



ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค
เพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหา
ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

เอกพงษ์ เหมะธูลิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต

สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค
เพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหา
ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



เอกพงษ์ เหมะรุลีน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต

สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

THE EFFECTS OF LEARNING MANAGEMENT USING THE OPEN APPROACH AND
LEARNING MANAGEMENT THINK-PAIR-SHARE TECHNIQUE ON LEARNING
ACHIEVEMENT AND MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING ABILITY OF
MATHAYOMSUKSA II STUDENTS



AEKAPONG HEMATHULIN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF EDUCATION
IN CURRICULUM AND INSTRUCTION
FACULTY OF EDUCATION
BURAPHA UNIVERSITY

2025

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ เอกพงษ์ เหมะรุลีน ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....
(ดร.คมสัน ตรีไพบูลย์)

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.มารุต พัฒนาผล)

..... กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.คมสัน ตรีไพบูลย์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน)

..... กรรมการ

(ดร.คงรัฐ นวลเป่ง)

..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สญาญ ชีระวนิชตระกูล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
การศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัย
บูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ่มเอียด)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

63920430: สาขาวิชา: หลักสูตรและการสอน; กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน)

คำสำคัญ: วิธีการแบบเปิด /เทคนิคเพื่อนคู่คิด/ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ /
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เอกพจน์ เหมะรุกลิน : ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 .
(THE EFFECTS OF LEARNING MANAGEMENT USING THE OPEN APPROACH AND LEARNING MANAGEMENT THINK-PAIR-SHARE TECHNIQUE ON LEARNING ACHIEVEMENT AND MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING ABILITY OF MATHAYOMSUKSA II STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: คมสัน ตรีไพบูลย์, กศ.ด., ปริญญา ทองสอน, ศษ.ด. ปี พ.ศ. 2568.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) และหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น จำนวน 28 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) จำนวน 8 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.93 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.64 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค

เพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



63920430: MAJOR: CURRICULUM AND INSTRUCTION; M.Ed. (CURRICULUM AND INSTRUCTION)

KEYWORDS: OPEN APPROACH/THINK - PAIR - SHARE
TECHNIQUE/MATHEMATICS LEARNING ACHIEVEMENT/
MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING ABILITY

AEKAPONG HEMATHULIN : THE EFFECTS OF LEARNING MANAGEMENT USING THE OPEN APPROACH AND LEARNING MANAGEMENT THINK-PAIR-SHARE TECHNIQUE ON LEARNING ACHIEVEMENT AND MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING ABILITY OF MATHAYOMSUKSA II STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: KOMSAN TREEPIBOON, Ed.D. PARINYA THONGSORN, Ed.D. 2025.

The purposes of this research were to compare the students mathematics learning achievement and mathematical problem solving ability after obtaining learning management with Open Approach with Think-Pair-Share techniques with before obtaining learning management of Mathayomsuksa II, and with criterion at 70 percent. The subjects of this study were 28 students in Mathayomsuksa 2/1 in the second semester of 2023 academic school year at Phuwiengwittayakhom School, Khon Kaen Province, They were selected by using cluster random sampling. The instruments were; 8 lesson plans, mathematics achievement test with reliability of 0.93, and mathematical problem solving ability test with reliability of 0.64. The data were analyzed by mean, standard deviation and *t* - test. The finding were as follows:

1. The mathematics learning achievement of the sample group after obtaining Open Approach with Think-Pair-Share techniques was higher than before obtaining learning management at .05 level of statistical significance.
2. The mathematics learning achievement of the sample group after obtaining Open Approach with Think-Pair-Share techniques was higher than the 70 percent criterion at .05 level of statistical significance.
3. The mathematical problem solving ability of the sample group after obtaining Open Approach with Think-Pair-Share techniques was higher than before obtaining learning management at .05 level of statistical significance.
4. The mathematical problem solving ability of the sample group after obtaining

Open Approach with Think-Pair-Share techniques was higher than the 70 percent criterion at .05 level of statistical significance.



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ คำแนะนำ และคำปรึกษาอันมีค่ายิ่งจาก ดร.คมสัน ตรีไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญาทองสอน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และ อาจารย์ ดร. ปานเพชร ร่มไทร กรรมการสอบเข้าโครงวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ประธานสอบวิทยานิพนธ์ และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเมตตากรุณาในการให้คำแนะนำและคำชี้แนะทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุภูมิ เขตจัตุรัส อาจารย์ ดร. พาวา พงษ์พันธุ์ ครุฑนงนุช ฐากุลธนศ ครุฑนิตินันท์ รักแพทย์ และครูลิจิต พรหมพลเมือง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์จากท่านผู้อำนวยการโรงเรียน ภูเวียงวิทยาคม ตลอดจน คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย และทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนนิคมวิทยา ครูปัทมา คงกระจำง ครูบุศรินทร์ คำมฤทธิ ครูพรทิพย์ ไสพัง ครูจิรนนท์ พึ่งกลิ่น ครูอนุกุล บุญประกอบ ครูจันทร์จิรา คงสิม ตลอดจนคณะครูและนักเรียน โรงเรียนนิคมวิทยา ที่ให้คำแนะนำ คำกำลังใจ ความช่วยเหลือ และสนับสนุนผู้วิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อพิรพงษ์ เหมะธูลิน คุณแม่จารุณี เหมะธูลิน และครอบครัวทุกคนที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูคุณเวทิตแด่บุพการี บุรพจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบนานเท่านานนี้

เอกพงษ์ เหมะธูลิน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	ฌ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	๓
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	11
สมมติฐานของการวิจัย	11
ขอบเขตของการวิจัย	12
ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย	13
นิยามศัพท์เฉพาะ	13
กรอบแนวคิดในการวิจัย	18
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551	20
การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด	25
การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด	41
การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)	56

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	62
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	74
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	101
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	108
การกำหนดกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	108
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	108
แบบแผนการวิจัย.....	129
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	129
การวิเคราะห์ข้อมูล	131
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	137
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	137
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	138
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	158
สรุปผลการวิจัย.....	158
อภิปรายผลการวิจัย.....	159
ข้อเสนอแนะ.....	173
บรรณานุกรม	175
ภาคผนวก	195
ภาคผนวก ก	196
ภาคผนวก ข	204
ภาคผนวก ค	288
ภาคผนวก ง.....	325
ประวัติย่อของผู้วิจัย	333

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่เกี่ยวข้องประจำมาตรฐาน ค 2.1.....	25
ตารางที่ 2-2 ตัวอย่างปัญหาปลายเปิด	35
ตารางที่ 2-3 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach).....	38
ตารางที่ 2-4 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)	58
ตารางที่ 2-5 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Polya	94
ตารางที่ 2-6 ตัวอย่างเกณฑ์การคะแนนแบบวิเคราะห์	95
ตารางที่ 2-7 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบองค์รวม.....	96
ตารางที่ 2-8 เกณฑ์ในการให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	99
ตารางที่ 3-1 แสดงการวิเคราะห์ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และจำนวนคาบของแผนการจัดการเรียนรู้	111
ตารางที่ 3-2 การวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก จำแนกตามพฤติกรรมด้านความรู้และความคิดของวิไลสัน	118
ตารางที่ 3-3 การวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก	124
ตารางที่ 3-4 เกณฑ์ในการให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	126
ตารางที่ 3-5 แบบแผนการวิจัย One Group Pretest-Posttest Design	129
ตารางที่ 3-6 การจัดกลุ่มนักเรียน	130
ตารางที่ 4-1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจาได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share).....	138
ตารางที่ 4-2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจาได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ร้อยละ 70.....	139

ตารางที่ 4-3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลัง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจาได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share).....	140
ตารางที่ 4-4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจาได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับ การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ร้อยละ 70.....	141
ตารางที่ 4-5 จำนวนนักเรียนและร้อยละของชั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา จำแนกตามระดับคะแนน.....	142
ตารางที่ 4-6 จำนวนนักเรียนและร้อยละของชั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา จำแนกตามระดับ คะแนน	146
ตารางที่ 4-7 จำนวนนักเรียนและร้อยละของชั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน จำแนกตามระดับ คะแนน	150
ตารางที่ 4-8 จำนวนนักเรียนและร้อยละของชั้นที่ 4 การตรวจสอบผล จำแนกตามระดับคะแนน.....	155
ตารางภาคผนวก ค-1 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	289
ตารางภาคผนวก ค-2 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	292
ตารางภาคผนวก ค-3 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	295
ตารางภาคผนวก ค-4 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	298
ตารางภาคผนวก ค-5 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5	301
ตารางภาคผนวก ค-6 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6	304
ตารางภาคผนวก ค-7 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7	307
ตารางภาคผนวก ค-8 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8	310
ตารางภาคผนวก ค-9 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share).....	313
ตารางภาคผนวก ค-10 ผลการวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 จาก ผู้เชี่ยวชาญ	314

ตารางภาคผนวก ค-11 ผลการวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากผู้เชี่ยวชาญ.....	316
ตารางภาคผนวก ค-12 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์.....	317
ตารางภาคผนวก ค-13 ค่า $\sum x_i$, $\sum x_i^2$ และ $\sum (x_i - c)^2$ ที่ใช้ในการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์.....	319
ตารางภาคผนวก ค-14 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	321
ตารางภาคผนวก ค-15 ค่า $\sum x_i$, $\sum x_i^2$ และ S_i^2 ที่ใช้ในการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	321
ตารางภาคผนวก ค-16 ค่า $\sum x_i$ และ $\sum x_i^2$ ทั้งฉบับที่ใช้ในการหาค่า S_i^2 เพื่อใช้แทนค่าในสูตรการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	322
ตารางภาคผนวก ง-1 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share).....	326
ตารางภาคผนวก ง-2 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share).....	329

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1-1 แผนภาพแสดงการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share).....	18
ภาพที่ 2-1 สถานการณ์การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open-Approach Method)	32
ภาพที่ 2-2 แผนภาพแสดงการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share).....	60
ภาพที่ 4-1 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 2 คะแนน ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา	143
ภาพที่ 4-2 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 1 คะแนน ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา	144
ภาพที่ 4-3 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 0 คะแนน ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา	145
ภาพที่ 4-4 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 3 คะแนน ในขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา.	147
ภาพที่ 4-5 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 2 คะแนน ในขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา.	148
ภาพที่ 4-6 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 1 คะแนน ในขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา.	148
ภาพที่ 4-7 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 0 คะแนน ในขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา.	149
ภาพที่ 4-8 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 3 คะแนน ในขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน ...	151
ภาพที่ 4-9 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 2 คะแนน ในขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน ...	152
ภาพที่ 4-10 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 1 คะแนน ในขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน.	153
ภาพที่ 4-11 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 0 คะแนน ในขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน.	154
ภาพที่ 4-12 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 2 คะแนน ในขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล	155
ภาพที่ 4-13 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 1 คะแนน ในขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล	156
ภาพที่ 4-14 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 0 คะแนน ในขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล	157

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในสถานการณ์ปัจจุบัน โลกมีการเปลี่ยนแปลงในทุก ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีความรู้และนวัตกรรมเกิดขึ้นอย่างหลากหลายในเวลาอันรวดเร็ว ส่งผลให้หลายประเทศทั่วโลก มีการพัฒนาด้านการศึกษา คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเตรียมประชากรให้พร้อมกับการเปลี่ยนแปลง จึงมีความจำเป็นที่ประเทศไทยจะต้องมีการปรับหลักสูตรคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้มีความทันสมัย สอดคล้องกับความรู้และทักษะที่จำเป็นในโลก ปัจจุบันและอนาคต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2560, หน้า 4)

นอกจากนั้นแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570) หมวดที่ 12 ไทยมีกำลังคนสมรรถนะสูง มุ่งเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ตอบโจทย์การพัฒนา แห่งอนาคต มุ่งตอบสนองเป้าหมายหลักของแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 13 จำนวน 2 เป้าหมาย ได้แก่ เป้าหมายที่ 2 การพัฒนาคนสำหรับโลกยุคใหม่ โดยคนทุกช่วงวัยได้รับการพัฒนาในทุกมิติ การพัฒนากำลังคนสมรรถนะสูงสอดคล้องกับความต้องการของภาคการผลิต เป้าหมายสามารถ สร้างงานอนาคตและสร้างผู้ประกอบการอัจฉริยะที่มีความสามารถในการสร้างและใช้เทคโนโลยี และนวัตกรรมรวมทั้ง เป้าหมายที่ 3 การมุ่งสู่สังคมแห่งโอกาสและความเป็นธรรม ด้วยการส่งเสริม การเรียนรู้ตลอดชีวิต ทั้งการพัฒนาระบบนิเวศเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และพัฒนาทางเลือก ในการเข้าถึงการเรียนรู้สำหรับผู้ที่ไม่สามารถเรียนในระบบการศึกษาปกติ และยังมีความสอดคล้อง กับยุทธศาสตร์ชาติใน 3 ด้าน ได้แก่ ยุทธศาสตร์ชาติ ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน ในประเด็นเป้าหมาย ประเทศไทยมีขีดความสามารถในการแข่งขันสูงขึ้น ด้านการพัฒนา และเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ในประเด็นเป้าหมาย คนไทยเป็นคนดี คนเก่งมีคุณภาพ พร้อมสำหรับวิถีชีวิตในศตวรรษที่ 21 และสังคมไทยมีสภาพแวดล้อมที่เอื้อและสนับสนุน ต่อการพัฒนาคนตลอดช่วงชีวิต และด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคมในประเด็น เป้าหมายการสร้างความเป็นธรรมและลดความเหลื่อมล้ำในทุกมิติ และกระจายศูนย์กลาง ความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคม เพิ่มโอกาสให้ทุกภาคส่วนเข้ามาเป็นกำลังของการพัฒนา ประเทศในทุกระดับ หนึ่งในกลยุทธ์การพัฒนา คือ พัฒนาผู้อยู่ในช่วงวัยการศึกษาระดับพื้นฐาน ให้มีความตระหนักรู้ในตนเอง มีทักษะดิจิทัลและมีสมรรถนะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ การดำรงชีวิต

และการทำงานโดยพัฒนาการจัดการเรียนรู้แนวใหม่ และขับเคลื่อนสู่การปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนสามารถจัดการตนเอง มีความสามารถในการสื่อสาร สามารถรวมพลังทำงานเป็นทีม มีการคิดขั้นสูงด้วยการจัดการเรียนรู้เชิงรุก และขับเคลื่อนสู่การปฏิบัติโดยนำร่องกับสถานศึกษาที่มีความพร้อมและมีมหาวิทยาลัยในพื้นที่สนับสนุนความรู้และความเชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ ขกระดับการอาชีวศึกษา ขกระดับการผลิตและพัฒนาครูทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ ปรับปรุงระบบวัดและประเมินผู้เรียนให้มีความหลากหลายตามสภาพจริง พัฒนาระบบสนับสนุนการเรียนรู้และเสริมสร้าง คุณธรรม จริยธรรมและเป็นพลเมืองที่เข้มแข็ง และได้กำหนดเป้าหมายร้อยละของนักเรียนที่มีสมรรถนะจากการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลไม่ถึงระดับพื้นฐานทั้ง 3 วิชา ในแต่ละกลุ่มโรงเรียนลดลงร้อยละ 8 เมื่อสิ้นสุดแผน (แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570), หน้า 121)

ซึ่งแนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการในการพัฒนาเยาวชนของชาติเข้าสู่โลกยุคศตวรรษ ที่ 21 โดยมุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนมีคุณธรรม รักความเป็นไทย มีทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ มีทักษะด้านเทคโนโลยี สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นและสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมโลกได้อย่างสันติ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) และในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 หมวด 4 แนวการจัดการศึกษา มาตรา 22 ที่ระบุว่า “การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ” และในมาตรา 23 ข้อ 4 ได้เน้นถึงความรู้และทักษะด้านคณิตศาสตร์ และด้านภาษา เน้นการใช้ภาษาไทยอย่างถูกต้อง และสอดคล้องกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่กล่าวว่าคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้การคำนวณ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ อันเป็นรากฐานในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมกับนานาชาติ การศึกษาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) และสอดคล้องในตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้เห็นผลของการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ว่า คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ อัน ในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมกับนานาชาติ การศึกษาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ทันสมัย และสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 1) ดังนั้นในศตวรรษที่ 21 การจัดกระบวนการเรียนรู้จึงพยายามเปลี่ยนบทบาทครูจากผู้บรรยายมาเป็น คณะครูร่วมกันออกแบบกิจกรรมในการจัดกระบวนการเรียนรู้ (Pedagogy) ให้นักเรียนใช้เป็นเครื่องมือไปเรียนรู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกและเสนอแนะเครื่องมือ การเข้าถึงองค์ความรู้ผ่านวิธีการต่าง ๆ โดยเฉพาะผ่านเทคโนโลยีให้เข้าถึงความรู้ได้อย่างรวดเร็ว และกว้างขวาง นำความรู้ที่ได้มาแลกเปลี่ยนกับเพื่อนในห้องเรียน (สำนักบริหารงาน การมัธยมศึกษาตอนปลาย สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2558 หน้า 1)

แต่ปัจจุบันการจัดกระบวนการเรียนรู้ในชั้นเรียนของครูส่วนใหญ่ใช้กระบวนการเรียนรู้แบบ Passive Learning เป็นกระบวนการเรียนรู้โดยการอ่าน ฟังบรรยาย โดยยึดเนื้อหา (Content Based) จากหนังสือและตำรา เป็นรูปแบบที่ครูในประเทศไทยคุ้นเคยและใช้กันมาก ครูจะพยายามบรรยายบอกทุกสิ่งทุกอย่างในตำราหรือหนังสือให้นักเรียนจดบันทึกแล้วนำไปใช้ สอบวัดเก็บเป็นคะแนนความรู้ โดยสรุปก็คือยึดครูเป็นศูนย์กลาง (Teacher-centered) ต่อมาครูเริ่มนำเทคโนโลยีมาช่วยในการนำเสนอเนื้อหาให้นักเรียนได้รับรู้ก็ยังถือว่าเป็นการยึดครูเป็นศูนย์กลางอยู่ (วิจารณ์ พานิช, 2555) และถึงแม้ว่าวิชาคณิตศาสตร์จะมีความสำคัญมากเพียงใด แต่ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนนั้น ผู้เรียนส่วนใหญ่ยังประสบปัญหาเกี่ยวกับการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้วยเหตุผลที่ว่า คณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นนามธรรม มีโครงสร้าง ซึ่งประกอบด้วย คำนิยาม บทนิยาม สัจพจน์ และทฤษฎีบท ทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่ชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์เพราะเนื้อหาบางตอนยาก ตัวเลขมาก ไม่เข้าใจทฤษฎีบท เป็นต้น จึงเป็นเหตุให้ผู้เรียนไม่ค่อยสนใจเรียนและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ลดลง (อัมพร ม้าคอง, 2557, หน้า 2) และการสอนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนส่วนใหญ่ยังคงเป็นรูปแบบเดิม คือ การสอนแบบบรรยายโดยครูจะเขียนและอธิบายทุกอย่างบนกระดาน ดังนั้นการปรับรูปแบบการเรียน การสอนคณิตศาสตร์จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้เรียนรู้ได้อย่างแท้จริงมากยิ่งขึ้น โดยการจัด

กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้ผู้เรียน ได้คิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง ได้ศึกษาค้นคว้าจากสื่อและเทคโนโลยีต่าง ๆ ผู้สอนมีส่วนช่วยในการจัดเนื้อหาสาระ และกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจ และความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล (ธนวัฒน์ ทองมา, 2561)

โรงเรียนกุเวียงวิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น จัดการเรียนการสอนตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ซึ่งเป็นโรงเรียนต้นแบบการใช้หลักสูตรได้ ดำเนินการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษามาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2561) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกระทรวงศึกษาธิการเป็นแกนหลักเพื่อกำหนดการจัดทำโครงสร้างและสาระหลักสูตร สถานศึกษา และหลักสูตรท้องถิ่นให้สอดคล้องกับบริบทของสถานศึกษา มีการจัดการเรียน การสอนที่หลากหลายและเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยมุ่งเน้น ให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ได้อย่างเหมาะสม และอยู่ร่วมกับสังคม ได้อย่างมีความสุข ซึ่งผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้เป็นครูผู้สอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่ม สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ได้พิจารณาผล การทดสอบ ทางการศึกษาในระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test) ระดับมัธยมศึกษา ตอนต้นปีการศึกษา 2566, 2565 และ 2564 ย้อนหลัง 3 ปีการศึกษาของโรงเรียน ผลคะแนนเฉลี่ย ของการทดสอบทางการศึกษาในระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test) ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2566, 2565 และ 2564 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีผลการสอบวิชาคณิตศาสตร์ในระดับประเทศ โดยมีคะแนนเฉลี่ยเป็น 25.35, 24.39, 25.47 ตามลำดับจากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 50 เมื่อพิจารณาคะแนน เฉลี่ยในระดับเขตพื้นที่การศึกษานักเรียนสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น ปีการศึกษา 2566, 2565 และ 2564 พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมากนัก คือ 23.25, 22.07 และ 21.25 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนเฉลี่ยในระดับโรงเรียน ปีการศึกษา 2566, 2565 และ 2564 ของโรงเรียนกุเวียงวิทยาคม อำเภอกุเวียง จังหวัดขอนแก่น สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาขอนแก่น พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีผลการสอบวิชาคณิตศาสตร์ระดับ โรงเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเป็น 22.11, 23.25 และ 21.50 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยลดลง และต่ำกว่าคะแนนในระดับประเทศและระดับเขตพื้นที่การศึกษา และมีแนวโน้มจะมีคะแนนเฉลี่ย ลดลงอย่างต่อเนื่อง จะเห็นได้ชัดเจนว่านักเรียนยังมีความรู้เกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ค่อนข้างต่ำ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนโรงเรียนกุเวียงวิทยาคมอยู่ในระดับที่ควร เร่งพัฒนา และจากการศึกษาผลคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางการศึกษาในระดับชาติขั้นพื้นฐาน

ของโรงเรียนภูเวียงวิทยาคม พบว่า สารที่โรงเรียนควรเร่งพัฒนาเนื่องจากคะแนนเฉลี่ยของโรงเรียนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ ได้แก่ 1) สถิติและความน่าจะเป็น 2) จำนวนและพีชคณิต 3) การวัดและเรขาคณิต ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาหาสาเหตุที่ทำให้ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน โรงเรียนภูเวียงวิทยาคมอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ พบว่านักเรียนไม่สามารถตีความเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ ทำให้นักเรียนไม่สามารถเริ่มต้นลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ หรือไม่สามารถนำความรู้เกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในที่นี้เน้นที่ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น และต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ได้แก่ ความสามารถต่อไปนี้ 1) การแก้ปัญหา 2) การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ 3) การเชื่อมโยง 4) การให้เหตุผล 5) การคิดสร้างสรรค์ และทักษะความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์ วางแผนแก้ปัญหาและเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 3) และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นการทำงานโดยใช้กระบวนการ ที่ยังไม่ทราบมาก่อนล่วงหน้าในการหาคำตอบของปัญหา การแก้ปัญหาเป็นทั้งทักษะ ซึ่งเป็นความสามารถพื้นฐานในการทำความเข้าใจปัญหาและการหาคำตอบของปัญหา และกระบวนการซึ่งเป็นวิธีการหรือขั้นตอนการทำงานที่มีการวิเคราะห์และวางแผนโดยมีการใช้เทคนิคต่าง ๆ ประกอบ (อัมพร ม้าคนอง, 2553, หน้า 39) ซึ่งทักษะและกระบวนการที่จำเป็นและจะต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียน ดังนั้นการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving) เป็นความสามารถหนึ่งในทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้และฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวของผู้เรียนเอง เพราะการแก้ปัญหจะช่วยทำให้ตัวผู้เรียนนั้นมีแนวทางในการคิดที่หลากหลาย กระตือรือร้น ไม่ย่อท้อต่อปัญหา และมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้งภายในห้องเรียนและภายนอกห้องเรียน และนอกจากนี้ยังเป็นทักษะพื้นฐานที่จะสามารถคิดตัวผู้เรียนไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ตลอดชีวิต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2553) แต่เมื่อพิจารณาคุณภาพการศึกษาไทยยังคงมีมาตรฐานค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพการศึกษาของนานาประเทศเห็นได้ชัดเจนจากรายงานผลการวิจัย

โครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ ปี พ.ศ. 2565 (PISA 2022) หรือโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment) ของประเทศไทย พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในด้านคณิตศาสตร์ 394 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 472 คะแนน) ซึ่งเมื่อเทียบกับ PISA 2018 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของประเทศไทยทั้งสามด้านลดลง โดยด้านคณิตศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยลดลง 25 คะแนน ทั้งนี้ผลการประเมินของประเทศไทยตั้งแต่ PISA 2000 จนถึง PISA 2022 พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์มีแนวโน้มลดลง และเมื่อวิเคราะห์ตามสังกัดการศึกษาและกลุ่มโรงเรียนที่เข้าร่วมการประเมินครั้งนี้ พบว่า กลุ่มโรงเรียนที่เน้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยทั้งสามด้านอยู่ในระดับเดียวกับกลุ่มประเทศ/เขตเศรษฐกิจที่มีคะแนนคณิตศาสตร์สูงสุดห้าอันดับแรก ส่วนกลุ่มโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยมีคะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์สูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD สำหรับกลุ่มโรงเรียนอื่น ๆ ยังคงมีคะแนนเฉลี่ยทั้งสามด้านต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD

นอกจาก PISA จะรายงานผลการประเมินในรูปของคะแนนเฉลี่ยแล้ว ยังรายงานผลเป็นระดับความสามารถในแต่ละด้านซึ่งแบ่งเป็น 6 ระดับ โดยที่ระดับ 2 ถือเป็นระดับพื้นฐานที่นักเรียนสามารถใช้ทักษะและความรู้ในชีวิตจริงได้ ผลการประเมินครั้งนี้ พบว่า มีนักเรียนไทยที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่ระดับ 2 ขึ้นไปอยู่ร้อยละ 32 ในขณะที่ประเทศสมาชิก OECD มีนักเรียนกลุ่มนี้อยู่ร้อยละ 69 ส่วนประเทศ/เขตเศรษฐกิจที่มีผลการประเมินสูง ได้แก่ สิงคโปร์ มาเก๊า ญี่ปุ่น จีนไทเป และเอสโตเนีย พบว่า มีนักเรียนมากกว่าร้อยละ 85 ที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่ระดับ 2 ขึ้นไป (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2565) ซึ่งให้เห็นว่านักเรียนไทยยังมีความรู้และทักษะที่ไม่เพียงพอต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21

และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมิน โครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ พ.ศ. 2558 (Trends in International Mathematics and Science Study 2015; TIMSS 2015) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากรายงานการประเมิน พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ของประเทศเท่ากับ 431 คะแนน จัดอยู่ในอันดับที่ 26 ของประเทศที่เข้าร่วมการประเมินจากทั้งหมด 39 ประเทศโดยประเทศที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงเป็นอันดับต้น ๆ นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับก้าวหน้า และมีนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับต่ำเล็กน้อย ในทางกลับกัน ประเทศไทยนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ

และมีนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับก้าวหน้าอยู่เพียงเล็กน้อย ([สสวท.], 2558, หน้า 4) โดยนักเรียนไทยส่วนใหญ่ยังมีระดับความสามารถทางการเรียนในระดับต่ำ (มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 400-474 คะแนน) ซึ่งเป็นระดับที่นักเรียนมีความรู้พื้นฐานอยู่บ้าง และมีนักเรียนที่มีได้คะแนนต่ำกว่า 400 อยู่เป็นจำนวนมาก โดยในการทำข้อสอบพบว่า นักเรียนไทยทำข้อสอบแบบเลือกตอบได้มากกว่าแบบเขียนตอบ ในการทำข้อสอบแบบเขียนตอบนักเรียนตอบคำถามได้ไม่ชัดเจน ตอบไม่ตรงคำถามตอบคำถามไม่ครบ ไม่สามารถเขียนคำอธิบายที่ต้องแสดงเหตุผลประกอบ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ควรเน้นให้นักเรียนได้พัฒนาในทักษะดังกล่าว ([สสวท.], 2558, หน้า 9)

จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์โรงเรียนภูเวียงวิทยาคมได้กล่าวถึงปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ครูให้นักเรียนทำโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ครูจะเน้นเรื่องการเขียนกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้ถูกต้องตามหลักทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในมุมมองของนักเรียนจะมองว่าเป็นสิ่งที่ยาก ไม่สามารถนำแนวคิดไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะต้องใช้แนวคิดเดิมมาต่อยอดหรือที่ขยายออกไปได้ โดยที่นักเรียนไม่สามารถเริ่มต้นคิดแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นด้วยตัวเองได้ โดยเฉพาะโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะที่ซับซ้อนยิ่งทำให้นักเรียนไม่อยากจะเรียนรู้การแก้ปัญหา (ขุณานิสาน นมัสสิลา, 2565, 5 พฤษภาคม, สัมภาษณ์.) ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 คือ นักเรียนมีความรู้พื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์ค่อนข้างน้อยที่ไม่เพียงพอที่จะสามารถนำมาต่อยอดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ จึงทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ไม่กระตือรือร้นและไม่ให้ความสำคัญในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ นักเรียนหลายคนไม่มีจุดมุ่งหมายในการเรียนคณิตศาสตร์ ไม่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเรียน ซึ่งวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาทักษะ หากมีการฝึกฝนปฏิบัติเป็นประจำจะทำให้นักเรียนเกิดทักษะและความชำนาญเพิ่มขึ้น (กิตติคุณ บุตรเวียงพันธ์, 2565, 5 พฤษภาคม, สัมภาษณ์.)

จากสภาพปัญหาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ความรู้ในเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และทักษะกระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนยังไม่เพียงพอสำหรับการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนไม่ชอบคิดและแก้ปัญหาและการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในปัจจุบันยังสอดคล้องกับคำกล่าวของ Jean Piaget (อ้างถึงในพร้อมพรรณ อุดมสิน, 2521) ที่กล่าวว่า วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เป็นนามธรรม วิธีสอนของครูมุ่งที่จะสอนเนื้อหาให้ได้มากที่สุด เมื่อเป็นเช่นนี้ครูจึงใช้วิธีการสอนแบบบรรยายและจดบันทึกจากกระดาน อาจจะมีเวลาเหลือน้อยในการทำการอภิปรายกัน นักเรียนจะไม่ถูกกระตุ้นให้คิดหาเหตุผลหรือสรุปผลด้วยตนเองนัก นักเรียนที่ไม่สามารถสัมพันธ์ความคิดทางนามธรรมก็จะลงท้ายด้วยการจดจำ

เนื้อหาวิชา ซึ่งเด็กที่มีความสามารถในการจดจำได้น้อยก็จะสอบตกในวิชาคณิตศาสตร์ และการแก้ไขปัญหาในการที่จะทำให้เด็กเข้าใจความคิดเชิงนามธรรมและวิธีสอนโดยให้เด็กจดจำเนื้อหาวิชาน้อยลงเพื่อให้นักเรียนเข้าใจนั้นควรให้เรียนรู้โดยใช้สิ่งที่ป็นรูปธรรม (Physical) ช่วยอธิบายจะทำให้เข้าใจได้ยิ่งขึ้นและจะช่วยให้เด็กเรียนคิดเอง หาเหตุผล สร้างกฎเกณฑ์ขึ้นด้วยตนเอง ใช้รูปธรรมอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ ซึ่งปัญหาคุณภาพการศึกษาในชั้นเรียนปัจจุบันสาเหตุหนึ่งเกิดจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับเรื่องการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นสิ่งยากสำหรับผู้เรียนที่ไม่สามารถประยุกต์ใช้ได้ ในชีวิตประจำวัน โดยทั่วไปมักเริ่มต้นจากปัญหาที่กำหนดให้และดำเนินการแก้ปัญห โดยใช้ขั้นตอนที่เหมาะสมกับปัญหานั้น ๆ แต่เมื่อเปลี่ยนเป็นปัญหาอื่นที่มีบริบทและวิธีแก้ปัญหแตกต่างกัน จากปัญหาเดิม นักเรียนก็ไม่สามารถแก้ปัญหานั้นได้ การจัดการเรียนรู้การแก้ปัญหามีลักษณะนี้ ทำให้นักเรียนไม่ได้เรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหที่เป็นระบบ และเป็นภาพรวมที่สามารถนำไปใช้กับการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งสิ่งนี้เป็นสิ่งสำคัญมาก เนื่องจากปัญหาไม่ว่าเนื้อหาใดหรือหัวข้อใดก็ตาม มีหลากหลายรูปแบบจนไม่สามารถหาเกณฑ์มาจัดเป็นประเภทที่ชัดเจนได้

เมื่อเป็นเช่นนี้การสร้างประสบการณ์หรือพัฒนาทักษะการแก้ปัญหให้นักเรียนจึงต้องใช้หลักวิชาเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหที่นักเรียนจะสามารถนำไปคิดประกอบในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ (อัมพร ม้าคะนอง, 2554, หน้า 40) สอดคล้องกับคำกล่าวของ Polya (1957) กล่าวว่า การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นพฤติกรรมพื้นฐานแรกของมนุษย์ ความคิดส่วนใหญ่ของมนุษย์จะเกี่ยวข้องกับปัญหาหรืออุปสรรคมนุษย์มีการแก้ปัญหาย่อยตลอดเวลาเพื่อบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ความเจริญก้าวหน้าของโลกที่เกิดขึ้นก็เกิดจากการรู้จักแก้ปัญหามนุษย์ สอดคล้องกับแนวคิดของ ศิริมา วงษ์สกุลดี (2558) ที่ว่าการฝึกแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วยกระบวนการแก้ปัญหามีขั้นตอนอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ข้อมูล ดำเนินการแก้ปัญหอย่างเป็นขั้นเป็นตอน การใช้สถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาที่มีความหลากหลายและท้าทายจะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ ตระหนักถึงคุณค่าของการแก้ปัญหและเพิ่มประสบการณ์ในการแก้ปัญหามากขึ้น

ดังนั้นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนรู้ ครูซึ่งเป็นผู้จัดกระบวนการเรียนรู้จึงมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบที่เหมาะสมและสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะกระบวนการคิด การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ทำให้ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าว และศึกษาแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ พบว่า มีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาสมรรถนะความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ คือวิธีการแบบเปิดเข้ามาในฐานะที่เป็นวิธีการสอนที่เน้นกระบวนการแก้ปัญห โดยมิตำดับการสอนดังต่อไปนี้

1) การนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open-ended problem) เป็นการนำเสนอปัญหาปลายเปิดให้กับนักเรียน โดยจุดเน้นของการนำเสนอปัญหาปลายเปิดคือการทำให้ปัญหานั้นเป็นปัญหาของนักเรียนให้ได้ 2) การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน (Students' self learning) เป็นการให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตัวเองในขณะที่นักเรียนกำลังแก้ปัญหา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการเรียนรู้ด้วยตัวเองเพียงคนเดียวมาเป็นการเรียนรู้ร่วมกับผู้อื่น 3) การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ (Whole class discussion and comparison) เป็นการนำแนวคิดที่หลากหลายของนักเรียนมาอภิปรายทั้งชั้นเพื่อให้นักเรียนคนอื่น ๆ ในชั้นได้มีโอกาสเรียนรู้จากแนวคิดของเพื่อน 4) การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน Inprasitha (2010) ซึ่งวิธีการแบบเปิด (Open Approach) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับกระบวนการเรียนรู้ส่วนบุคคลของนักเรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ความสามารถในการหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน และสามารถนำแนวทางดังกล่าวไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ โดยครูต้องเรียนรู้แนวคิดของนักเรียนอย่างละเอียด และหาวิธีการสนับสนุนให้นักเรียนพัฒนาตนเองตามกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง โดยใช้สถานการณ์ปัญหาปลายเปิด (Open-Ended Problem) เป็นตัวช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ทำให้นักเรียนได้เปิดความคิดของตนเองทั้งคิดกว้างคิดหลากหลายและคิดสร้างสรรค์ (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ และคณะ, 2558, หน้า 23-26, Isoda, 2011) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัทธยากร บุสสยา (2559) ที่ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาถึงสภาพปัญหาคุณภาพการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยได้ศึกษาสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีปัญหาในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่ำ ซึ่งมีสาเหตุอยู่หลายประการ หนึ่งในสาเหตุนั้นมาจากรูปแบบวิธีการสอนของครู ส่วนใหญ่จะเน้นที่เนื้อหาวิชามากกว่าทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์จึงทำให้ครูไม่คุ้นเคยกับการเรียนการสอนที่เน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนเกิดคำถามบ่อยครั้งว่า “เรียนคณิตศาสตร์ไปทำไม” สิ่งเหล่านี้เกิดจากการที่นักเรียนขาดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ อีกทั้งครูคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ยังคงใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย โดยไม่คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน ทำให้นักเรียนที่เรียนรู้ได้เร็วสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย ส่วนผู้เรียนที่เรียนรู้ช้าหรือฟังบรรยายไม่ทันหรือไม่เข้าใจเนื้อหาที่บรรยายก็จะเกิดความเบื่อหน่าย ไม่อยากเรียน เมื่อต้องเรียนเรื่องใหม่จะยิ่งประสบปัญหามากขึ้น เพราะขาดความรู้ความเข้าใจ

ในเรื่องเดิมที่เป็นพื้นฐาน ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำลงและจะมีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ในที่สุด (พชรพงศ์ นวลศิริ, 2562) และจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจและต้องการพัฒนาคุณภาพนักเรียนทั้งในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และส่งเสริมพฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียนให้สูงขึ้น และได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่จัดให้บุคคลได้มีโอกาสพบกันเพื่อร่วมกันทำงาน และแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ช่วยเหลือพึ่งพากันทำให้เกิดผลสำเร็จทั้งส่วนตนและส่วนรวม โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share: TPS) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสามารถช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพัฒนาพฤติกรรมการทำงานกลุ่มได้

Lyman (1981, pp. 109-113) กล่าวว่า เทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เป็นการแบ่งปันความคิด เรียนรู้ร่วมกันในลักษณะของการอภิปรายเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม เทคนิคนี้กำหนดให้นักเรียนคิดเป็นรายบุคคลก่อน จากนั้นแบ่งปันความคิดกับคู่เพื่อน และมีการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนเกี่ยวกับคำตอบ ซึ่งจะช่วยให้การมีส่วนร่วมและดึงดูดนักเรียนให้เข้าใจเนื้อหา จะเห็นได้ว่าเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิด การแสดงแนวคิด ทักษะการสื่อสารให้คู่ของตนเข้าใจ ฝึกให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็น และยังช่วยทำให้นักเรียนเป็นคู่หูในการช่วยกันเรียนต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจิระประภา คำภาเกะ (2563) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอกโดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอกโดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 4) ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมาก จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยสนใจที่จะจัดการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนและใช้เนื้อหา เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอกในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้นักเรียนศักยภาพ สามารถช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาตนเองในด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาสาระอื่น ๆ ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ร้อยละ 70
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ร้อยละ 70

สมมติฐานของการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70
3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้
 ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนกุเวียงวิทยาคม
 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 12 ห้อง จำนวน 446 คน โดยที่โรงเรียนมีการจัดห้องเรียน
 แบบลดความสามารถทางการเรียนของนักเรียน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2/1 โรงเรียนกุเวียง
 วิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้อง มีนักเรียน จำนวน 28 คน ที่ได้มาจากการ
 สุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เนื่องจากทางโรงเรียน
 จัดห้องเรียนแบบลดความสามารถทางการเรียนของนักเรียน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษา
 ปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้
 คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2561) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช
 2551 ของกระทรวงศึกษาธิการ

