำตอบ

วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3) คำตอบ .....

## แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

### คำชี้แจง

1. แบบวัดเจตคติฉบับนี้เป็นแบบวัดความรู้สึก ความคิดเห็นต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยการทำแบบวัดนี้ไม่มีคำตอบที่ถูกหรือผิด จึงไม่มีผลกระทบบใด ๆ ต่อนักเรียนทั้งสิ้น

2. แบบวัดเจตคติฉบับนี้เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง โดยในแต่ละข้อให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่เป็นความรู้สึกที่แท้จริงของนักเรียน

ข้อที่	ข้อความ	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1	ข้าพเจ้ารู้สึกสนุกกับการเรียนวิชาคณิตศาสตร์					
2	ข้าพเจ้ารู้สึกไม่ชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์					
3	ข้าพเจ้ารู้สึกว่า การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ผ่านไปช้ามาก					
4	ข้าพเจ้าชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์					
5	วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่น่ากลัว					
6	อยากให้มีความรู้คณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น					
7	ข้าพเจ้ารู้สึกวิตกกังวลทุกครั้งที่ต้องเรียนวิชาคณิตศาสตร์					
8	วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ไม่ยาก					
9	ข้าพเจ้าเลิกทำโจทย์ทันทีเมื่อเจอ โจทย์ยาก					
10	ทุกครั้งที่ได้เจอ โจทย์ยาก ข้าพเจ้าจะมุ่งมั่นในการหาคำตอบ					
11	คณิตศาสตร์ช่วยฝึกให้ทำงานเป็นระบบ					
12	การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไม่ใช่สิ่งที่จำเป็น					
13	โจทย์คณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าเบื่อหน่าย					
14	ข้าพเจ้ารู้สึกสนุกกับการทำการบ้านวิชาคณิตศาสตร์					
15	เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ซับซ้อนจนทำให้ไม่อยากเรียน					
16	ถ้าเลือกได้ข้าพเจ้าจะไม่เรียนวิชาคณิตศาสตร์					

ข้อที่	ข้อความ	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
17	ข้าพเจ้ารู้สึกภาคภูมิใจเมื่อทำข้อสอบคณิตศาสตร์ได้					
18	ข้าพเจ้าชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากที่สุด					
19	การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ทำให้รู้สึกท้อแท้ ไม่อยากเรียน					
20	ข้าพเจ้าชอบอ่านหนังสือที่เกี่ยวข้องกับวิชาคณิตศาสตร์					

**ภาคผนวก ก**  
**การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ**

1. ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอน โดยเน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาออกนิชัน
2. ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน (Pretset) เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
3. ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน (Posttest) เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
4. ค่าความยาก ( $p$ ) ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน (Pretset) เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
5. ค่าความยาก ( $p$ ) ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน (Posttest) เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
6. ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
7. ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแจกแจงค่าที่ ( $t$ -test) และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ
8. ผลการวิเคราะห์ SPSS ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่เหมือนกันสองฉบับ (Equivalence from Reliability)

ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอนโดยเน้นกระบวนการ  
คิดเชิงเมตาคอกนิชัน

ที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	ความคิดเห็น
		1	2	3		
1	ชื่อหน่วยฯที่รัดรัด ชัดเจน ครอบคลุม เนื้อหาสาระ น่าสนใจ	4	5	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
2	มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดมีความ เชื่อมโยงกันอย่างเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
3	ความสอดคล้องของสาระสำคัญ กับ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
4	ความครอบคลุมของสาระสำคัญกับ ตัวชี้วัดทั้งหมดของหน่วยฯ	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
5	ความเหมาะสมของจำนวนชั่วโมง	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
6	ความครบถ้วนของสาระการเรียนรู้กับ ตัวชี้วัด	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
7	ความครบถ้วนของทักษะ/ กระบวนการ กับตัวชี้วัด	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
8	ความครบถ้วนของคุณลักษณะกับ ตัวชี้วัด	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
9	ความเหมาะสมของผลงาน/ ชิ้นงาน/ ภาระงานเพื่อการประเมินผลการเรียนรู้ รวบยอดของหน่วยฯ	5	5	4	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
10	กิจกรรมการเรียนรู้ สามารถทำให้ ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะครบตามตัวชี้วัดของ หน่วยฯและเน้นสมรรถนะสำคัญที่ หลักสูตรแกนกลางฯกำหนด	5	5	4	4.67	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	ความคิดเห็น
		1	2	3		
11	ความเหมาะสมของสื่อ อุปกรณ์ และ แหล่งการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
12	ความเหมาะสมของวิธีการวัด และ ประเมินผลการเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
13	ความเหมาะสมของเครื่องมือวัดและ ประเมินผลการเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
14	ความเหมาะสมของเกณฑ์การวัด และ ประเมินผลการเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
15	หน่วยการเรียนรู้สามารถนำไปจัดการ เรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้จริง	4	5	4	4.33	เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย					4.82	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทาง  
คณิตศาสตร์ก่อนเรียน (Pretset) เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์  
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1	1	1	3	1	ใช้ได้
2	1	1	1	3	1	ใช้ได้
3	1	1	1	3	1	ใช้ได้
4	1	1	1	3	1	ใช้ได้
5	1	1	1	3	1	ใช้ได้
6	1	1	1	3	1	ใช้ได้
7	1	1	1	3	1	ใช้ได้
8	1	1	1	3	1	ใช้ได้
9	1	1	1	3	1	ใช้ได้
10	1	1	1	3	1	ใช้ได้
11	1	1	1	3	1	ใช้ได้
12	1	1	1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 13 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทาง  
คณิตศาสตร์หลังเรียน (Posttest) เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์  
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1	1	1	3	1	ใช้ได้
2	1	1	1	3	1	ใช้ได้
3	1	1	1	3	1	ใช้ได้
4	1	1	1	3	1	ใช้ได้
5	1	1	1	3	1	ใช้ได้
6	1	1	1	3	1	ใช้ได้
7	1	1	1	3	1	ใช้ได้
8	1	1	1	3	1	ใช้ได้
9	1	1	1	3	1	ใช้ได้
10	1	1	1	3	1	ใช้ได้
11	1	1	1	3	1	ใช้ได้
12	1	1	1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 14 ค่าความยาก ( $p$ ) ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน (Pretset) เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	$p$	$r$	ผลการพิจารณา	
			$p$	$r$
1	0.47	0.56	ยากพอเหมาะ (ดีมาก)	อำนาจจำแนกดี
2	0.31	0.42	ค่อนข้างยาก (ดี)	อำนาจจำแนกดี
3	0.51	0.69	ยากพอเหมาะ (ดีมาก)	อำนาจจำแนกดีมาก
4	0.43	0.60	ยากพอเหมาะ (ดีมาก)	อำนาจจำแนกดีมาก
5	0.44	0.55	ยากพอเหมาะ (ดีมาก)	อำนาจจำแนกดี
6	0.49	0.77	ยากพอเหมาะ (ดีมาก)	อำนาจจำแนกดีมาก

ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับแบบทดสอบก่อนเรียน (pretest) มีค่าเท่ากับ 0.82

ตารางที่ 15 ค่าความยาก ( $p$ ) ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ  
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน (Posttest) เรื่อง กฎของไชน์  
และ โคไซน์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	$p$	$r$	ผลการพิจารณา	
			$p$	$r$
1	0.56	0.50	ยากพอเหมาะ (ดีมาก)	อำนาจจำแนกดี
2	0.32	0.48	ค่อนข้างยาก (ดี)	อำนาจจำแนกดี
3	0.49	0.73	ยากพอเหมาะ (ดีมาก)	อำนาจจำแนกดีมาก
4	0.40	0.54	ยากพอเหมาะ (ดีมาก)	อำนาจจำแนกดี
5	0.42	0.63	ยากพอเหมาะ (ดีมาก)	อำนาจจำแนกดีมาก
6	0.41	0.77	ยากพอเหมาะ (ดีมาก)	อำนาจจำแนกดีมาก

ค่าความเชื่อมั่นทั้งแบบทดสอบหลังเรียนเรียน (posttest) มีค่าเท่ากับ 0.83

ตารางที่ 16 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1	1	1	3	1	ใช้ได้
2	1	1	1	3	1	ใช้ได้
3	1	1	1	3	1	ใช้ได้
4	1	1	1	3	1	ใช้ได้
5	1	1	1	3	1	ใช้ได้
6	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
7	1	1	1	3	1	ใช้ได้
8	1	1	1	3	1	ใช้ได้
9	1	1	1	3	1	ใช้ได้
10	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
11	1	1	1	3	1	ใช้ได้
12	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
13	1	1	1	3	1	ใช้ได้
14	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
15	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
16	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
17	1	1	1	3	1	ใช้ได้
18	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
19	1	1	1	3	1	ใช้ได้
20	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
21	1	1	1	3	1	ใช้ได้
22	1	1	1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
23	1	1	1	3	1	ใช้ได้
24	1	1	1	3	1	ใช้ได้
25	1	1	1	3	1	ใช้ได้
26	1	1	1	3	1	ใช้ได้
27	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
28	1	1	1	3	1	ใช้ได้
29	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
30	1	1	1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 17 ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแจกแจงค่าที่ (t-test) และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ

ข้อที่	<i>t</i>	<i>p</i>	ข้อที่	<i>t</i>	<i>p</i>
1	5.87	.00	11	3.43	.00
2	4.56	.00	12	3.39	.01
3	5.22	.00	13	3.72	.00
4	4.02	.00	14	4.13	.00
5	8.59	.00	15	3.49	.00
6	4.33	.00	16	4.07	.00
7	3.54	.00	17	4.11	.00
8	3.54	.00	18	3.73	.00
9	3.68	.00	19	4.64	.00
10	3.80	.00	20	5.57	.00

ได้ค่าความเชื่อมั่น ( $\alpha$ ) ทั้งฉบับเท่ากับ .94

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ SPSS ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่เหมือนกันสองฉบับ  
(Equivalence from Reliability)

Correlations			
		sumpre	sumpost
sumpre	Pearson Correlation	1	.994**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	31	31
sumpost	Pearson Correlation	.994**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	31	31