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการ
 จัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
 - 2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. เป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางทางคณิตศาสตร์ให้แก่ นักเรียน
2. ช่วยให้ผู้สอนคณิตศาสตร์มีแนวทางในการพัฒนาการสอนโดยการจัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)
3. พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น
4. เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์สำหรับผู้สอน คณิตศาสตร์ที่จะนำไปพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) หมายถึง วิธีการสอน ที่ส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยที่ครูเริ่มต้นกิจกรรม การสอนด้วยการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา และสถานการณ์ปัญหานั้นเป็นปัญหาปลายเปิดที่เปิด โอกาสให้นักเรียนได้หาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบด้วยวิธีการที่หลากหลายด้วย ตนเอง แล้วนำวิธีการคิดนั้นไปแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันทั้งชั้นเรียน ซึ่งจะเกิดการเปรียบเทียบ ความเหมือนและแตกต่างของแนวคิดวิธีการ และเลือกวิธีการในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับ สถานการณ์ปัญหานั้น ทำให้ผู้เรียนได้ข้อสรุป กฎเกณฑ์ หรือหลักการทางคณิตศาสตร์ที่เกิดจาก กระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นที่ 1 เตรียมความรู้และกระตุ้นการเรียนรู้ เริ่มต้นด้วยครูทบทวนความรู้ ทางคณิตศาสตร์เป็นประเด็นที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในคาบนั้นด้วยการตั้งคำถามหรืออาจจะเป็น การบรรยายหรือสรุปสั้น ๆ ก่อนนำเข้าสู่บทเรียน จากนั้นครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด

1.2 ขั้นที่ 2 เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน มีระดับความสามารถสูง ปานกลาง ค่อนข้างอ่อน และอ่อนคละกัน จากนั้นครูและนักเรียนทุกคน ร่วมกันอ่านและวิเคราะห์โจทย์ปัญหาเบื้องต้น และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง

1.3 ขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในชั้นเรียน นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิด วิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา โดยที่ครูและนักเรียนร่วมอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นวิธีการในการแก้ โจทย์ปัญหภายในชั้นเรียน

1.4 ขั้นที่ 4 สรุปวิธีการแก้ปัญหาและประเด็นการเรียนรู้ ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมของโจทย์ปัญหานั้น และสรุปแนวคิดที่เกิดจากการเรียนรู้

2. การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หมายถึง เทคนิคการสอนที่ครูตั้งโจทย์ปัญหาให้นักเรียนแต่ละคนคิดหาคำตอบของตนเองก่อน และให้นักเรียนจับคู่กันภายในกลุ่มหรือชั้นเรียนเพื่ออภิปรายหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาร่วมกัน โดยที่นักเรียนมีการแบ่งปัน ช่วยเหลือที่ไม่ใช่การแข่งขันกัน และนำเสนอวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา โดยการอภิปรายภายในกลุ่มหรือหน้าชั้นเรียนเพื่อหาข้อสรุปวิธีการในการแก้โจทย์ที่เหมาะสมร่วมกันทั้งชั้นเรียน ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นกระตุ้น (Think) ครูกระตุ้นคิดของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามให้นักเรียนวิเคราะห์เกี่ยวกับประเด็น การตีความโจทย์ปัญหา สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้โจทย์ปัญหามีอะไรบ้าง และมีขั้นตอนการแก้ปัญหายังไงบ้าง

2.2 ขั้นร่วมกันคิดแก้ปัญหาเป็นคู่ (Pair) นักเรียนเข้าคู่หรือจับคู่กันเพื่อร่วมกันลงมือวางแผนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาและอภิปรายร่วมกันเป็นคู่โดยการแสดงวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาในใบงานกิจกรรมคู่เพื่อหาแนวคิดหรือวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง

2.3 ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) นักเรียนแต่ละคู่มีการแลกเปลี่ยนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหภายในกลุ่มของตนเอง และเลือกวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเองโดยการแสดงวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาในใบกิจกรรมงานกลุ่ม

3. การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนจัดผู้เรียนแบ่งเป็นกลุ่มแบบลดความสามารถด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ร่วมกันอย่างทั่วถึงและกระตุ้นการเรียนรู้ โดยที่ผู้เรียนมีเป้าหมายร่วมกัน มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

3.1 ขั้นที่ 1 เตรียมความรู้และกระตุ้นการเรียนรู้ เริ่มต้นด้วยครูทบทวนความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นประเด็นที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในคาบนั้นด้วยการตั้งคำถามหรืออาจจะเป็นการบรรยายหรือสรุปสั้น ๆ ก่อนนำเข้าสู่บทเรียน จากนั้นครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด

3.2 ขั้นที่ 2 เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหากลุ่ม ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน มีระดับความสามารถสูง ปานกลาง ค่อนข้างอ่อน และอ่อนคละกัน จากนั้นครูและนักเรียนทุกคน

ร่วมกันอ่านและวิเคราะห์โจทย์ปัญหาเบื้องต้น และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 2.1 กระตุ้น (Think) ครูกระตุ้นคิดของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามให้นักเรียน วิเคราะห์เกี่ยวกับประเด็น การตีความโจทย์ปัญหา สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้โจทย์ปัญหามีอะไรบ้าง และมีขั้นตอน การแก้ปัญหายังไงบ้าง

ขั้นที่ 2.2 ร่วมกันคิดแก้ปัญหาเป็นคู่ (Pair) นักเรียนเข้าคู่หรือจับคู่กันเพื่อร่วมกันลงมือ วางแผนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาและอภิปรายร่วมกันเป็นคู่โดยการแสดงวิธีการในการแก้ โจทย์ปัญหาในใบงานกิจกรรมคู่เพื่อหาแนวคิดหรือวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ของคู่ตนเอง

ขั้นที่ 2.3 แลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) นักเรียนแต่ละคู่มีการแลกเปลี่ยนวิธีการ ในการแก้โจทย์ปัญหายภายในกลุ่มของตนเอง และเลือกวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ของกลุ่มตนเองโดยการแสดงวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาในใบกิจกรรมงานกลุ่ม

3.3 ขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในชั้นเรียน นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิด วิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา โดยที่ครูและนักเรียนร่วมอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นวิธีการในการแก้ โจทย์ปัญหายภายในชั้นเรียน

3.4 ขั้นที่ 4 สรุปวิธีการแก้ปัญหาและประเด็นการเรียนรู้ ครูและนักเรียนร่วมกันสรุป วิธีการในการแก้ปัญหที่เหมาะสมของโจทย์ปัญหานั้น และสรุปแนวคิดที่เกิดจากการเรียนรู้

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบปรนัยมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมด้านความรู้และความคิด (Cognitive domain) ตามที่วิลสัน (Wilson, 1971, pp. 643-685) จำแนกไว้ 4 ระดับ ดังนี้

4.1 ความรู้ความจำ (Computation) เป็นความสามารถในส่วนของความรู้ความจำ เกี่ยวกับข้อเท็จจริง คำศัพท์ นิยามและความสามารถในการคิดคำนวณ ตามลำดับขั้นตอนที่เคย เรียนรู้มาแล้ว

4.2 ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในส่วนของความเข้าใจเกี่ยวกับ มโนคติ หลักการ กฎ การสรุปอ้างอิงและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการเปลี่ยน

รูปแบบปัญหาจากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง การติดตามหาเหตุผล การอ่านและตีความโจทย์ปัญหา

4.3 การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่คล้ายคลึงกับที่เรียนมา ตลอดจนความสามารถในการเปรียบเทียบ การวิเคราะห์ข้อมูล และการมองเห็นแบบ

4.4 การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนไม่มีในแบบฝึกหัดหรือตัวอย่าง แต่อยู่ในขอบเขตเนื้อหาที่เรียน และความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์โดยการจัดการส่วนต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้ใหม่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ประสพการณ์ ประยุกต์ในการหาคำตอบ โดยมีการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา การคิดวางแผน ขั้นตอน การคิดวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผลของคำตอบ อย่างเป็นระบบตามกระบวนการแก้ปัญหาของ Polya (1957) แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

5.1 ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา (Understand the Problem)

เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา จนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์ปัญหากำหนดให้เงื่อนไขในการแก้โจทย์ปัญหา และสิ่งที่โจทย์ปัญหาต้องการหาคำตอบ

5.2 ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan)

เป็นขั้นตอนที่นักเรียนวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา โดยที่เชื่อมโยงกับสิ่งที่โจทย์ปัญหากำหนดให้เงื่อนไขในการแก้โจทย์ปัญหา และสิ่งที่โจทย์ปัญหาต้องการหาคำตอบ และใช้ประสบการณ์เดิมมาเป็นแนวทางในการวางแผนการแก้ปัญหา

5.3 ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan)

เป็นขั้นตอนที่นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนที่วางไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้ ถ้าไม่สามารถแก้ปัญหได้ตามแผนที่วางไว้ต้องค้นหาสาเหตุโดยใช้ข้อผิดพลาดมาประกอบการตัดสินใจในค้นหาวិธีการแก้ปัญหานั้นจนสามารถทำได้สำเร็จ

5.4 ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล (Looking back)

เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา โดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมบูรณ์และความสมเหตุสมผลของคำตอบว่าเป็นตามสิ่งที่โจทย์ปัญหาต้องการหาคำตอบ และยุทธวิธีแก้ปัญหานั้นใช้ตรงตามเงื่อนไขของโจทย์ปัญหานั้นที่กำหนดให้

ความสามารถในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนวัดโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นแบบอัตนัยแสดงวิธีทำจำนวน 5 ข้อ ประเมินโดยใช้เกณฑ์การประเมิน (Rubric score)

6. เกณฑ์ร้อยละ 70 หมายถึง คะแนนขั้นต่ำที่จะยอมรับว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้ ร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนรวม ซึ่งอยู่ในระดับดี (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2552)



กรอบแนวคิดในการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)



ภาพที่ 1-1 แผนภาพแสดงการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประกอบในการวิจัย ดังนี้

1. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
 - 1.1 ความสำคัญของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
 - 1.2 สาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้
 - 1.3 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
 - 1.4 คุณภาพผู้เรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด
 - 2.1 ความหมายของวิธีการแบบเปิด
 - 2.2 แนวคิดเกี่ยวกับวิธีการแบบเปิด
 - 2.3 แนวคิดเกี่ยวกับปัญหาปลายเปิด
 - 2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด
3. การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด
 - 3.1 ความหมายของการเรียนรู้แบบร่วมมือ
 - 3.2 แนวคิดและความสำคัญของการเรียนรู้แบบร่วมมือ
 - 3.3 เทคนิควิธีการเรียนรู้แบบร่วมมือ
 - 3.4 ประโยชน์ของการเรียนรู้แบบร่วมมือ
 - 3.5 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด
 - 3.6 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด
 - 3.7 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด
4. การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

- 5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
- 5.2 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 5.3 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
- 5.4 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
- 5.5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
6. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 6.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 6.2 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 6.3 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 6.4 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 6.5 กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 6.6 องค์ประกอบในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 6.7 กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 6.8 การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 6.9 การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 7.1 งานวิจัยต่างประเทศ
 - 7.2 งานวิจัยภายในประเทศ

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.1 ความสำคัญของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ดำเนินการจัดทำมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2561) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 พร้อมทั้งจัดทำสาระการเรียนรู้แกนกลางของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในแต่ละระดับชั้น เพื่อให้เขตพื้นที่การศึกษา หน่วยงานระดับท้องถิ่น และสถานศึกษาทุกสังกัด ที่จัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้นำไปใช้เป็นกรอบและทิศทางในการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2560, หน้า 1-38) ได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผนแก้ปัญหา ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ อันเป็นรากฐานในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมกับนานาชาติ การศึกษาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับนี้ จัดทำขึ้นโดยคำนึงถึงการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นสำคัญ นั่นคือ การเตรียมผู้เรียนให้มีทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การใช้เทคโนโลยี การสื่อสารและการร่วมมือ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนรู้เท่าทัน การเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อม สามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้ ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ประสบความสำเร็จนั้น จะต้องเตรียมผู้เรียนให้มีความพร้อมที่จะเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ พร้อมทั้งประกอบอาชีพเมื่อจบการศึกษา หรือสามารถศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ดังนั้นสถานศึกษาควรจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมตามศักยภาพของผู้เรียน

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสาระพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคนไว้ 3 สาระ ได้แก่ จำนวนและพีชคณิต การวัดและเรขาคณิต และสถิติและความน่าจะเป็น โดยผู้เรียนจะได้เรียนรู้ ดังนี้

จำนวนและพีชคณิต เรียนรู้เกี่ยวกับ ระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง อัตราส่วน ร้อยละ การประมาณค่า การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน การใช้จำนวนในชีวิตจริง แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซต ตรรกศาสตร์ นิพจน์ เอกนาม พหุนาม สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ดอกเบี้ยและมูลค่า ของเงิน ลำดับและอนุกรม และการนำความรู้เกี่ยวกับจำนวน และพีชคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

การวัดและเรขาคณิต เรียนรู้เกี่ยวกับความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตร และความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ รูปเรขาคณิต และสมบัติของรูปเรขาคณิต การนิยาม แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบท

ทางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิตในเรื่องการเลื่อนขนาน การสะท้อน การหมุน และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัด และเรขาคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

สถิติและความน่าจะเป็น เรียนรู้เกี่ยวกับการตั้งคำถามทางสถิติ การเก็บรวบรวมข้อมูล การคำนวณค่าสถิติ การนำเสนอและแปลผลสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ หลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจ

1.2 สารการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคน ดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

- มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้
- มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ พังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้
- มาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

- มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้
- มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่าง รูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

- มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา
- มาตรฐาน ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

1.3 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้เดินมาถึงความรู้ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในที่นี้ เน้นที่ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น และต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ได้แก่ความสามารถต่อไปนี้

1. การแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์ วางแผน ปัญหา และเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความสะดวกสมผลของคำตอบ ตรวจสอบความถูกต้อง
2. การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในภาษา และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมาย สรุปผล และนำเสนอได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน
3. การเชื่อมโยง เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เนื้อหาต่าง ๆ หรือศาสตร์อื่น ๆ และนำไปใช้ในชีวิตจริง
4. การให้เหตุผล เป็นความสามารถในการให้เหตุผล รับฟังและให้เหตุผลสนับสนุน หรือโต้แย้งเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยมีข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รองรับ
5. การคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถในการขยายแนวคิดที่มีอยู่เดิม หรือสร้างแนวคิดใหม่ เพื่อปรับปรุง พัฒนาองค์ความรู้

1.4 คุณภาพผู้เรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนจริง ความสัมพันธ์ของจำนวนจริง สมบัติของจำนวนจริงและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม และใช้ความรู้ความเข้าใจในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรและอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพหุนาม การแยกตัวประกอบของพหุนาม สมการกำลังสองและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลำดับ กราฟของความสัมพันธ์ และฟังก์ชันกำลังสอง และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

- มีความรู้ความเข้าใจทางเรขาคณิตและใช้เครื่องมือ เช่น วงเวียนและสันตรง รวมทั้งโปรแกรม The Geometer's Sketchpad หรือ โปรแกรมเรขาคณิตพลวัตอื่น ๆ เพื่อสร้างรูปเรขาคณิต ตลอดจนนำความรู้เกี่ยวกับการสร้างนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรูปเรขาคณิตสองมิติ และรูปเรขาคณิตสามมิติและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติ และรูปเรขาคณิตสามมิติ
- มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลมและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของเส้นขนาน รูปสามเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการ รูปสามเหลี่ยมคล้าย ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการแปลงทางเรขาคณิต และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องทฤษฎีบทเกี่ยวกับวงกลม และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
- มีความรู้ความเข้าใจทางสถิติในการนำเสนอข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และแปลความหมายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแผนภาพจุด แผนภาพต้น-ใบ ฮิสโทแกรม ค่ากลางของข้อมูล และแผนภาพกล่อง และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ รวมทั้งนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริง โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความน่าจะเป็นและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

ผู้วิจัยพบว่า คุณภาพของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ คือ มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลมและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 18-27) พบว่า สาระที่เกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ได้แก่ สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต ซึ่งมาตรฐานการเรียนรู้ได้แก่ มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

และนำไปใช้ และมาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

ตารางที่ 2-1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่เกี่ยวข้องประจำมาตรฐาน ค 2.1

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม. 2	1. ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	พื้นที่ผิว ● การหาพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอก ● การนำความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอกไปใช้ในการแก้ปัญหา
	2. ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	ปริมาตร ● การหาปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอก ● การนำความรู้เกี่ยวกับปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกไปใช้ในการแก้ปัญหา

การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด

2.1 ความหมายของวิธีการแบบเปิด

มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ซึ่งได้รวบรวมไว้ดังนี้

Becker and Shimada (1997, อ้างถึงใน พัทธยากร บุสสุยา, 2559) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด คือ วิธีการสอนโดยครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียน ซึ่งสถานการณ์ปัญหานั้นไม่จำเป็นที่จะต้องมีการแก้ปัญหาหรือมีคำตอบเพียงอย่างเดียว ครูต้องใช้ความหลากหลายของกระบวนการในการแก้ปัญหาที่ทำให้นักเรียนได้ประสบการณ์ในการค้นพบสิ่งใหม่โดยใช้ความรู้ ทักษะ และการคิดทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนมีอยู่ กิจกรรม

การเรียนรู้ในห้องเรียนจะต้องช่วยให้นักเรียนใช้คณิตศาสตร์กับสถานการณ์อย่างเหมาะสม นักเรียนได้ค้นหากฎหรือความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้ความรู้และทักษะที่มีอยู่ นักเรียนได้แก้ปัญหา ตรวจสอบผลลัพธ์รวมถึงได้ทราบแนวคิดใหม่จากนักเรียนคนอื่น ๆ และเปรียบเทียบความแตกต่างของแนวคิดนั้นแล้วนำมาปรับปรุงและพัฒนาแนวคิดต่อไป

Nohda (2000) ลักษณะของชั้นเรียนที่ใช้วิธีการแบบเปิดจะมีการอภิปรายกันแนวคิดและแนวคิดที่หลากหลายของนักเรียนและการพัฒนาแนวคิดและแนวคิดที่หลากหลายนี้ผ่านประสบการณ์ร่วมกับกลุ่มเพื่อน และการแนะนำที่เหมาะสมของครู ดังนั้นชั้นเรียนที่เน้นวิธีการแบบเปิดสามารถทำให้เกิดการสร้างควมสนใจร่วมกันในชั้นเรียนซึ่งเน้นการอภิปรายและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544) กล่าวว่า จากการสัมมนาคณะผู้แทนด้านคณิตศาสตร์ศึกษา ระหว่างญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกาที่สอน โนลลู ในปี ค.ศ. 1986 ในหัวข้อเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ งานวิจัยของญี่ปุ่นเกี่ยวกับการสอนแบบปลายเปิด (Open-Ended Approach) ซึ่งเป็นการสอนที่ใช้ปัญหาปลายเปิดเป็นศูนย์กลางของกิจกรรมการเรียนการสอน มีผลการวิจัยชี้ว่ามีศักยภาพในการพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เป็นการวิจัยที่ได้รับความสนใจเป็นพิเศษ และเป็นจุดเน้นจุดหนึ่งของความร่วมมือทางการวิจัยของทั้งสองประเทศต่อมา ในปัจจุบันมีการใช้ปลายเปิดในการสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา และมัธยมศึกษาในประเทศ โดยนักคณิตศาสตร์ศึกษาชาวญี่ปุ่นนำมาใช้เพื่อต้องการประเมินการคิดระดับสูงในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียน ปัญหาปลายเปิดทำให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการเรียนรู้บางประการที่แปลกใหม่ แตกต่างไปจากเดิม จากการที่มีคำตอบเปิดกว้าง แม้ว่าจะมีผู้หาคำตอบของปัญหาได้แล้ว นักเรียนคนอื่นก็ยังมีโอกาสหาคำตอบอื่น ๆ ได้อีก รวมทั้งการทำทนายให้มีการแสวงหาวิธีการใหม่ในการหาคำตอบ เป็นความใหม่ในกระบวนการของการหาคำตอบของปัญหา ซึ่งต้องบูรณาการความรู้ที่มีมาก่อน ทักษะ และวิธีการคิดเข้าด้วยกัน นอกจากนี้ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างปัญหาขึ้นเองที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาเริ่มต้น และขยายปัญหาจากปัญหาเดิม การสอนโดยใช้ปัญหาปลายเปิดมีศักยภาพสูงในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ซึ่งนักเรียนจะค้นหา ด้วยความสนใจ และในขณะเดียวกันจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจคณิตศาสตร์จากการสำรวจศึกษาได้ดีขึ้น การสอนแบบปลายเปิดมีศักยภาพสำหรับการผลักดันนักเรียนเข้าสู่หัวใจของกระบวนการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือทำคณิตศาสตร์ และน่าจะช่วยลดทอนช่องว่างระหว่างการสอนจริงในชั้นเรียนกับมุมมองตามเป้าหมายของหลักสูตร

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2546) กล่าวว่า วิธีการแบบเปิดเป็นวิธีการสอนแบบหนึ่งที่จะส่งเสริมกระบวนการคิดระดับสูงทางคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาเป็นสื่อในการพัฒนา

ความรู้ความเข้าใจและทักษะการคิดของนักเรียน นักเรียนสามารถค้นพบสูตร กฎ และหลักการทางคณิตศาสตร์ได้ด้วยตัวของนักเรียนเอง ซึ่งเป็นการช่วยขยายความหมายทางการเรียนรู้ด้วยตนเอง

จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปใจความสำคัญได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) หมายถึง วิธีการสอนที่ส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยที่ครูเริ่มต้นกิจกรรมการสอนด้วยการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา และสถานการณ์ปัญหานั้นเป็นปัญหาปลายเปิดที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้หาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบด้วยวิธีการที่หลากหลายด้วยตนเอง แล้วนำวิธีการคิดนั้นไปแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันทั้งชั้นเรียน ซึ่งจะเกิดการเปรียบเทียบความเหมือนและแตกต่างของแนวคิดวิธีการ และเลือกวิธีการในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหานั้น ทำให้ผู้เรียนได้ข้อสรุป กฎเกณฑ์ หรือหลักการทางคณิตศาสตร์ที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับวิธีการแบบเปิด

นักการศึกษาต่างประเทศและในประเทศไทยได้กล่าวถึงแนวคิดเกี่ยวกับวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

เบคเกอร์และชิมาดะ (Becker; & Shimada, 1997, pp. 27) กล่าวว่า ปัญหาปลายเปิดจะทำให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการเรียนรู้บางประการที่แปลกใหม่แตกต่างไปจากเดิม จากการที่มีคำตอบเปิดกว้าง แม้ว่าจะมีผู้หาคำคำตอบของปัญหาได้แล้ว นักเรียนคนอื่นก็ยังมีโอกาสหาคำตอบอื่น ๆ ได้อีก รวมทั้งการท้าทายให้มีการแสวงหาวิธีการใหม่ในการหาคำตอบ ซึ่งต้องบูรณาการความรู้ที่มีมาก่อนทักษะและวิธีการเข้าด้วยกัน นอกจากนี้ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างปัญหาขึ้นเองที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาเริ่มต้นและขยายปัญหาจากปัญหาเดิม

Nohda (1983, อ้างถึงใน ไผ่ตริ อินทร์ ประสิทธิ์, 2547) กล่าวว่า วิธีการแบบปลายเปิดเน้นที่ปัญหาไม่ได้สิ้นสุดที่คำตอบ ๆ เดียวในวิธีการแบบเปิดของวิธีการเข้าสู่ปัญหาหนึ่ง ๆ ถือเป็นแง่มุมที่สำคัญของวิธีการแบบเปิดลักษณะของชั้นเรียนที่ใช้วิธีการแบบเปิด คือ มีการอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดและแง่คิดที่หลากหลายของนักเรียน และการพัฒนาแนวคิดและแง่คิดที่หลากหลายผ่านประสบการณ์เพื่อให้นักเรียนทุกคนสามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ในแนวทางที่ตอบสนองความสามารถของนักเรียนขยายต่อกิจกรรมทางคณิตศาสตร์เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ได้สูงสุดเต็มตามศักยภาพ การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดยึดหลักการ 3 ประการ ดังนี้

1. มีความสัมพันธ์กับความเป็นอิสระของกิจกรรมของนักเรียน นั่นคือต้องตระหนักในคุณค่าของกิจกรรมของนักเรียนโดยที่จะพยายามไม่เข้าไปสอดแทรกโดยไม่จำเป็น

2. มีความสัมพันธ์กับธรรมชาติของความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะในเชิงวิวัฒนาการ และเชิงบูรณาการ เนื่องจากเนื้อหาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่ เป็นระบบและมีความเป็นทฤษฎี เพราะฉะนั้นความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งที่มีความสำคัญมากเท่าใดก็ยิ่งทำให้เกิดความรู้ที่มีลักษณะ เชิงอุปมา มีความพิเศษและความเป็นลักษณะทั่ว ๆ ไปมากขึ้นเท่านั้น

3. มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจที่มีประโยชน์ของครูในชั้นเรียน ในชั้นเรียน คณิตศาสตร์บ่อยครั้งที่ครูต้องเผชิญกับแนวคิดของนักเรียนที่ครู ไม่ได้คาดการณ์มาก่อน ลักษณะนี้ ครูจะต้องมีบทบาทสำคัญในการที่จะทำให้แนวคิดเหล่านั้นมีบทบาทอย่างเต็มที่ในชั้นเรียน และพยายามอย่างจริงจังว่าทำอย่างไรนักเรียนคนอื่นจะสามารถเข้าใจได้แท้จริงเกี่ยวกับแนวคิด ที่ไม่ได้คาดการณ์มาก่อน

Nohda (2000) กล่าวถึงงานวิจัยส่วนมากเน้นที่ศักยภาพและแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนเป็นรายบุคคล การพัฒนาเกี่ยวกับวิธีการสอนเป็นความพยายามที่จะย้อนกลับ ไปสู่ความหลากหลายของแนวทางในการคิดของนักเรียนซึ่งถือเป็นประเด็นสำคัญ สำคัญ อีกอย่างหนึ่งในขณะนี้คือ การพัฒนาวิธีการสอนที่สามารถปรับเข้ากับ ความหลากหลาย ของแนวทางการคิดของนักเรียนได้ หรืออาจจะกล่าวได้ว่าการคิดทางคณิตศาสตร์มุมมอง ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและการพัฒนาวิธีการสอนจะต้องได้รับการบูรณาการเข้าด้วยกัน และสิ่งนี้ถือเป็นสิ่งที่ช่วยสร้างลักษณะเด่นของคณิตศาสตร์ศึกษาและงานวิจัยทางคณิตศาสตร์ศึกษา ได้ ด้วยเหตุนี้ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2547) กล่าวถึงวิธีการแบบเปิด (Open Approach) จึงเกิดขึ้น และถูกคาดหวังเพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการเปลี่ยนแปลงการจัดชั้นเรียนเรียนใหม่ แต่เนื่องจาก ความยากของคณิตศาสตร์ไม่ว่าจะเป็นเรื่องความเป็น โครงสร้าง ความเป็นนามธรรม หรือความที่ต้องมีกฎมีเกณฑ์มากมาย ดังนั้น การสอนโดยวิธีการแบบเปิดจึงมีเป้าหมายเพื่อให้ นักเรียนทุกคนสามารถเรียนคณิตศาสตร์ได้ในแนวทางที่ตอบสนองความสามารถของพวกเขา ควบคู่ไปกับระดับการตัดสินใจด้วยตนเองในการเรียนรู้ของตัวนักเรียนเอง และสามารถขยาย หรือเพิ่มเติมคุณภาพของกระบวนการและผลที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้ และหนึ่งในหลักสาม ประการที่สำคัญของการสอนที่ใช้วิธีการแบบเปิด คือ มีความสัมพันธ์กับธรรมชาติของความรู้ ทางคณิตศาสตร์ที่มีในลักษณะเชิงวิวัฒนาการและเชิงบูรณาการ นอกจากนี้การเปิดของวิธีการ แบบเปิดนั้นยังทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะสร้างโอกาสได้มากขึ้นสำหรับนักเรียนที่มีความสามารถ แตกต่างกันและมีความต้องการแตกต่างกันในการเข้าร่วมชั้นเรียน การได้มาซึ่งแนวทางคำตอบ ด้วยตนเองอย่างหลากหลาย ทำให้นักเรียนต้องสรุปคำตอบต่าง ๆ จากมุมมองเกี่ยวกับแนวคิด ทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ และในชั้นเรียนที่ใช้วิธีการแบบเปิดมุ่งที่จะเตรียมนักเรียนให้เข้าถึง สถานการณ์ที่ท้าทายโดยการใช้ปัญหาปลายเปิดที่มีศักยภาพที่จะตอบสนองความแตกต่างระหว่าง

บุคคล ทั้งในเรื่องของความสามารถและความสนใจ และเพื่อสนับสนุนการพัฒนาแนวทางในการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ และสุลัดดา ลอยฟ้า (2547) กล่าวโดยสรุปว่า วิธีการแบบเปิดมีประเด็นสำคัญ 3 ประการ ดังนี้

1. การเปิดใจของนักเรียนเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ กิจกรรมต่าง ๆ ทางการศึกษาควรจะเป็นไปเพื่อทำให้การเรียนรู้ของนักเรียนในปัจจุบันเปิดทางไปสู่การเรียนรู้ในอนาคต ครูควรพิจารณาว่าจะทำอะไรให้นักเรียนแต่ละคนค้นหาแนวทางชีวิตของตัวเองโดยอาศัยแนวคิด ทักษะ ความรู้ และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนมีอยู่ ซึ่งวิธีการแบบเปิดมีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนทุกคนสามารถเรียนคณิตศาสตร์ในแนวทางที่ตอบสนองของผู้เรียนเองทำให้ผู้เรียนกล้าตัดสินใจในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ กล้าที่จะขยายและเพิ่มเติมแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นได้ จึงกล่าวได้ว่าครูที่ใช้วิธีการแบบเปิด คือ ครูที่มีความพยายามทำความเข้าใจแนวคิดของผู้เรียนเป็นอย่างมาก ทำให้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในกิจกรรมคณิตศาสตร์ขึ้นไปอยู่ในระดับที่สูงขึ้น โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนใช้การเจรจาต่อรองความหมายกับนักเรียนคนอื่น อีกทั้งครูที่ใช้วิธีการแบบเปิดยังพยายามสนับสนุนให้นักเรียนได้มีการบริหารจัดการตัวเองเพื่อขยายกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ต่อไป ซึ่งการสอนด้วยวิธีการแบบเปิดจะยึดหลักสำคัญ 3 ประการ คือ 1) ความสัมพันธ์กับความเป็นอิสระของกิจกรรมของนักเรียน 2) มีความสัมพันธ์กับธรรมชาติของความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะในเชิงวิวัฒนาการและเชิงบูรณาการ และ 3) มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจที่มีประโยชน์ของครูในห้องเรียน

2. การเปิดและชนิดของปัญหา การเปิดและชนิดของปัญหาในวิธีการแบบเปิด มีการยอมรับทั้งปัญหาที่เป็นปัญหาที่มีคำตอบเดียว และปัญหาที่มีคำตอบที่หลากหลาย อีกทั้งยังยอมรับเรื่องการที่ปัญหาหนึ่ง ๆ มีปัญหาอีกหลายปัญหารวมอยู่ในปัญหานั้นด้วย ซึ่งปัญหาที่ใช้ในวิธีการแบบเปิดเป็นปัญหาที่ผู้เรียนไม่เคยประสบมาก่อน โดยจำแนกปัญหาปลายเปิดออกเป็น 3 ชนิด คือ 1) กระบวนการเปิด 2) ผลลัพธ์เปิด และ 3) แนวทางการพัฒนาปัญหาเปิด

3. การประเมินแนวทางคำตอบของนักเรียน การประเมินกิจกรรมของผู้เรียนในการสอนที่ใช้วิธีการแบบเปิดเป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่จะกล่าวถึง เพราะว่าเป้าหมายของวิธีการแบบเปิดไม่ใช่เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องแต่เพียงอย่างเดียว แต่เพื่อเป็นการส่งเสริมแนวทางในการคิดทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วไม่ใช่เรื่องง่ายที่ครูจะประเมินความหลากหลายทางคำตอบของผู้เรียน แต่การประเมินแนวทางคำตอบของผู้เรียนสามารถพิจารณาได้จากเกณฑ์ต่อไปนี้ 1) Fluency หมายถึง จำนวนคำตอบหรือแนวทางในการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนแต่ละคนสร้างขึ้นมีมากน้อยเพียงใด 2) Flexibility หมายถึง ความแตกต่าง

ของแนวความคิดทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนแต่ละคนค้นพบมีมาน้อยเพียงใด 3) Originality หมายถึง ระดับของความเป็นต้นแบบหรือแนวคิดริเริ่มของผู้เรียนอยู่ในระดับใด และ 4) Elegance หมายถึง ระดับของการนำเสนอแนวคิดของผู้เรียนมีความชัดเจนและยากง่ายเพียงใด

การเปิดใจของนักเรียนเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ (Opening Up the Hearts of Students toward Mathematics) กิจกรรมทางการศึกษาทั้งมวลควรจะเป็นไปเพื่อทำให้การเรียนรู้ของนักเรียนในปัจจุบันเปิดทางไปสู่การเรียนรู้ในอนาคต ในขณะเดียวกันนักเรียนก็สามารถที่จะได้มาซึ่งคุณสมบัติที่จำเป็นที่จะทำให้ชีวิตของพวกเขาประสบความสำเร็จหรือแม้กระทั่งในบริบทของคณิตศาสตร์ในโรงเรียนก็เช่นเดียวกัน เราควรที่จะต้องพิจารณาว่าทำอย่างไรจะกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละคนค้นหาแนวทางชีวิตสำหรับตัวเอง มีองค์รวมที่ดีทั้งทางกายและใจในการสนับสนุนชุมชนที่เขาดำรงอยู่อย่างเต็มแรงเต็มพลังโดยอาศัยแนวคิด ทักษะ ความรู้ และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นเราจะต้องพยายามอย่างเต็มที่ที่จะทำให้เกิดความเชื่อมั่นว่ากิจกรรมทางการศึกษาทุกชนิดเป็นสภาพแวดล้อมที่ดีที่สุดสำหรับการเรียนรู้ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ได้สูงสุดเต็มตามศักยภาพ ความชัดเจนอย่างหนึ่งสำหรับการเรียนคณิตศาสตร์ก็คือนักเรียนส่วนมากที่สามารถเรียนคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้ด้วยตัวเอง เมื่อถึงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายกลับรู้สึกว่ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องเรียนเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกินระดับมัธยมศึกษา ซึ่งสิ่งนี้น่าจะเป็นผลมาจากลักษณะของคณิตศาสตร์ที่มันยาก ไม่ว่าจะเป็นเรื่องความเป็น โครงสร้าง ความเป็นนามธรรม หรือความที่ต้องมีกฎเกณฑ์มากมาย (Nohda, 1982 อ้างใน ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2547)

เมื่อกล่าวถึงการสอนคณิตศาสตร์โดยทั่วไป ครูได้รับการคาดหวังว่ามีหน้าที่คอยช่วยเหลือให้นักเรียนเข้าใจ รวมทั้งมีหน้าที่ขยายความเพิ่มเติมรายละเอียดเกี่ยวกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อหวังให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์และเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ และรวมทั้งเรื่องอื่น ๆ ด้วย แต่การสอนคณิตศาสตร์ดังกล่าวซึ่งดำเนินไปตามแนวทางแบบเดิมของครูไม่สามารถที่จะเปิดใจของนักเรียนได้ถึงแม้ว่ากระบวนการและผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์จะน่าสนใจสำหรับครูอย่างยิ่ง แต่ในทางตรงกันข้ามการสอนที่ขึ้นชมกับแนวคิดของนักเรียนมากเกินไปก็สามารถนำไปสู่การสิ้นสุดกิจกรรมที่มีคุณภาพทางคณิตศาสตร์ต่ำและในที่สุดก็ไม่สามารถเปิดใจนักเรียนที่มีต่อคณิตศาสตร์ได้ เพื่อให้คุณภาพของกิจกรรมทางคณิตศาสตร์มีคุณภาพ ครูควรที่ได้ชื่นชมแนวคิดของนักเรียนพอสมควรไม่มากหรือน้อยจนเกินไป เมื่อทำได้ก็สามารถเปิดใจนักเรียนที่มีต่อคณิตศาสตร์ได้ ทำให้เจตคติต่อคณิตศาสตร์ดีขึ้น

การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดมีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนทุกคนสามารถเรียนคณิตศาสตร์ในแนวทางที่ตอบสนองความสามารถของนักเรียนควบคู่ไปกับระดับของการตัดสินใจ

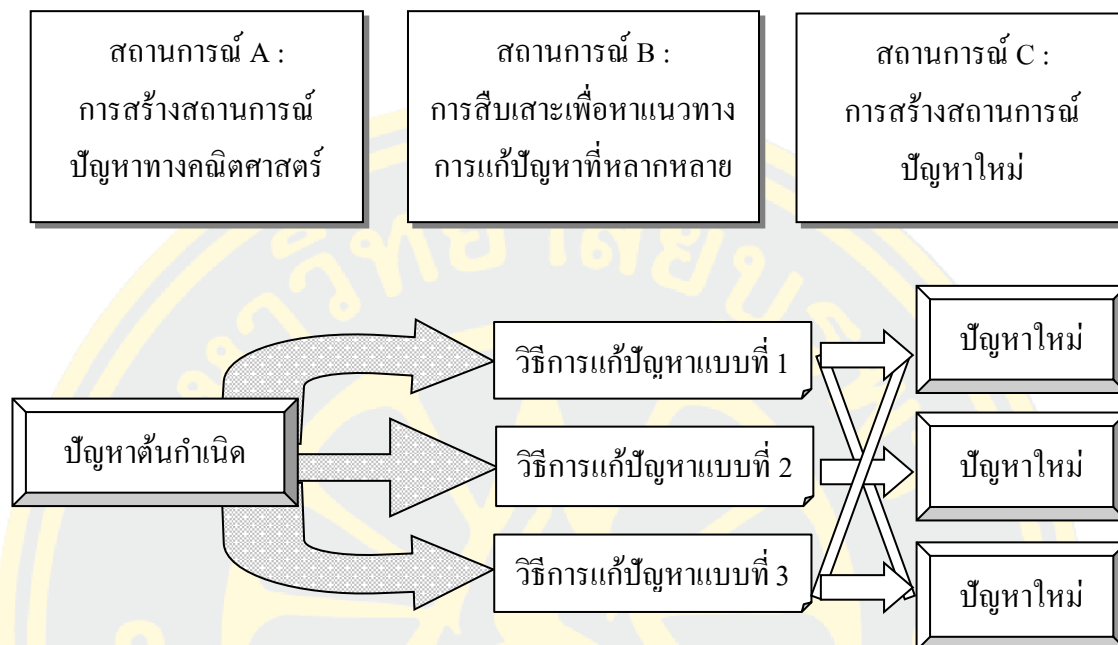
ด้วยตนเองในการเรียนรู้ของนักเรียน และสามารถขยายหรือเพิ่มเติมคุณภาพของกระบวนการ และผลที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้ หรือกล่าวได้ว่าครูที่ใช้วิธีการแบบเปิดในการสอนจำเป็น อย่างยิ่งที่จะต้องพยายามทำความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทำให้แนวคิด ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ขึ้นไปอยู่ในระดับสูงขึ้นโดยเปิดโอกาส ให้นักเรียนใช้การเจรจาต่อรองความหมายกับนักเรียนคนอื่น หรือโดยอาศัยการชี้แนะของครู นอกจากนี้ครูที่ใช้วิธีการแบบเปิดต้องพยายามสนับสนุนให้นักเรียนได้มีการบริหารจัดการตนเอง เพื่อขยายต่อกิจกรรมในเชิงคณิตศาสตร์ การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดมุ่งเน้นที่จะเปิดใจ ของนักเรียนที่มีต่อคณิตศาสตร์มากกว่าเน้นการสอนเนื้อหาให้ครบ

การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด ยึดหลักการ 3 ประการดังนี้

1. มีความสัมพันธ์กับความเป็นอิสระของกิจกรรมของนักเรียน นั่นคือเราจะต้อง ตระหนักในคุณค่าของกิจกรรมของนักเรียนโดยที่จะพยายามไม่เข้าไปสอดแทรกโดยไม่จำเป็น
2. มีความสัมพันธ์กับธรรมชาติของความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะในเชิงวิวัฒนาการ และเชิงบูรณาการ เนื่องจากเนื้อหาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่ เป็นระบบและมีความเป็นทฤษฎี เพราะฉะนั้นความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งที่มีความสำคัญมากเท่าใดก็ยิ่งทำให้เกิดความรู้ที่มีลักษณะ เชิงอุปมา มีความพิเศษและความเป็นลักษณะทั่ว ๆ ไปมากขึ้นเท่านั้น อุปมาเทียบได้กับว่าความรู้ ที่มีความสำคัญมากก็ยิ่งจะรู้ได้ล่วงหน้าว่าสามารถเปิดประตูสู่โลกแห่งความกว้างได้มาก ในขณะที่เดียวกันความรู้ต้นกำเนิดที่มีความสำคัญก็จะได้รับการสะท้อนอีกหลาย ๆ ครั้ง ต่อมาบน เส้นทางการวิวัฒนาการเกี่ยวกับความรู้ทางคณิตศาสตร์ การได้มีโอกาสไตร่ตรองหลาย ๆ ครั้ง เกี่ยวกับความรู้ต้นกำเนิดนั้นจะเป็นแรงผลักดันให้ก้าวเข้าไปสู่ประตูของ โลกแห่งความกว้าง ที่กล่าวมา

3. มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจที่มีประโยชน์ของครูในห้องเรียนคณิตศาสตร์บ่อยครั้ง ที่ครูต้องเผชิญกับแนวคิดของนักเรียนที่ครูไม่ได้คาดมาก่อน ในลักษณะนี้ครูจะต้องมีบทบาทสำคัญ ในการที่จะทำให้แนวคิดเหล่านั้นได้มีบทบาทอย่างเต็มที่ในชั้นเรียนและพยายามอย่างจริงจัง ว่าทำอย่างไรนักเรียนคนอื่นจะสามารถเข้าใจได้แท้จริงเกี่ยวกับแนวคิดที่ไม่ได้คาดมาก่อนนั้น โดยทั่วไปการสอนโดยใช้ปัญหาปลายเปิดประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหา 3 สถานการณ์ ดังนี้ สถานการณ์ A กำหนดสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาสถานการณ์หนึ่ง สถานการณ์ B สืบเสาะเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย และสถานการณ์ C สร้างสถานการณ์ ปัญหาใหม่ที่ก้าวหน้ากว่าเดิม ในสถานการณ์ A ซึ่งเป็นการกำหนดสถานการณ์ปัญหา ทางคณิตศาสตร์ขึ้นมานั้น บทบาทของครู คือ นำสถานการณ์ปัญหาหรือปัญหาด้านกำเนิดปัญหา

หนึ่งมนำเสนอกับนักเรียน บทบาทของนักเรียน คือ พยายามสร้างปัญหาคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ปัญหาหรือปัญหาด้นกำเนิดนั้นที่ตอบสนองต่อประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง



ภาพที่ 2-1 สถานการณ์การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open-Approach Method)
(ไมตรี อินประสิทธิ์, 2547)

ในสถานการณ์ B ซึ่งเป็นช่วงของการสืบเสาะเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาอย่างหลากหลายนั้นนักเรียนถูกคาดหวังที่จะค้นพบแนวทางในการแก้ปัญหของตนเอง โดยอาศัยประสบการณ์ของตนเอง ส่วนครูพยายามชี้แนะให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแนวทางคำตอบที่หลากหลายที่ได้มาเพื่อที่จะสามารถบูรณาการแนวทางคำตอบที่ดูเหมือนจะไม่เกี่ยวข้องกันเลยในตอนแรกให้สามารถรวมกันเป็นความรู้ในระดับสูงขึ้นในระยะต่อมา

ในสถานการณ์ C ซึ่งเป็นการสร้างสถานการณ์ปัญหาใหม่ที่ก้าวหน้ากว่าเดิม นักเรียนต้องพยายามสร้างปัญหาที่มีความเป็นกรณีทั่วไป (Generalization) มากขึ้น โดยอาศัยพื้นฐานจากกิจกรรมต่าง ๆ ที่เขาเกี่ยวข้องในสถานการณ์ B และจากที่ได้แก้ปัญหาเหล่านั้นนักเรียนได้รับการคาดหวังว่าจะสามารถค้นพบแนวทางคำตอบที่มีลักษณะเป็นกรณีทั่วไปได้มากขึ้น

นฤมล อินทร์ประสิทธิ์ (2552) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดมักเริ่มต้นด้วยการใช้ปัญหาปลายเปิด (Open-ended problem) ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหา 3 สถานการณ์ที่ครูให้นักเรียน คือ

สถานการณ์ A คือ สถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้นักเรียน ซึ่งปัญหาที่ครูกำหนดให้เป็นปัญหาปลายเปิดที่นักเรียนสามารถหาวิธีการในการแก้ไขปัญหาได้อย่างหลากหลาย และคำตอบที่ได้ก็จะเป็นคำตอบที่หลากหลาย

สถานการณ์ B คือ เมื่อนักเรียนเผชิญกับปัญหา นักเรียนต้องสืบเสาะพยายามหาแนวทางการแก้ปัญหาที่ครูกำหนดให้ กล่าวคือ นักเรียนต้องหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่ครูกำหนดให้ได้วิธีการและคำตอบที่หลากหลาย

สถานการณ์ C คือ สถานการณ์ที่ครูให้นักเรียนพยายามแก้ปัญหาใหม่ที่ก้าวหน้ากว่าเดิม กล่าวคือ นักเรียนต้องนำความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหาในสถานการณ์ A มาแก้ปัญหาต่อ

จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปใจความสำคัญเกี่ยวกับแนวคิดวิธีการแบบเปิด (Open Approach) หมายถึง วิธีการสอนที่ส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยที่ครูเริ่มต้นกิจกรรมการสอนด้วยการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา และสถานการณ์ปัญหานั้นเป็นปัญหาปลายเปิดที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีวิธีการคิดในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบด้วยวิธีการที่หลากหลายด้วยตนเอง แล้วนำวิธีการคิดนั้นไปแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับผู้อื่น ซึ่งจะเกิดการเปรียบเทียบความแตกต่างของแนวคิด และเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหานั้น ทำให้ผู้เรียนได้ข้อสรุป กฎเกณฑ์ หรือหลักการทางคณิตศาสตร์ที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับปัญหาปลายเปิด

นักวิชาการได้กล่าวถึงแนวคิดเกี่ยวกับปัญหาปลายเปิด ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

Becker and Shimada (1997) กล่าวว่า ความสำคัญของวิธีการแบบเปิดว่าเป็นปัญหาที่ถูกสร้างให้มีคำตอบที่ถูกต้องหลายคำตอบ การสอนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์แบบเดิม เมื่อนักเรียนถูกตั้งคำถามเพื่อเน้นหรือพัฒนาขั้นตอนวิธีการ (Methods) แนวทาง (Ways) หรือวิธี (Approaches) ในการได้คำตอบของปัญหาที่กำหนดให้ที่ไม่ใช่การหาคำตอบของปัญหา ในความหมายนี้นักเรียนกำลังเผชิญหน้าและลงมือกับปัญหาปลายเปิด เมื่อตั้งคำถามให้หาสิ่งที่ไม่ใช่คำตอบแต่เป็นวิธีการไปให้ถึงคำตอบ ดังนั้นจึงไม่ได้มีอยู่เพียงวิธีการเดียวแต่มีอยู่หลากหลายหรือเป็นจำนวนมาก วิธีสอนที่เรียกว่า "วิธีการแบบปลายเปิด" ชั้นเรียนจะดำเนินไปโดยใช้คำตอบที่ถูกต้องหลาย ๆ คำตอบที่มีต่อปัญหาที่ให้ไป เพื่อจัดเตรียมประสบการณ์ในการค้นหาสิ่งใหม่ ๆ กระบวนการที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนนั้น สิ่งใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นเป็นการรวมระหว่างความรู้ (Knowledge) ทักษะ (Skill) หรือวิธีคิด (Ways of thinking) ที่แต่ละคนได้เรียนรู้มาก่อนหน้านี้ จุดมุ่งหมายและกระบวนการเป็นจุดประสงค์ที่แสดงการคิดขั้นสูงทางคณิตศาสตร์ศึกษาเกิดขึ้นได้อย่างเป็นธรรมชาติในชั้นเรียนหรือในชีวิตประจำวันของนักเรียน

Nohda (2000 อ้างถึงใน ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ และคณะ, 2546) ได้กล่าวถึงลักษณะของปัญหาปลายเปิดไว้ว่า ปัญหาที่ใช้ในการสอนที่ใช้วิธีการแบบเปิดเป็นปัญหานักเรียนไม่คุ้นเคยมาก่อน (Non-routine Problems) ซึ่งมีลักษณะของความเปิด ดังนี้

1. มีความหลากหลายในกระบวนการแก้ปัญหา
2. เป็นปัญหาที่มีคำตอบที่ถูกต้องได้หลายคำตอบ
3. สร้างปัญหาใหม่ได้หลากหลายจากปัญหาดังกล่าว

Merliss and Daniel (2003, อ้างอิงใน สุขสมพร อาโนทัย, 2550) ปัญหาหลายเปิดเป็นปัญหาที่สามารถคิดวิธีการได้อย่างหลากหลายให้การหาคำตอบ หรือเป็นตัวกระตุ้นในการหาคำตอบได้หลายคำตอบ ปัญหาปลายเปิดเป็นการขยายความเข้าใจของนักเรียนให้เกิดเป็นปัญหาใหม่โดยอาศัยแนวคิดและประสบการณ์ของนักเรียนเป็นส่วนสำคัญในการอธิบายคำตอบและยังเป็นการพัฒนาทักษะกระบวนการคิดของนักเรียนได้ ซึ่งแนวคิดในการตอบคำถามปัญหาหลายเปิดมีแนวทางที่ต่างกัน 3 แนวทางคือ 1) การหาวิธีการแก้ปัญหาหลาย ๆ วิธีการหรือแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลายเพื่อให้ได้เพียงคำตอบเดียว 2) การหาคำตอบของปัญหาหลายเปิดได้หลาย ๆ คำตอบ 3) กำหนดปัญหาเพื่อเชื่อมโยงไปสู่ความคิดรวบยอดไปสู่หลาย ๆ ปัญหาซึ่งมีวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีเดียวหรือวิธีการแก้ปัญหาหลายวิธี

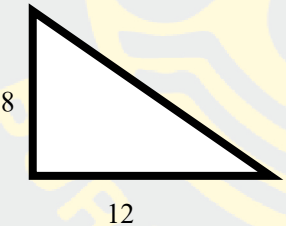
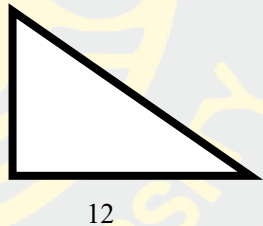
ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2547) ปัญหาหลายเปิด แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

1. กระบวนการเปิด โดยทั่วไปคณิตศาสตร์จะมีเพียงคำตอบเดียว แต่ถ้านักเรียนสามารถคิดแนวทางหาคำตอบได้หลากหลายคำตอบ จะช่วยให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมได้ตามความสามารถและความสนใจของตนเองโดยการแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อนในกลุ่ม
2. ผลลัพธ์เปิด คือ การหาคำตอบได้อย่างหลากหลายคำตอบ โดยผลลัพธ์เปิดจะมีทั้งข้อดีและข้อเสีย
3. แนวทางการพัฒนาปัญหาเปิด คือ หลังจากนักเรียนได้แก้ปัญหาเดิมแล้ว นักเรียนสามารถพัฒนาเป็นปัญหาใหม่โดยการลองเปลี่ยนเงื่อนไขหรือองค์ของปัญหา ซึ่งเรียกว่า “จากปัญหาสู่ปัญหาเปิด” นักเรียนจะรู้สึกสนุกในการตั้งปัญหาใหม่และได้แลกเปลี่ยนแนวคิดกับเพื่อน

จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปใจความสำคัญได้ว่า ปัญหาหลายเปิดเป็นปัญหาที่สามารถคิดวิธีการแก้ปัญหาหรือกระตุ้นการหาคำตอบได้หลากหลายวิธี สามารถขยายความเข้าใจของนักเรียนให้เกิดเป็นปัญหาใหม่ได้โดยอาศัยแนวคิด ความรู้ หรือประสบการณ์เดิมของนักเรียนในการหาคำตอบ และเป็นปัญหาที่นักเรียนไม่มีประสบการณ์มาก่อน โดยปัญหาหลายเปิดสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. กระบวนการแบบเปิด คือ ปัญหาที่มีกระบวนการหรือวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายวิธี
2. ผลลัพธ์แบบเปิด คือ ปัญหาที่มีหนึ่งคำตอบ หรือมากกว่าหนึ่งคำตอบ
3. การพัฒนาของปัญหาปลายเปิด คือ เป็นปัญหาที่สามารถเปลี่ยนเงื่อนไขของปัญหานั้น แล้วพัฒนาไปเป็นปัญหาปลายเปิดใหม่ได้

ตารางที่ 2-2 ตัวอย่างปัญหาปลายเปิด

ปัญหาปลายปิด	ปัญหาปลายเปิด
1. $(2 + 6) - 3 = [\quad]$	1. สร้างจำนวนใดก็ได้บ้างจาก 2, 3 และ 6
2. $3 \times 5 = [\quad]$	2. จงสร้างคำถามให้มีคำตอบเป็น 15
3. จงหาจำนวนต่อไปของลำดับ 1, 2, 4, ...	3. จงอธิบายว่าจำนวนต่อไปของลำดับ 1, 2, 4, ... ควรจะเป็นจำนวนใด
4. จงหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม	4. จงสร้างรูปสามเหลี่ยมให้มีพื้นที่เท่ากับพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมรูปนี้
	
5. เราเรียกรูปที่มีห้าด้านว่ารูปอะไร	5. เราสามารถสร้างรูปเรขาคณิตอะไรได้บ้างจากส่วนของเส้นตรงหาเส้น 5 เส้น
6. จงเขียนกราฟของ	6. จงศึกษากราฟของ $y = ax + b$ สำหรับค่าต่าง ๆ ของ a และ b
1) $y = 3x + 5$	
2) $y = 2x - 1$	
3) $y = 7 - x$	
7. ตั๊กตา 12 ตัว จัดใส่ถุง ถุงละ 3 ตัว จัดได้กี่ถุง	7. มีตั๊กตา 12 ตัว จัดใส่ถุง ถุงละเท่า ๆ กันได้กี่ถุง ถุงละกี่ตัว

2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

สติกลอร์และฮิเบิร์ต (Stigler & Hiebert, 1999 อ้างถึงใน เจนสมุทร แสงพันธ์, 2550, หน้า 25) ได้วิเคราะห์รูปแบบการสอนวิชาคณิตศาสตร์ของประเทศญี่ปุ่นซึ่งสอดคล้องกับการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นทบทวนบทเรียนที่เรียนในคาบที่ผ่านมา (Reviewing the previous lesson)

ในขั้นทบทวนนี้จะนำโดยการบรรยายสรุปสั้น ๆ จากครูหรือเป็นการนำอภิปรายที่นำโดยครูร่วมกับนักเรียนในประเด็นหลัก ๆ ที่ได้เรียนไปก่อนหน้า โดยมากแล้วการทบทวนจะนำมาสู่บทเรียนที่จะใช้ในคาบที่จะสอนบางครั้งเป็นการเอาวิธีการที่ได้สร้างไว้ในคาบที่ผ่านมาใช้ในการแก้ปัญหาที่จะสอน

2. ขั้นนำเสนอปัญหาของคาบที่จะสอน (Presenting the problem for the day) ปัญหาที่จะ

ใช้ถือเป็นปัญหาที่สำคัญ (Key problem) ที่นำไปสู่ขั้นตอนทั้งหมดของกิจกรรมการสอนในคาบนั้น และปัญหาที่ครูนำเสนอนั้นก็มักจะเป็นปัญหาปลายเปิด

3. ขั้นการทำกิจกรรมเดี่ยวหรือกลุ่มของนักเรียน (Students working individually or in

groups) หลังจากทีครูนำเสนอปัญหาของบทเรียนแล้วนักเรียนจะทำหรือแก้ปัญหาด้วยตัวเองของเขาก่อนประมาณไม่เกิน 20 นาที โดยมากประมาณ 5-10 นาที จากนั้นจึงเข้าไปทำงานกับกลุ่มเล็ก ๆ หรือกลุ่มย่อยเพื่อแก้ปัญหาและแสดงวิธีการคิดร่วมกัน ซึ่งส่วนใหญ่นักเรียนจะแก้ปัญหาด้วยตัวเองเสร็จไปก่อนที่จะเข้ากลุ่ม

4. ขั้นการอภิปรายวิธีการแก้ปัญหา (Discussing solution methods) หลังจากทีนักเรียน

ในกลุ่มได้แก้ปัญหาเสร็จแล้ว ในห้องเรียนจะมีการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนประมาณ 1-2 วิธีการ แล้วอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการนั้น ๆ โดยมากแล้วครูมักจะเรียกถามนักเรียน 1 คน หรือมากกว่านั้นเพื่อให้แสดงความคิดเห็นว่าได้ค้นพบอะไรบ้าง ครูมักจะเลือกนักเรียนให้ตอบมากกว่าการขออาสาสมัคร โดยถามถึงวิธีการที่นักเรียนคนนั้นทำโดยครูจะสังเกตเห็นแล้ว ในขณะที่เดินดูนักเรียนอยู่รอบ ๆ ห้อง และบางครั้งครูก็อาจนำเสนอวิธีการของตัวเองเพื่อแลกเปลี่ยนกับนักเรียนบ้าง เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ถึงวิธีการของครูที่ต้องการสอน และเมื่อนักเรียนออกมาเสนอวิธีการเสร็จแล้วนั้น ครูจะทำการสรุปและให้รายละเอียดในตอนท้าย

5. ขั้นสรุปประเด็นสำคัญ (Highlighting and summarizing the major points) ในช่วงท้ายของการสอนหรือระหว่างการทำกิจกรรมนั้น ครูจะบรรยายสรุปสั้น ๆ ในประเด็นที่สำคัญที่ครูต้องการให้นักเรียนได้รับในคาบนั้น

โนตะ (Nohda, 1983 อ้างถึงใน ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ 2547, หน้า 4-5) กล่าวว่าการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ครูเป็นผู้นำสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์มานำเสนอให้กับนักเรียน

2. การสืบเสาะเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนจะต้องพยายามค้นพบแนวทางการแก้ปัญหของตนเอง โดยอาศัยประสบการณ์ของตนเอง ครูมีหน้าที่ชี้แนะให้นักเรียนได้อภิปรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแนวทางคำตอบที่หลากหลายที่ได้มาเพื่อที่จะสามารถบูรณาการคำตอบให้สามารถนำมารวมกันเป็นความรู้ในระดับสูงขึ้นในระยะต่อมา

3. การสร้างสถานการณ์ปัญหาใหม่ เป็นการสร้างปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาเดิม นักเรียนจะต้องพยายามสร้างปัญหาที่มีความเป็นกรณีทั่วไปมากขึ้น โดยอาศัยพื้นฐานจากกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการสืบเสาะหาแนวทางการแก้ปัญหา และจากการที่ได้แก้ปัญหาเหล่านั้น นักเรียนจะได้รับการคาดหวังว่าจะสามารถค้นพบแนวทางคำตอบที่มีลักษณะเป็นกรณีทั่วไปมากขึ้น

Inprasitha (2010) ได้ปรับปรุงวิธีการแบบเปิดจากแบบฉบับของญี่ปุ่นให้เข้ากับวัฒนธรรมการจัดการเรียนการสอนของประเทศไทยได้ง่ายขึ้น โดยประกอบด้วยขั้นตอนทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. นำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open-ended problem) เป็นการแสดงสถานการณ์ปัญหาให้แก่ นักเรียน โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจกับปัญหา ชักถามข้อสงสัย และคิดที่จะพิสูจน์หรือแก้ปัญหานั้น

2. นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง (Students' self learning) ปล่อยให้ นักเรียนเรียนรู้จากการแก้ปัญหา โดยนักเรียนจะสร้างวิธีแก้ปัญหของตนเอง ใช้แนวคิดหรือวิธีการที่เคยเรียนรู้มาก่อนหน้านี้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา จดบันทึกและสะท้อนวิธีการแก้ปัญหผ่านการเขียนอธิบายด้วยแนวคิดของนักเรียนเอง พยายามที่จะแก้ปัญหด้วยวิธีที่หลากหลายนอกเหนือจากการหาเพียงคำตอบเท่านั้น จนนำไปสู่การค้นพบและการตรวจสอบความคิดของตนเอง ปรับปรุงให้เป็นแนวคิดใหม่ขึ้น

3. การอภิปรายและเปรียบเทียบทั้งชั้นเรียน (Whole class discussion and comparison) ให้นักเรียนนำแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหามานำเสนอ นักเรียนจะเกิดการเปรียบเทียบแนวคิด