จากตารางที่ 18 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่เหมือนกันสองฉบับมีค่าเท่ากับ 0.99  
หมายถึง แบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูง

### ภาคผนวก ง

1. คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน
2. คะแนนแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน

ตารางที่ 19 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน (คะแนนเต็ม 54 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	E.I. รายบุคคล
1	13	34.5	0.52
2	14	28.5	0.36
3	8	36	0.61
4	14	37	0.58
5	18	36	0.50
6	12	38	0.62
7	18	49	0.86
8	18	33	0.42
9	13	36	0.56
10	18	40.5	0.63
11	16	32.5	0.43
12	18	38	0.56
13	14	49	0.88
14	18	51.5	0.93
15	16	37	0.55
16	18	51.5	0.93
17	18	39	0.58
18	6	31.5	0.53
19	15	44	0.74
20	12	54	1.00
21	14	30	0.40
22	14	49	0.88
23	6	32.5	0.55
24	18	41	0.64
25	18	44	0.72

ตารางที่ 19 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	E.I. รายบุคคล
26	8	40.5	0.71
27	18	41.5	0.65
28	18	51.5	0.93
29	16	51.5	0.93
30	18	49	0.86
31	13	36.5	0.57
รวม	458	1263.5	
คะแนนเฉลี่ย	14.77	40.76	

การศึกษาค่าดัชนีประสิทธิผลของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน

แทนในสูตร

$$E.I. \text{ กลุ่ม} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนสอบหลังเรียน} - \text{ผลรวมของคะแนนสอบก่อนเรียน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนสอบก่อนเรียน}}$$

$$\begin{aligned} \text{จากตารางที่ 19 จะได้ } E.I. &= \frac{1263.5 - 458}{(31 \times 54) - 458} \\ &= \frac{805.5}{1674 - 458} \\ &= \frac{805.5}{1216} \\ &= 0.6624 \end{aligned}$$

ตารางที่ 20 คะแนนแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิกซ์

คนที่/ข้อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	5	5	4	4	5	4	5	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5	5	5	4
2	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3
3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3	4	3	4	3	2	4	3	4	3
4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	5	4	4	3	3	3	4	3	4	3
5	3	3	3	3	2	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	5	3	4	3
6	4	4	4	4	3	3	2	3	3	4	4	5	4	3	4	2	5	4	5	3
7	3	4	4	4	3	3	4	4	4	3	4	5	3	3	3	4	5	2	2	3
8	5	4	4	5	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	3
9	4	3	3	4	2	2	2	3	2	2	4	5	4	3	2	3	5	3	3	3
10	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	5	5	4	3	3	4	5	3	3	2
11	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	4	5	4	3	3	4	4	4	4	3
12	4	5	5	4	5	4	5	3	4	2	4	4	4	4	4	5	3	2	5	3

ตารางที่ 20 (ต่อ)

คนที่/ชื่อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
13	4	3	3	3	4	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3
14	4	2	2	3	3	2	2	2	3	3	3	3	2	3	3	2	2	3	2	3
15	3	3	4	3	3	3	2	3	4	3	2	5	4	3	3	4	4	2	4	3
16	5	5	4	5	4	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	5	4	4	4
17	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	2	2	3	4	3	3	3	3
18	3	4	2	3	2	4	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	4	3	4	3
19	3	4	3	3	5	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4	4	3	2
20	3	3	3	5	4	4	3	3	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3
21	2	3	5	3	4	3	2	2	3	3	3	3	2	3	2	3	4	3	2	2
22	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	5	3	3	4
23	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4
24	4	4	2	3	4	3	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4	3
25	4	4	3	3	4	3	4	3	3	3	4	4	4	4	4	3	4	3	4	3

ตารางที่ 20 (ต่อ)

คนที่/ชื่อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
26	4	4	3	4	4	3	4	3	3	3	5	4	4	3	4	4	4	3	4	3
27	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4
28	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4
29	3	5	3	3	4	3	5	5	4	3	5	5	4	4	4	3	5	3	3	3
30	5	5	4	5	4	3	4	4	3	4	5	4	4	5	5	4	5	4	5	3
31	5	4	4	5	4	3	5	3	5	4	4	5	4	4	5	5	5	4	4	4

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ SPSS ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเจตคติต่อการ  
เรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่  
สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาออกนินชัน

Descriptive Statistics			
	N	Mean	Std. Deviation
Item_1	31	3.87	.846
Item_2	31	3.81	.833
Item_3	31	3.55	.850
Item_4	31	3.71	.824
Item_5	31	3.71	.864
Item_6	31	3.26	.631
Item_7	31	3.65	.950
Item_8	31	3.32	.702
Item_9	31	3.35	.661
Item_10	31	3.29	.643
Item_11	31	3.90	.790
Item_12	31	4.16	.735
Item_13	31	3.58	.765
Item_14	31	3.52	.724
Item_15	31	3.52	.769
Item_16	31	3.65	.877
Item_17	31	4.26	.815
Item_18	31	3.32	.791
Item_19	31	3.71	.902
Item_20	31	3.13	.562
total	31	3.6129	.51137
Valid N (listwise)	31		