ของตนกับแนวคิดอื่น ๆ ที่ถูกนำเสนอ นำไปสู่การตรวจสอบและสะท้อนวิธีการแก้ปัญหานั้น
ร่วมกันกับเพื่อน ๆ และครู รวมไปถึงการรับฟังและการแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

4. การสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ปรากฏในชั้นเรียน

(Summarization through connection students' mathematical ideas emerged in the classroom)

เป็นการประเมินแนวคิดหรือวิธีที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา อาจเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดหรือใช้เวลา
น้อยที่สุด

ตารางที่ 2-3 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)

สติกลอร์ และฮิเบิร์ต (Stigler and Hiebert, 1999 อ้างถึงใน เอนสมุทร แสงพันธุ์, 2550, หน้า 25)	โนตะ (Nohda, 1983 อ้างถึงใน ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2547, หน้า 4-5)	ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (Inprasitha, 2010)	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วย วิธีการแบบเปิด (Open Approach)
1. ขั้นทบทวนบทเรียนที่เรียน ในคาบที่ผ่านมา (Reviewing the previous lesson) ในขั้นทบทวน นี้จะนำ โดยการบรรยายสรุป สั้น ๆ จากครูหรือเป็นการนำ อภิปรายที่นำโดยครูร่วมกับ นักเรียนในประเด็นหลัก ๆ ที่ได้เรียนไปก่อนหน้านี้ โดยมาก แล้วการทบทวนจะนำสู่ บทเรียนที่จะใช้ในคาบที่จะสอน บางครั้งเป็นการเอาวิธีการที่ได้ สร้างไว้ในคาบที่ผ่านมามาใช้ ในการแก้ปัญหาที่จะสอน	1. การกำหนดสถานการณ์ ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ครู เป็นผู้นำเสนอการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์มานำเสนอ ให้กับนักเรียน	1. นำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open-ended problem) เป็นการแสดง สถานการณ์ปัญหาให้แก่ นักเรียน โดยให้นักเรียน ทำความเข้าใจกับปัญหา ซักถามข้อสงสัย และคิด ที่จะพิสูจน์หรือแก้ปัญหานั้น	ขั้นที่ 1 เตรียมความรู้และ กระตุ้นการเรียนรู้ เริ่มต้นด้วยครู ทบทวนความรู้ทางคณิตศาสตร์ เป็นประเด็นที่ใช้ในการแก้โจทย์ ปัญหาในคาบนั้นด้วยการตั้ง คำถามหรืออาจจะเป็น การบรรยายหรือสรุปสั้น ๆ ก่อนนำเข้าสู่บทเรียน จากนั้นครู นำเสนอสถานการณ์ปัญหา ปลายเปิด
2. ขั้นนำเสนอปัญหาของคาบ ที่จะสอน (Presenting the problem for the day) ปัญหา ที่จะใช้ถือเป็นปัญหาที่สำคัญ (Key problem) ที่นำไปสู่ขั้นตอน ทั้งหมดของกิจกรรมการสอน ในคาบนั้นและปัญหาที่ครู นำเสนอขึ้นมาก็จะเป็นปัญหา ปลายเปิด	2. การสืบเสาะเพื่อหาแนว ทางการแก้ปัญหา นักเรียน จะต้องพยายามค้นพบ แนวทางการแก้ปัญหา ของตนเอง โดยอาศัย ประสบการณ์ของตนเอง ครูมีหน้าที่ชี้แนะให้นักเรียน ได้อภิปรายเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างแนวทาง คำตอบที่หลากหลายที่ได้มา เพื่อที่จะสามารถบูรณาการ คำตอบให้สามารถนำมา	2. นักเรียนเรียนรู้ด้วย ตนเอง (Students' self learning) ปล่อยให้ให้นักเรียน เรียนรู้จากการแก้ปัญหา โดยนักเรียนจะสร้างวิธี แก้ปัญหาของตนเอง ใช้แนวคิดหรือวิธีการที่เคย เรียนรู้มาก่อนหน้านี้เป็น เครื่องมือในการแก้ปัญหา จดบันทึกและสะท้อนวิธีการ แก้ปัญหาผ่านการเขียนอธิบาย ด้วยแนวคิดของนักเรียนเอง	ขั้นที่ 2 เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา เป็นกลุ่ม ครูแบ่งนักเรียน เป็นกลุ่มกลุ่มละ 4-6 คน มีระดับ ความสามารถสูง ปานกลาง ค่อนข้างอ่อน และอ่อนลดกัน จากนั้นครูและนักเรียนทุกคน ร่วมกันอ่านและวิเคราะห์โจทย์ ปัญหาเบื้องต้น และให้นักเรียน แต่ละกลุ่มดำเนินการแก้โจทย์ ปัญหาเพื่อหาวิธีการในการแก้ โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ของกลุ่มตนเอง
3. ขั้นการทำกิจกรรมเดี่ยวหรือ กลุ่มของนักเรียน (Students working individually or in groups) หลังจากที่ถูกนำเสนอ			

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

สติกลอร์ และฮีเบิร์ต (Stigler and Hiebert, 1999 อ้างถึงใน เจนสมุทร แสงพันธุ์, 2550, หน้า 25)	โนดะ (Nohda, 1983 อ้างถึงใน ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2547, หน้า 4-5)	ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (Inprasitha, 2010)	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วย วิธีการแบบเปิด (Open Approach)
ปัญหาของบทเรียนแล้วนักเรียน จะทำหรือแก้ปัญหาด้วยตัวเอง ของเขาก่อนประมาณไม่เกิน 20 นาที โดยมากประมาณ 5-10 นาที จากนั้นจึงเข้าไปทำงานกับ กลุ่มเล็ก ๆ หรือกลุ่มย่อย เพื่อแก้ปัญหาและแสดงวิธีการคิด ร่วมกัน ซึ่งส่วนใหญ่ นักเรียนจะ แก้ปัญหาด้วยตัวเองเสร็จ ไปก่อนที่จะเข้ากลุ่ม	รวมกันเป็นความรู้ในระดับสูง ขึ้นในระยะต่อมา	พยายามที่จะแก้ปัญหาด้วยวิธี ที่หลากหลายนอกเหนือจาก การหาเพียงคำตอบเท่านั้น จนนำไปสู่การค้นพบ และการตรวจสอบความคิด ของตนเอง ปรับปรุงให้เป็น แนวคิดใหม่ขึ้น	
4. ขั้นตอนอภิปรายวิธีการ แก้ปัญหา (Discussing solution methods) หลังจากที่นักเรียน ในกลุ่มได้แก้ปัญหาเสร็จแล้ว ในห้องเรียนจะมีการนำเสนอ วิธีการแก้ปัญหาของนักเรียน ประมาณ 1-2 วิธีการ แล้วอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการ นั้น ๆ โดยมากแล้วครูมักจะเรียก ถามนักเรียน 1 คน หรือมากกว่า นั้นเพื่อให้แสดงความคิดเห็นว่า ได้ค้นพบอะไรบ้าง ครูมักจะ เลือกนักเรียนให้ตอบมากกว่า การขออาสาสมัคร โดยถามถึง วิธีการที่นักเรียนคนนั้นทำโดย ครูจะสังเกตเห็นแล้ว ในขณะที่ เดินดูนักเรียนอยู่รอบ ๆ ห้อง และบางครั้งครูก็อาจนำเสนอ วิธีการของตัวเองเพื่อแลกเปลี่ยน กับนักเรียนบ้าง เพื่อให้ให้นักเรียน ได้เรียนรู้ถึงวิธีการของครู ที่ต้องการสอน และเมื่อนักเรียน ออกมาแนะนำวิธีการเสร็จแล้ว นั้น ครูจะทำการสรุปและให้ รายละเอียดในตอนท้าย		3. การอภิปรายและ เปรียบเทียบทั้งชั้นเรียน (Whole class discussion and comparison) ให้นักเรียนนำ แนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหา มาแนะนำนักเรียนจะเกิด การเปรียบเทียบแนวคิด ของคนกับแนวคิดอื่น ๆ ที่ถูกนำเสนอ นำไปสู่ การตรวจสอบ และสะท้อน วิธีการแก้ปัญหานั้นร่วมกันกับ เพื่อน ๆ และครู รวมไปถึง การรับฟังและการแก้ไข ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น	ขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ภายในชั้นเรียน นักเรียนแต่ละ กลุ่มนำเสนอแนวคิดวิธีการ ในการแก้โจทย์ปัญหา โดยที่ครู และนักเรียนร่วมอภิปรายเกี่ยวกับ ประเด็นวิธีการในการแก้โจทย์ ปัญหายภายในชั้นเรียน

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

สติกลอร์ และฮีบอร์ต (Stigler and Hiebert, 1999 อ้างถึงใน เจนสมุทร แสงพันธุ์, 2550, หน้า 25)	โนดะ (Nohda, 1983 อ้างถึงใน ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2547, หน้า 4-5)	ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (Inprasitha, 2010)	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วย วิธีการแบบเปิด (Open Approach)
5. ขั้นสรุปประเด็นสำคัญ (Highlighting and summarizing the major points) ในช่วงท้ายของการสอน หรือหรือระหว่างการทำกิจกรรม นั้น ครูจะบรรยายสรุปสั้น ๆ ในประเด็นที่สำคัญที่ครูต้องการ ให้นักเรียนได้รับในคาบนั้น	3. การสร้างสถานการณ์ ปัญหาใหม่ เป็นการสร้าง ปัญหาจากสถานการณ์ปัญหา เดิมนักเรียนจะต้องพยายาม สร้างจะต้องพยายามสร้าง ปัญหาที่มีความเป็นกรณีทั่วไป มากขึ้น โดยอาศัยพื้นฐานจาก กิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ในการสืบเสาะหาแนวทาง การแก้ปัญหา และจากการ ที่ได้แก้ปัญหาเหล่านั้นนักเรียน จะได้รับการคาดหวังว่าจะ สามารถค้นพบแนวทาง คำตอบที่มีลักษณะเป็นกรณี ทั่วไปมากขึ้น	4. การสรุปโดยเชื่อมโยง แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียนที่ปรากฏในชั้นเรียน (Summarization through connection students' mathematical ideas emerged in the classroom) เป็นการประเมินแนวคิด หรือวิธีที่มีประสิทธิภาพ ในการแก้ปัญหา อาจเป็นวิธี ที่ง่ายที่สุดหรือใช้เวลาน้อย ที่สุด	ขั้นที่ 4 สรุปวิธีการแก้ปัญหา และประเด็นการเรียนรู้ ครูและนักเรียนร่วมกันสรุป วิธีการในการแก้ปัญหา ที่เหมาะสมของโจทย์ปัญหานั้น และสรุปแนวคิดที่เกิดจาก การเรียนรู้

จากตารางที่ 2-3 ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ผู้วิจัยสามารถสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เตรียมความรู้และกระตุ้นการเรียนรู้ เริ่มต้นด้วยครูทบทวนความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นประเด็นที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในคาบนั้นด้วยการตั้งคำถามหรืออาจจะเป็นการบรรยายหรือสรุปสั้น ๆ ก่อนนำเข้าสู่วิธีเรียน จากนั้นครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด

ขั้นที่ 2 เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน มีระดับความสามารถสูง ปานกลาง ค่อนข้างอ่อน และอ่อนคละกัน จากนั้นครูและนักเรียนทุกคนร่วมกันอ่านและวิเคราะห์โจทย์ปัญหาเบื้องต้น และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง

ขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในชั้นเรียน นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา โดยที่ครูและนักเรียนร่วมอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหายภายในชั้นเรียน

ขั้นที่ 4 สรุปวิธีการแก้ปัญหาและประเด็นการเรียนรู้ ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมของโจทย์ปัญหานั้น และสรุปแนวคิดที่เกิดจากการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด

3.1 ความหมายของการเรียนรู้แบบร่วมมือ

นักการศึกษาต่างประเทศและในประเทศไทยได้กล่าวถึงความหมายของการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

อาทซ์ท์ และนิวแมน (Artzt & Newman, 1990, pp. 448-449) ได้กล่าวถึง การเรียนรู้แบบร่วมมือกันว่าเป็นแนวทางการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ซึ่งสมาชิกในกลุ่มทุกคนต้องระลึกลึกเสมอว่าพวกเขามีความสำคัญที่จะช่วยให้กลุ่มประสบความสำเร็จหรือล้มเหลว ดังนั้นสมาชิกในกลุ่มต้องช่วยเหลือกันในการแก้ปัญหาคือการเรียนรู้ร่วมกัน ครูผู้สอนมีหน้าที่คอยให้ความช่วยเหลือ ชี้แนะแหล่งข้อมูลและจัดหาสื่ออุปกรณ์ให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถในการเรียนรู้อย่างเต็มที่

จอห์นสันและจอห์นสัน (Johnson & Johnson, 1991, pp. 6-7) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือ หมายถึง การเรียนรู้ที่จัดขึ้นโดยการคละกันระหว่างนักเรียนที่มีความสามารถต่างกัน นักเรียนทำงานร่วมกันและช่วยเหลือกันเพื่อให้กลุ่มของตนเองประสบผลสำเร็จในการเรียน

วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์ (2545, หน้า 51) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเป็นวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการจัดสภาพแวดล้อมทางการเรียนให้แก่ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ แต่ละกลุ่มประกอบด้วยสมาชิกที่มีความรู้ความสามารถแตกต่างกัน โดยที่แต่ละคนมีส่วนร่วมอย่างแท้จริงในการเรียนรู้และในความสำเร็จของกลุ่มทั้งโดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การแบ่งปันทรัพยากรการเรียนรู้ รวมทั้งเป็นกำลังใจแก่กันคนที่เรียนเก่งจะช่วยเหลือคนที่เรียนอ่อนกว่า สมาชิกในกลุ่มไม่เพียงแต่รับผิดชอบต่อการเรียนของตนเองเท่านั้น หากแต่จะต้องร่วมรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของเพื่อนสมาชิกทุกคนในกลุ่ม ความสำเร็จของแต่ละบุคคลคือ ความสำเร็จของกลุ่ม

ทิสนา เขมมณี (2547) ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบร่วมมือไว้ว่า การเรียนรู้รูปแบบร่วมมือ คือ การเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อยโดยมีสมาชิกกลุ่มที่มีความรู้ความสามารถแตกต่างกัน ประมาณ 3-6 คน ช่วยกันเรียนรู้เพื่อไปสู่เป้าหมายของกลุ่ม

ลักขณา สรวิวัฒน์ (2557) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ เป็นกลุ่ม โดยกลุ่มนั้นต้องประกอบด้วยสมาชิกที่มีความรู้ความสามารถแตกต่างกัน เพื่อให้แต่ละคนเห็นความสำคัญของเพื่อน

นักเรียนในกลุ่มซึ่งจะขาดไม่ได้ เพราะแต่ละคนมีความสามารถไม่เหมือนกันจึงต้องอาศัยซึ่งกันและกันในการเรียนรู้ คนที่เก่งจะช่วยเหลือคนที่เรียนอ่อนกว่าในด้านวิชาการ แต่คนที่เรียนอ่อนในด้านวิชาการอาจเก่งด้านการพูด หรือด้านการช่วยเหลือและให้กำลังใจต่อกัน นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความเห็นใจกันมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน มีความผูกพันกัน โดยยึดหลักความสำเร็จของกลุ่มคือความสำเร็จของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม

จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปใจความสำคัญได้ว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือหมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีลักษณะเป็นกลุ่มย่อย ประมาณ 3-6 คน สมาชิกในกลุ่มมีศักยภาพในการเรียนรู้ที่ต่างกัน และเรียนรู้ตามศักยภาพของตัวเอง มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน และช่วยเหลือเพื่อนำไปสู่เป้าหมายที่กำหนด และประสบความสำเร็จร่วมกัน

3.2 แนวคิดและความสำคัญของการเรียนรู้แบบร่วมมือ

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงแนวคิดและความสำคัญของการเรียนรู้แบบร่วมมือซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

จอห์นสัน และจอห์นสัน (Johnson & Johnson, 1974, pp. 213-240 อ้างถึงใน ทิสนา แฉมนน, 2558, หน้า 265) ได้ชี้ให้เห็นว่า ผู้เรียนควรร่วมมือกันมากกว่าการแข่งขันกัน เพราะการแข่งขันก่อให้เกิดสภาพการณ์แพ้-ชนะ ต่างจากการร่วมมือกันซึ่งก่อให้เกิดสภาพการณ์ของการชนะ-ชนะ อันเป็นสภาพการณ์ที่ดีกว่าทั้งทางด้านจิตใจและสติปัญญา หลักการเรียนรู้แบบร่วมมือมี 5 ประการ ดังนี้

1. การเรียนรู้ต้องอาศัยหลักการพึ่งพากัน (Positive interdependence) โดยถือว่าทุกคนสำคัญเท่าเทียมกันและจะต้องพึ่งพากันเพื่อความสำเร็จร่วมกัน
2. การเรียนรู้ที่ดีต้องอาศัยการหันหน้าเข้าหากัน มีปฏิสัมพันธ์กัน (Face to face interaction) เป็นการจัดผู้เรียนเข้ากลุ่มในลักษณะคละกันทั้งเพศ อายุ ความสามารถ ความสนใจ หรืออื่น ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้ช่วยเหลือสนับสนุนซึ่งกันและกันในการทำงานร่วมกัน
3. ทักษะการร่วมมือกันในสังคม (Cooperative social skills) ผู้เรียนต้องใช้ทักษะความร่วมมือในการทำงานให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งได้แก่ ทักษะการสื่อความหมาย การแบ่งปัน การช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และร่วมมือกันงานจะบรรลุผลตามความมุ่งหมายอย่างมีประสิทธิภาพสูง ถ้าทุกคนไว้วางใจกันและยอมรับความคิดเห็นของกันและกัน
4. กระบวนการกลุ่ม (Group processing) ผู้เรียนต้องช่วยกันประเมินประสิทธิภาพการทำงานของกลุ่ม และประเมินว่าสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มสามารถปรับปรุงการทำงานของตนเองให้ดีขึ้นได้อย่างไร สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันแสดงความคิดเห็นและตัดสินใจว่างานครั้งต่อไป

จะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ หรือควรปฏิบัติเช่นเดิมอีกหรือขั้นตอนการทำงานขั้นตอนใดที่ยังขาดตกบกพร่องและยังไม่ได้ และควรมีการปรับปรุงแก้ไขอะไรอย่างไร

5. ความรับผิดชอบเป็นรายบุคคล (Individual accountability) ผู้เรียนแต่ละคนต้องรับผิดชอบร่วมกันในการทำงานเพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จึงเป็นหน้าที่ของแต่ละกลุ่มที่ต้องคอยตรวจสอบดูว่าสมาชิกทุกคนได้เรียนรู้หรือไม่ โดยมีการประเมินว่าทุกคนรู้เรื่อง เห็นด้วยหรือไม่กับงานของกลุ่ม อาจมีการสุ่มถามผู้เรียนคนใดคนหนึ่งให้รายงานผลว่าเป็นอย่างไร ซึ่งอาจมีบางคนไม่เข้าใจหรือสับสนผู้เรียนคนอื่น ๆ ในกลุ่มจะได้ช่วยกันอธิบายให้เข้าใจจนสมาชิกคนใดคนหนึ่งในกลุ่มสามารถอธิบายได้ทันทีเมื่อมีการสอบถามหรือให้รายงาน

จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปใจความสำคัญเกี่ยวกับแนวคิดและความสำคัญของการเรียนรู้แบบร่วมมือว่า เป็นการจัดผู้เรียนเข้ากลุ่ม ผู้เรียนร่วมมือกันทำงานมากกว่าการแข่งขันกัน โดยช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียน แสดงความคิดเห็นยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน และผู้เรียนแต่ละคนต้องรับผิดชอบร่วมกันในการทำงานเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายของกลุ่ม

3.3 เทคนิควิธีการเรียนรู้แบบร่วมมือ

มีนักการศึกษาต่างประเทศและในประเทศไทยได้กล่าวถึงเทคนิควิธีการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

Kagan (1994) ได้ให้นิยามของการเรียนรู้แบบร่วมมือกันเรียนรู้ว่าเป็นยุทธวิธีการสอนที่ประสบความสำเร็จที่กลุ่มย่อย ซึ่งประกอบด้วยสมาชิกที่มีความสามารถแตกต่างกันได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อทำความเข้าใจเนื้อหาสาระที่เรียนได้ดีขึ้น สมาชิกทุกคนในกลุ่มย่อยต้องรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเองและช่วยเหลือสมาชิกของกลุ่มให้เรียนรู้ด้วยเพื่อการบรรลุผลสัมฤทธิ์ของกลุ่ม สมาชิกแต่ละคนต้องทำงานที่ได้รับมอบหมายจนสมาชิกทุกคนในกลุ่มมีความเข้าใจและทำงานประสบความสำเร็จ นอกจากนี้ยังได้กำหนดกิจกรรมในชั้นเรียน (Class Activity) ที่เรียกว่า Think-Pair-Share (TPS) เป็นรูปแบบกิจกรรมอย่างหนึ่งของการเรียนรู้แบบร่วมมือกันเรียนรู้ ซึ่งมีโครงสร้างการร่วมมือกัน 3 ขั้นตอน คือ ขั้นแรก นักเรียนคิดคนเดียวเกี่ยวกับคำถามที่ครูถาม ขั้นที่สอง นักเรียนจับคู่กันแล้วแลกเปลี่ยนความคิด และขั้นที่สาม นักเรียนแต่ละคู่แลกเปลี่ยนคำตอบของพวกเขากับนักเรียนคู่อื่น ทีมอื่น หรือกลุ่มอื่น การทำตามขั้นตอนดังกล่าวเป็นไปตามองค์ประกอบของการเรียนรู้แบบร่วมมือกันเรียนรู้ ดังนี้

1. การขึ้นอยู่กับซึ่งกันและกันเชิงบวก (Positive Interdependence) กล่าวคือ ความพยายามของสมาชิกกลุ่มแต่ละคนเป็นสิ่งที่ต้องการและขาดไม่ได้เพื่อความสำเร็จของกลุ่ม สมาชิกกลุ่ม

แต่ละคนจะทำประโยชน์ให้กลุ่มเพื่อสร้างความพยายามร่วมกันตามบทบาทและความรับผิดชอบ
ต่องานที่ได้รับมอบหมาย

2. ปฏิสัมพันธ์แบบเผชิญหน้า (Face-to-Face Interaction) กล่าวคือ มีการอธิบายวิธีการ
แก้ปัญหาให้เพื่อนฟัง สอนเพื่อนคนอื่น ตรวจสอบความเข้าใจ อภิปรายเกี่ยวกับความคิดรวบยอด
และเชื่อมโยงการเรียนรู้ก่อนหน้ากับการเรียนรู้ในปัจจุบัน

3. การพิจารณาความเป็นปัจเจกบุคคลและกลุ่ม (Individual & Group Accountability)
กล่าวคือ การจัดกลุ่มที่มีขนาดเล็กหรือกลุ่มย่อยหรืออาจจะมีบางช่วงที่ให้ทำงานเดี่ยว
จัดให้มีการทดสอบรายบุคคล สุ่มตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยการเรียกนักเรียนให้
นำเสนอผลงานของกลุ่มต่อครูหรือต่อนักเรียนทั้งชั้น

4. ทักษะระหว่างบุคคลและทักษะการทำงานกลุ่มย่อย (Interpersonal & Small-Group
Skills) กล่าวคือ ทักษะทางสังคมจะต้องถูกสอน ซึ่งได้แก่ ความเป็นผู้นำ การตัดสินใจ การสร้าง
ความน่าเชื่อถือ การสื่อสาร และการจัดการความขัดแย้ง

5. กระบวนการกลุ่ม (Group Processing) กล่าวคือ สมาชิกกลุ่มอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับ
วิธีการที่ดีเพื่อนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายร่วมของพวกเขาและรักษาความสัมพันธ์ในการทำงาน
อย่างมีประสิทธิภาพไว้ มีการบรรยายเกี่ยวกับการกระทำที่มีประโยชน์และไม่มีประโยชน์
มีการตัดสินใจเกี่ยวกับพฤติกรรมที่จะทำต่อหรือเปลี่ยนแปลง

วันเพ็ญ จันทรเจริญ (2542, หน้า 119-122) กล่าวว่า เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่นิยม
ใช้กันมีเทคนิคที่สำคัญ 2 แบบ คือ แบบเป็นทางการ (Formal cooperative learning)
และแบบไม่เป็นทางการ (Informal cooperative learning)

1. การเรียนรู้แบบร่วมมืออย่างเป็นทางการได้ 9 เทคนิค ดังนี้

1.1 เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มด้วยเกม (Team-Games-Tournament หรือ TGT)
คือ การจัดกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มเล็ก ๆ กลุ่มละ 4 คน ระดับความสามารถต่างกัน ครูกำหนดบทเรียน
และการทำงานของกลุ่มเอาไว้ ครูทำการสอนบทเรียนให้นักเรียนทั้งชั้นแล้วให้กลุ่มทำงาน
ตามที่กำหนด นักเรียนในกลุ่มช่วยเหลือกัน เด็กเก่งช่วยและตรวจงานของเพื่อนให้ถูกต้องก่อน
นำส่งครู แล้วจัดกลุ่มใหม่เป็นกลุ่มแข่งขันที่มีความสามารถเท่า ๆ กัน มาแข่งขันตอบปัญหา
ซึ่งจะมีการจัดกลุ่มใหม่ทุกสัปดาห์ โดยพิจารณาจากความสามารถของแต่ละบุคคล คะแนนของกลุ่ม
จะได้จากคะแนนของสมาชิกที่เข้าแข่งขันร่วมกับกลุ่มอื่น ๆ รวมกัน แล้วมีการมอบรางวัลให้แก่
กลุ่มที่ได้คะแนนสูงเกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้

1.2 เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (Student Team Achievement Division
หรือ STAD) คือ การจัดกลุ่มเหมือน TGT แต่ไม่มีการแข่งขันกัน โดยให้นักเรียนทุกคนต่างทำ

ข้อสอบ แล้วนำคะแนนพัฒนาการ (คะแนนที่ดีกว่าเดิมในการสอบครั้งแรก) ของแต่ละคนมารวมกันเป็นคะแนนกลุ่มและมีการให้รางวัล

1.3 เทคนิคการจัดกลุ่มแบบช่วยรายบุคคล (Team Assisted Individualization หรือ TAI) เทคนิคนี้เหมาะกับวิชาคณิตศาสตร์ ใช้สำหรับประถมศึกษาปีที่ 3-6 วิธีนี้สมาชิกกลุ่มมี 4 คน มีระดับความรู้ต่างกัน ครูเรียกนักเรียนที่มีความรู้ระดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มมาสอนตามความยากง่ายของเนื้อหา วิธีที่สอนจะแตกต่างกัน นักเรียนกลับไปยังกลุ่มของตน และต่างคนต่างทำงานที่ได้รับมอบหมายแต่ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีการให้รางวัลกลุ่มที่ทำคะแนนได้ดีกว่าเดิม

1.4 เทคนิคโปรแกรมการร่วมมือในการอ่านและเขียน (Cooperative Integrated Reading and Composition หรือ CIRC) เทคนิคนี้ใช้สำหรับวิชาอ่าน เขียน และทักษะอื่น ๆ ทางภาษา สมาชิกในกลุ่มมี 4 คน มีความรู้พื้นฐานเท่ากัน 2 คน อีก 2 คนก็เท่ากัน แต่ต่างระดับความรู้กับ 2 คนแรก ครูจะเรียกคู่ที่มีความรู้ระดับเท่ากันจากกลุ่มทุกกลุ่มมาสอน ให้กลับเข้ากลุ่มแล้วเรียกคู่ต่อไปจากกลุ่มทุกกลุ่มมาสอน คะแนนของกลุ่มพิจารณาจากคะแนนสอบของสมาชิกกลุ่มเป็นรายบุคคล

1.5 เทคนิคการต่อภาพ (Jigsaw) เทคนิคนี้ใช้สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3-6 สมาชิกในกลุ่มมี 6 คน ความรู้ต่างระดับกัน สมาชิกแต่ละคนไปเรียนร่วมกับสมาชิกในกลุ่มอื่นในหัวข้อที่ต่างออกไป แล้วทุกคนกลับเข้ามาเป็นกลุ่มของตน สอนเพื่อนในสิ่งที่ตนไปเรียนร่วมกับสมาชิกในกลุ่มอื่น ๆ มา การประเมินผลเป็นรายบุคคล แล้วรวมคะแนนเป็นของกลุ่ม

1.6 เทคนิคการต่อภาพ 2 (Jigsaw 2) เทคนิคนี้สมาชิกในกลุ่ม 4-5 คน นักเรียนทุกคนสนใจในบทเรียนเดียวกัน สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มให้ความสนใจในหัวข้อย่อยของบทเรียนต่างกัน ใครสนใจในหัวข้อเดียวกันจะมาประชุมกัน ค้นคว้าและอภิปราย แล้วกลับกลุ่มเดิมของตน สอนเพื่อนในเรื่องที่ตนไปประชุมกับสมาชิกในกลุ่มอื่นมา ผลการสอบของแต่ละคนเป็นคะแนนของกลุ่ม กลุ่มที่ทำคะแนนรวมได้ดีกว่าครั้งก่อน (คิดคะแนนเหมือน STAD) จะได้รับรางวัล

1.7 เทคนิคการตรวจสอบเป็นกลุ่ม (Group Investigation) เทคนิคนี้สมาชิกในกลุ่มมี 2-6 คน เป็นรูปแบบที่ซับซ้อน แต่ละกลุ่มเลือกหัวข้อเรื่องที่ต้องการจะศึกษาค้นคว้าสมาชิกในกลุ่มแบ่งหน้าที่กันทั้งกลุ่ม มีการวางแผนการดำเนินงานตามแผน การวิเคราะห์ การสังเคราะห์งานที่ทำ การนำเสนอผลงาน หรือรายงานต่อหน้าชั้น การให้รางวัล หรือคะแนนให้เป็นกลุ่ม

1.8 เทคนิคการเรียนรู้ร่วมกัน (Learning Together: LT) วิธีนี้สมาชิกในกลุ่มมี 4-5 คน ระดับความรู้ความสามารถต่างกัน มีการแบ่งบทบาทหน้าที่กันและผลัดเปลี่ยนบทบาทหน้าที่กัน เช่น คนที่ 1 รับผิดชอบเนื้อหาที่ 1 คนที่ 2 รับผิดชอบเนื้อหาที่ 2 หรือครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษา

ฝึกฝนทำความเข้าใจเนื้อหาใหม่ และทำแบบฝึกหัดหรือใบงานหรือบัตรกิจกรรมคะแนนของกลุ่ม
พิจารณาจากผลงาน

1.9 เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมกลุ่ม (Co-op-Co-op) ซึ่งเทคนิคนี้ประกอบด้วย
ขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ คือ นักเรียนช่วยกันอภิปรายหัวข้อที่จะศึกษา แบ่งหัวข้อใหญ่เป็นหัวข้อย่อย
แล้วจัดนักเรียนเข้ากลุ่มตามความสามารถที่แตกต่างกัน แต่ละกลุ่มเลือกหัวข้อที่จะศึกษา
ตามความสนใจ แบ่งหัวข้อย่อยออกเป็นหัวข้อเล็ก ๆ เพื่อให้ นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มเลือกไปศึกษา
และมีการกำหนดบทบาทหน้าที่ของแต่ละคนในกลุ่ม แล้วนำเสนอต่อกลุ่ม กลุ่มรวบรวมหัวข้อ
ต่าง ๆ จากนักเรียนทุกคนในกลุ่มแล้วรายงานผลต่อชั้นเรียน และมีการประเมินผลงานกลุ่ม

2. การเรียนรู้แบบร่วมมืออย่างไม่เป็นทางการ

สมพงษ์ สิงหะพล (2543, หน้า 181-182) กล่าวว่า เทคนิคการเรียนรู้ร่วมมืออย่างไม่เป็น
ทางการมี 14 เทคนิค ดังนี้

2.1 อภิปรายกลุ่มธรรมชาติ (Spontaneous group discussion) นักเรียนที่นั่งเป็นกลุ่มนั่ง
ชิดใกล้กันร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็นในเรื่องใดเรื่องหนึ่งของบทเรียน อาจอภิปราย
2-3 นาที ไปจนถึง 1 ชั่วโมง

2.2 ร่วมกันคิด (Numbered heads together) ในแต่ละกลุ่มทุกคนมีหมายเลขประจำตัว
เมื่อศึกษางานเสร็จครูเรียกหมายเลขใดหมายเลขหนึ่งให้ตอบคำถาม คนถูกเรียกถือเป็นตัวแทนกลุ่ม

2.3 ผลงานทีม (Team product) แต่ละกลุ่มทำงานให้สำเร็จภายในชั่วโมงเรียน
มอบหมายให้ทุกคนในกลุ่มมีบทบาท แล้วนำเสนองานต่อชั้นเรียน

2.4 ช่วยกันทบทวน (Cooperative review) แต่ละกลุ่มเวียนกันถามตอบเพื่อทบทวน
บทเรียน กลุ่มที่ถามได้ 1 คะแนน กลุ่มที่ตอบได้ตอบถูกได้ 1 คะแนน กลุ่มที่อธิบายข้อมูลเพิ่มเติม
ได้ 1 คะแนน

2.5 คู่คิด (Think-Pair-Share) นักเรียนนั่งเป็นคู่ในกลุ่มของตนเพื่อหาคำตอบที่ตกลง
กันเสนอคำตอบที่ตกลงกันต่อชั้นเรียน

2.6 เพื่อนเรียน (Partners) นักเรียนแต่ละกลุ่มจับคู่กันเรียน คู่หนึ่งอาจไปขอคำอธิบาย
สอบถามปรึกษาหรือจากกลุ่มอื่น เมื่อเข้าใจแจ่มแจ้งแล้วก็ถ่ายทอดความรู้คู่ผู้อื่นในกลุ่ม

2.7 มุมสนทนา (Corners) แต่ละกลุ่มแบ่งเป็นกลุ่มย่อย แต่ละกลุ่มย่อยนั่งตามมุม
หรือจุดต่าง ๆ ของห้อง จากนั้นทุกกลุ่มย่อย ๆ อธิบายเรื่องราวที่ได้ศึกษาในกลุ่มย่อยในมุมอื่นฟัง

2.8 เล่าเรื่องรอบวง (Round robin) นักเรียนทุกคนนั่งเป็นวงกลม แต่ละคนเล่าเรื่องให้
เพื่อนในชั้นฟังไปทีละคนจนครบ

2.9 ผู้ตรวจสอบ (Pair check) ในแต่ละกลุ่มให้นักเรียนจับคู่ 2-3 คู่ เมื่อรับโจทย์หรืองานจากครู คนหนึ่งแก้โจทย์ปัญหาหรือตอบคำถาม อีกคนหนึ่งเสนอแนะโจทย์ปัญหา ต่อไปก็สลับบทบาทกันทำโจทย์ปัญหาได้ 2-3 ปัญหา ให้แต่ละคู่ นำคำตอบไปตรวจสอบกับผู้อื่นในกลุ่มของตน

2.10 วงกลมสนทนา (Inside-outside circle) นักเรียนนั่งหรือยืนเป็นวงกลมสองวง จำนวนเท่ากัน วงในหันหน้าออก วงนอกหันหน้าเข้า คนอยู่ตรงข้ามจับคู่กัน เมื่อครูถามทั้งสองปรึกษาแล้วตอบคำถาม คำถามต่อไปครูให้สองกลุ่มเคลื่อนไปตรงข้ามกันแล้วถามคำถามใหม่จนจบบทเรียน

2.11 คู่งาน (Math mind) มอบหมายให้ทำงานตามบทเรียน แต่ละคนแสวงหาผู้ทำงานร่วมกัน ปรึกษากัน ช่วยกัน แต่ให้ทำส่งเป็นรายงานส่วนตัว

2.12 สัมภาษณ์ 3 ขั้น (Three-step interview) ในแต่ละกลุ่มให้จับคู่กัน 2-3 คู่ ในแต่ละคู่ คนที่ 1 ถาม คนที่ 2 ตอบ คนที่ 1 เล่าให้กลุ่มทราบว่าตอบอย่างไร คำถามต่อไปเปลี่ยนบทบาทกัน

2.13 เครือข่ายทีม (Team-work) แต่ละกลุ่มศึกษาบทเรียนแล้วเขียนแนวความคิดหลัก พร้อมแสดงความสัมพันธ์ของความคิดเห็นหลักในรูปของแผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม เพื่อให้เห็นเครือข่ายของความคิดว่าสัมพันธ์กันอย่างไร

2.14 กิจกรรม โต๊ะกลม (Roundtable) ให้เรียนเป็นกลุ่มใหญ่หรือกลุ่มย่อย ในแต่ละกลุ่มทุกคนเขียนคำตอบลงในกระดาษส่งทำส่งต่อไปเรื่อย ๆ จนครบ ทุกคนการเขียนตอบอาจให้ปรึกษากันหรือห้ามปรึกษากันก็ได้ จากนั้นตรวจคำตอบจากครู

ลักขณา สรีวัฒน์ (2557, หน้า 193-206) กล่าวว่า เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือมีมากมายหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบจะมีวิธีการดำเนินการที่ต่างกันตามวัตถุประสงค์เฉพาะ แต่ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบใดต่างก็ใช้หลักการเดียวกัน คือหลักการเรียนรู้แบบร่วมมือ 5 ประการ และมีวัตถุประสงค์ที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือเพื่อให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระที่ศึกษามากที่สุด โดยอาศัยการร่วมมือกัน การช่วยเหลือกัน และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างนักเรียนในกลุ่มและนักเรียนในระหว่างกลุ่มด้วยกัน ความแตกต่างของรูปแบบแต่ละรูปแบบจะอยู่ที่เทคนิคในการศึกษาเนื้อหาสาระและวิธีการเสริมแรงและจะให้รางวัลเป็นประการสำคัญ

ทิสนา เขมมณี (2554) ได้อธิบายเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ ดังต่อไปนี้

1. เทคนิคการต่อเรื่องราว (Jigsaw) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้มีการร่วมมือระหว่างสมาชิกในกลุ่มและมีการถ่ายทอดความรู้กันระหว่างกลุ่ม

2. เทคนิคการจัดทีมแข่งขัน (TGT: Team Games Tournament) เหมาะสำหรับการเรียนการสอนที่ต้องการให้กลุ่มนักเรียนได้ศึกษาประเด็น หรือปัญหาที่มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวซึ่งเป็นคำตอบที่ชัดเจน เช่น คณิตศาสตร์ การใช้ภาษา สังคมศึกษา เป็นต้น

3. เทคนิคแบ่งปันความสำเร็จ (STAD: Student Teams Achievement Division) เป็นการร่วมมือกันระหว่างสมาชิกในกลุ่ม โดยทุกคนจะต้องพัฒนาความรู้ของตนเองในเรื่องที่ครูกำหนด ซึ่งจะมีการช่วยเหลือทบทวนความรู้ให้แก่กัน มีการทดสอบเป็นรายบุคคลแทนการแข่งขันและรวมคะแนนเป็นกลุ่ม กลุ่มที่ได้คะแนนมากที่สุดจะเป็นฝ่ายชนะ เหมาะสำหรับการใช้ในการเรียนการสอนในบทเรียนที่มีเนื้อหาไม่ยากเกินไป

4. เทคนิคกลุ่มสืบค้น (GI: Group Investigation) เป็นเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่จัดนักเรียนออกเป็นกลุ่มเพื่อเตรียมทำงานหรือทำโครงการที่ผู้มอบหมายมอบหมายให้ เทคนิคนี้เหมาะสำหรับฝึกนักเรียนรู้จักสืบค้นความรู้ หรือวางแผน สืบสวน เพื่อแก้ปัญหาหรือหาคำตอบในประเด็นที่สนใจ ดังนั้นก่อนการดำเนินการดำเนินกิจกรรมทุกครั้งครูควรฝึกทักษะการสื่อสาร ทักษะการคิด ตลอดจนทักษะทางสังคมให้แก่นักเรียนก่อน

5. เทคนิคคู่คิด (Think-Pair-Share) เป็นเทคนิคที่ผู้สอนใช้คู่กับวิธีสอนแบบอื่นเรียกว่า เทคนิคคู่คิด เป็นเทคนิคที่ผู้สอนตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาให้นักเรียน ซึ่งอาจจะเป็นใบงานหรือแบบฝึกหัดก็ได้ และให้นักเรียนแต่ละคนคิดหาคำตอบของตนเองก่อน แล้วจับคู่กับเพื่อนอภิปรายคำตอบ เมื่อมั่นใจว่าคำตอบของตนถูกต้องแล้วจึงนำคำตอบไปอธิบายให้เพื่อนทั้งชั้นฟัง

6. เทคนิคเพื่อนคู่คิด 4 สหาย (Think-Pair-Square) เป็นเทคนิคที่ผู้สอนตอบคำถามหรือกำหนดปัญหาให้นักเรียน ซึ่งผู้สอนอาจทำเป็นใบงานหรือแบบฝึกหัดก็ได้ ให้นักเรียนแต่ละคนตอบคำถามหรือตอบปัญหาด้วยตนเองก่อน แล้วจับคู่กับเพื่อนนำคำตอบไปพลัดกันอธิบายคำตอบด้วยความมั่นใจ

7. เทคนิคคู่ตรวจสอบ (Pairs check) เป็นเทคนิคที่ครูตอบคำถามหรือกำหนดปัญหา (โจทย์) ให้กับนักเรียน โดยจัดทำเป็นใบงานหรือแบบฝึกหัดที่มีคำตอบหรือโจทย์หลายข้อ จำนวนข้อจะเป็นเลขคู่ นักเรียนจะจับคู่กันเมื่อได้รับโจทย์หรือปัญหาจากครู คนหนึ่งจะทำหน้าที่ตอบคำถามหรือแก้ปัญหาโจทย์ครบ 2 ข้อ แล้วให้สมาชิกทั้งคู่ (ซึ่งจัดในกลุ่มเดียวกัน) เปรียบเทียบคำตอบซึ่งกันและกัน เหมาะสมกับใบงานหรือแบบฝึกหัดที่ไม่ยากและไม่ซับซ้อน

8. เทคนิคการสัมภาษณ์ 3 ขั้นตอน (Three-step interview) เป็นเทคนิคที่ฝึกให้นักเรียนแต่ละคนได้มีประสบการณ์ในการสัมภาษณ์บุคคลและเก็บใจความสำคัญ หรืออาจจะเป็นการสรุปความคิดรวบยอดในเรื่องที่เรียน

9. เทคนิคร่วมกันคิด (Numbered heads together) เหมาะสมกับการทบทวนความรู้หรือตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ ครูใช้คำถามถามนักเรียนและให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคิดหาคำตอบ แล้วครูสุ่มเรียกสมาชิกคนหนึ่งของกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งออกมาตอบคำถาม

10. เทคนิคเล่าเรื่องรอบวง (Round robin) เป็นเทคนิคที่สมาชิกทุกคนในกลุ่มได้ผลัดกันเล่าประสบการณ์ ความรู้ที่ตนเองได้ศึกษาตลอดจนสิ่งที่ตนประทับใจให้แก่เพื่อน ๆ ในกลุ่มฟังทีละคน หรืออาจจะเป็นเรื่องสมาชิกในกลุ่มต้องการจะเสนอแนะแสดงความคิดเห็น แนะนำตนเองพูดถึงส่วนดีของเพื่อน ยกตัวอย่างการกระทำของบุคคลที่สอดคล้องกับเรื่องที่เรียนไปแล้ว หรือที่กำลังจะเรียน เป็นต้น โดยสมาชิกทุกคนได้ใช้เวลาในการเล่าเท่า ๆ กัน หรือใกล้เคียงกัน ซึ่งจะเป็นการฝึกให้นักเรียนเป็นคนมีความรู้และเทคนิคการเล่าเรื่องเป็นอย่างดี

3. ทฤษฎีกลุ่มสัมพันธ์

ด้วยเหตุที่กิจกรรมการเรียนรู้เป็นคู่ เป็นการเรียนที่อาศัยการทำกิจกรรมกลุ่มของหน่วยที่เล็กที่สุดของปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลสองคน ซึ่งในการทำกิจกรรมการเรียนการสอนแนวทางสำคัญที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งคือ หลักการเรียนรู้ของทฤษฎีกลุ่มสัมพันธ์ที่จะช่วยให้มองเห็นความสำคัญของการใช้ประโยชน์ของการเรียนเป็นกลุ่มมาส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้เป็นคู่ ซึ่งทฤษฎีกลุ่มสัมพันธ์ในการสอนเป็นการสอนที่ยึดหลักทฤษฎีกลุ่มสัมพันธ์เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน กล่าวคือเป็นการสอนที่เน้นหรือให้ความสนใจเป็นพิเศษในเรื่องของพฤติกรรมของคนที่มีความสัมพันธ์กัน โดยครูพยายามจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เป็นไปตามหลักการเรียนรู้ของทฤษฎีกลุ่มสัมพันธ์ ซึ่งทิสนา แคมมณี (อ้างถึงใน วิภาวดี, 2544, หน้า 33) ได้กล่าวถึงหลักการสอนไว้ดังนี้

3.1 หลักการสอนที่ยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งเน้นให้ครูพยายามจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนมีโอกาสเข้าร่วมในกิจกรรมให้ทั่วถึงที่สุด เพราะการที่นักเรียนได้มีบทบาทต่าง ๆ จะช่วยให้นักเรียนเกิดความพร้อม ความกระตือรือร้นที่จะเรียนและเรียนอย่างมีชีวิตชีวา

3.2 หลักการสอนที่ยึดการค้นพบด้วยตนเอง เป็นกระบวนการสำคัญในการเรียนรู้ ซึ่งเน้นให้ครูพยายามจัดการเรียนการสอนส่งเสริมให้นักเรียนได้พยายามค้นหาและพบคำตอบด้วยตนเอง ทั้งนี้เพราะการค้นพบความจริงใด ๆ ด้วยตนเองนั้นนักเรียนมักจะจดจำได้ดี และมักจะมีความพอใจให้เกิดความเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมได้มากกว่าการเรียนรู้ที่ได้รับจากการบอกเล่าของผู้อื่น

3.3 หลักการสอนที่ยึดกลุ่มเป็นแหล่งความรู้ที่สำคัญ ซึ่งเน้นให้ครูพยายามจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้มีโอกาสได้รู้จักกลุ่มให้มาก ทั้งนี้เพราะมนุษย์เป็นสัตว์สังคมจำเป็นต้องอาศัยการอยู่ร่วมกับผู้อื่น ซึ่งความคิดความรู้สึกและพฤติกรรมมีผลกระทบต่อกันและกันเสมอ

การให้นักเรียนได้ฝึกการเรียนรู้ในลักษณะกลุ่มนี้จะช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ และเรียนรู้ที่จะปรับตัวให้สามารถอยู่และทำงานกับผู้อื่นได้ดีขึ้น

3.4 หลักการสอนที่ยึดความสำคัญของกระบวนการเรียนรู้ว่าเป็นเครื่องมือที่จำเป็น ในการแสวงหาความรู้และคำตอบต่าง ๆ ดังนั้นครูจึงควรพยายามเน้นให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ ถึงกระบวนการต่าง ๆ ในการแสวงหาคำตอบด้วย ไม่ใช่มุ่งแต่ที่คำตอบอย่างเดียวโดยไม่คำนึง ถึงกระบวนการและวิธีการที่ได้คำตอบนั้นมา

3.5 หลักการสอนที่ยึดความสำคัญของการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันว่าเป็นสิ่ง ที่จำเป็นที่ช่วยให้การเรียนรู้มีความหมายมากขึ้น การสอนที่ยึดหลักการจัดกิจกรรมกลุ่มดังกล่าว ข้างต้นจะเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนได้ทั่วถึงกัน และในขณะเดียวกันก็ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้กันและกัน เรียนรู้การคิดวิเคราะห์หาหนทาง ในการค้นหาคำตอบต่าง ๆ ด้วยตนเองจากกิจกรรมการเรียนรู้ และนำความรู้ความเข้าใจไปใช้ ในชีวิตประจำวันได้ ดังที่ Dunn (อ้างถึงใน วิภาวดี, 2544, หน้า 34) ได้กล่าวว่า การสร้างกลุ่มเล็ก ๆ ที่มีความสัมพันธ์ต่อการเรียนจะเป็นการป้องกันไม่ให้นักเรียนมีความรู้สึกโดดเดี่ยว หรืออยู่คนเดียว การทำงานร่วมกันต่างฝ่ายต่างรับฟังความคิดเห็นของกันและกัน และช่วยกัน รับผิดชอบในด้านการเรียนด้วยความเชื่อมั่นในตนเอง ทำให้รู้สึกสนุกสนาน สร้างความสามัคคี วางใจกัน

เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ผู้วิจัยสนใจและนำไปใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เทคนิค เพื่อนคู่คิด เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ให้นักเรียนหาคำตอบหรือแก้ปัญหาด้วยตนเองก่อน แล้วนำ คำตอบมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันเป็นคู่ และอภิปรายปร่วมกันทั้งชั้นเรียนเพื่อหาข้อสรุปที่เหมาะสม ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างลึกซึ้ง

3.4 ประโยชน์ของการเรียนรู้แบบร่วมมือ

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ของการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งได้รวบรวม ไว้ดังนี้

เดวิดสัน (Davidson, 1990, pp. 4) ผู้อำนวยการโครงการโรงเรียนประถมศึกษาที่ตั้งอยู่ ศูนย์วิจัยโรงเรียนประถมศึกษา และมัธยมศึกษา มหาวิทยาลัยจอห์นฮอปกินส์ ได้กล่าวถึง ความเหมาะสมของการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือไว้ ดังนี้

1. การเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์จะต้องแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ซักถามปัญหา กัน อย่างอิสระ อธิบายให้สมาชิกในกลุ่มได้เข้าใจถึงแนวความคิดและมโนคติของตนเองให้กระจ่างชัด ขึ้น ตลอดจนได้สร้างความรู้สึกร่วมเกี่ยวกับการเรียนรู้ของเขา

2. การเรียนเป็นกลุ่มย่อยเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนประสบความสำเร็จในการเรียน คณิตศาสตร์ นักเรียนภายในกลุ่มไม่มีการแข่งขันกันในการแก้ปัญหา การปฏิสัมพันธ์ในกลุ่มนั้น ช่วยให้นักเรียนทุกคนเรียนรู้แนวคิดและยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้

3. คณิตศาสตร์แตกต่างไปจากวิชาอื่นในแง่ที่ครูสามารถประมาณเวลาได้ว่า ในการแก้ปัญหาแต่ละข้อควรใช้เวลานานประมาณเท่าใด และเหมาะสมอย่างยิ่งในการอภิปรายกลุ่ม เพื่อหาคำตอบที่พิสูจน์ได้จริง โดยที่นักเรียนสามารถโน้มน้าวเพื่อนให้ยอมรับได้โดยใช้เหตุผล ประกอบ

4. ปัญหาคณิตศาสตร์หลายปัญหามีทางแก้ได้หลายวิธี และนักเรียนสามารถอภิปรายถึง ข้อดีและข้อเสียของการหาคำตอบนั้นได้

5. นักเรียนสามารถช่วยเหลือสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับความจริงที่เป็นพื้นฐานคณิตศาสตร์ (Basic fact) และกระบวนการคิดคำนวณที่จำเป็น ซึ่งสิ่งเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในแง่ที่ตื้นตื้น และท้าทายทางคณิตศาสตร์ได้ เช่น เกม ปริศนา หรือการอภิปรายปัญหา

6. ในขอบเขตของวิชาคณิตศาสตร์เต็มไปด้วยความคิดที่ท้าทายและตื้นตื้น ซึ่งทำให้ มีการอภิปรายถึงข้อดีข้อเสีย ผู้ที่เรียนโดยการพูดคุย การฟัง การอธิบาย และการคิดร่วมกับผู้อื่น ก็สามารถเรียนรู้ได้ดีเช่นเดียวกับการเรียนรู้ด้วยตนเอง

7. คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เปิดโอกาสอย่างมากในการสร้างการค้นคว้าในสถานการณ์ ต่าง ๆ มีการคาดคะเนและการตรวจสอบด้วยข้อมูลการตั้งปัญหาเพื่อกระตุ้นให้เกิดความสนใจ อยากรู้ อยากเห็น และมีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ ซึ่งไม่เคยพบเห็นมาก่อน ความพยายาม ของนักเรียนแต่ละคนในการหาคำตอบจากปัญหาเดียวกันจะทำให้เกิดความก้าวหน้าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และเป็นประสบการณ์ที่มีคุณค่า

จอห์นสัน, จอห์นสัน และโฮลเบค (Johnson, Johnson, & Holubec, 1994, pp. 13-14 อ้างถึงใน ทิศนา แจมมณี, 2555, หน้า 101) กล่าวว่า ประโยชน์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบร่วมมือ 3 ประการ ได้แก่

1. มีความพยายามที่จะบรรลุเป้าหมายมากขึ้น การเรียนรู้แบบร่วมมือช่วยให้นักเรียน มีความพยายามที่จะเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายเป็นผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และมีผลงานมากขึ้น การเรียนรู้มีความคงทนมากขึ้น มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ มีการใช้เวลา อย่างมีประสิทธิภาพใช้เหตุผลที่ดีขึ้น และคิดอย่างมีวิจารณญาณมากขึ้น

2. มีความสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนดีขึ้น การเรียนรู้แบบร่วมมือช่วยให้นักเรียนมีน้ำใจ นักกีฬามากขึ้น ใส่ใจในผู้อื่นมากขึ้น เห็นคุณค่าของความแตกต่างความหลากหลาย การประสาน สัมพันธ์ และการรวมกลุ่ม

3. มีสุขภาพจิตดีขึ้น การเรียนรู้แบบร่วมมือช่วยให้นักเรียนมีสุขภาพจิตดีขึ้นมีความรู้สึกที่ดีเกี่ยวกับตนเอง และมีความเชื่อมั่นในตนเองมากขึ้น นอกจากนั้นยังช่วยพัฒนาทักษะสังคมและความสามารถในการเผชิญกับความเครียด และความผันแปรต่าง ๆ

กรมวิชาการ (2544, หน้า 41) กล่าวถึง ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือว่ามีประโยชน์ต่อนักเรียนทั้งในด้านสังคมและวิชาการ ดังนี้

1. สร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างสมาชิก เพราะทุก ๆ คนร่วมมือในการทำงานกลุ่มทุก ๆ คนมีส่วนร่วมเท่าเทียมกัน ทำให้เกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียน
2. ส่งเสริมให้สมาชิกทุกคนมีโอกาสคิด พูด แสดงออก แสดงความคิดเห็น ลงมือกระทำอย่างเท่าเทียมกัน
3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เช่น เด็กเก่งช่วยเด็กที่เรียนไม่เก่ง ทำให้เด็กเก่งภาคภูมิใจ รู้จักใช้เวลา ส่วนเด็กอ่อนเกิดความซาบซึ้งในน้ำใจเพื่อนสมาชิกด้วยกัน
4. ทำให้รู้จักรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การร่วมคิด การระดมความคิดเห็นนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาร่วมกันเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด เป็นการส่งเสริมให้ช่วยกันคิดหาข้อมูลให้มาก คิดวิเคราะห์ และเกิดการตัดสินใจ
5. ส่งเสริมทักษะทางสังคม ทำให้ผู้เรียนรู้จักการปรับตัวในการอยู่ร่วมกันด้วยมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน เข้าใจกันและกัน
6. ส่งเสริมทักษะการสื่อสาร ทักษะการทำงานกลุ่ม สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ สิ่งเหล่านี้ล้วนส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ผู้วิจัยพบว่า มีนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ของการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เกิดความเชื่อมั่นในตนเอง เกิดทักษะการทำงานเป็นทีมและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ทำให้นักเรียนมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และความเรียนรู้มีความคงทนมากขึ้น

3.5 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด

นักการศึกษาต่างประเทศและในประเทศไทยได้กล่าวถึงความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

มิลลิส และคอตเทิล (Millis & Cotte1,1998, pp. 73-74) กล่าวว่า เทคนิคเพื่อนคู่คิดเป็นเทคนิคที่เริ่มจากครูตั้งคำถามที่ต้องใช้ความเข้าใจ มักเป็นคำถามแบบสอบถามให้นักเรียนคิดหาคำตอบด้วยตนเอง จากนั้นให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนร่วมชั้นอีกคนหนึ่งเพื่ออภิปรายการตอบคำถาม เมื่อได้ข้อสรุปนักเรียนยกมือเสนอคำตอบต่อเพื่อนในชั้นเรียน และก่อนที่ครูจะให้นักเรียนคู่

นั้นเสนอคำตอบควรรอเวลาให้นักเรียนคิดคำตอบให้ได้ก่อน และเพื่อให้นักเรียนมีโอกาสดึงคำตอบกับเพื่อนก่อนที่จะพูดในชั้นเรียน เพื่อเพิ่มพูนทักษะการสื่อสารทางวาจาและความมั่นใจ

Kagan Spencer (1998, pp. 11) ได้กล่าวถึง เทคนิคคู่คิด เป็นการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ส่งเสริมให้นักเรียนแต่ละคนคิดและตอบคำถามที่ครูเตรียมไว้ จากนั้นนำคำตอบที่ได้ไปอภิปรายร่วมกับเพื่อนที่จับคู่ แล้วจึงนำเสนอความคิดหรือคำตอบของตนเองกับเพื่อนต่อชั้นเรียน หรือกลุ่มอื่น ๆ เพื่ออภิปรายหาข้อสรุปร่วมกันจากนักเรียนทั้งชั้น

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, หน้า 138) กล่าวว่า เทคนิคเพื่อนคู่คิด เป็นรูปแบบของกิจกรรมการเรียนการสอนที่จัดให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม โดยเริ่มจากการจับคู่กันคิดแล้วนำความคิดของทั้งคู่มาอภิปรายในกลุ่ม เพื่อให้ได้ความคิดของกลุ่มเป็นกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้พัฒนาพฤติกรรมทางสังคมควบคู่กับความรู้อยู่กับความเข้าใจในเรื่องที่เรียน

กรมวิชาการ (2545, หน้า 210) กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เป็นเทคนิคที่เริ่มต้นจากครูตั้งโจทย์คำถามให้นักเรียนในชั้นตอบ โดยนักเรียนจะต้องคิดหาคำตอบของตนเองก่อนหลังจากนั้นให้นำคำตอบของตนเองไปอภิปรายกับเพื่อนอีกคนหนึ่งที่นั่งติดกับตนเองเมื่อมั่นใจว่าคำตอบของตนเองถูกต้องหรือดีที่สุดแล้วจึงนำคำตอบนั้นมาเล่าให้เพื่อนฟัง

ทศนา แยมมณี (2550, หน้า 64) กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เป็นเทคนิคการสอนที่ครูใช้การตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาให้แก่ นักเรียน ซึ่งอาจจะเป็นใบงานหรือแบบฝึกหัด และให้นักเรียนแต่ละคนคิดหาคำตอบของตนเองก่อน แล้วจับคู่กับเพื่อนอภิปรายคำตอบ เมื่อมั่นใจว่าคำตอบถูกต้องแล้วจึงนำไปอภิปรายให้เพื่อนทั้งชั้น ฟัง

จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปใจความสำคัญได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หมายถึง เทคนิคการสอนที่ครูตั้งโจทย์ปัญหาให้นักเรียนแต่ละคนคิดหาคำตอบของตนเองก่อน และให้นักเรียนจับคู่กันภายในกลุ่มหรือชั้นเรียนเพื่ออภิปรายหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาร่วมกัน โดยที่นักเรียนมีการแบ่งปัน ช่วยเหลือที่ไม่ใช่การแข่งขัน และนำเสนอวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาโดยการอภิปรายภายในกลุ่มหรือหน้าชั้นเรียนเพื่อหาข้อสรุปวิธีการในการแก้โจทย์ที่เหมาะสมร่วมกันทั้งชั้นเรียน

3.6 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด

นักการศึกษาต่างประเทศและในประเทศไทยได้กล่าวถึงขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

ลีแมน (Lyman, 1981, pp. 109-113) กล่าวว่า ขั้นตอนของการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดไว้ ดังนี้

1. การคิด นักเรียนมีเวลา 30 วินาทีหรือมากกว่า เพื่อที่จะคิดให้ได้คำตอบที่เหมาะสมเวลาที่ใช้นี้รวมถึงการเขียนเพื่อจดบันทึกคำตอบ

2. การจับคู่ หลังจากใช้เวลาคิดให้นักเรียนจับคู่เพื่อแบ่งปันคำตอบและความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

3. การแบ่งปัน คำตอบของนักเรียนสามารถนำมาแบ่งปันภายในกลุ่มเดียวกันหรือทั้งชั้นเรียนในช่วงการอภิปรายเพื่อติดตามผล เทคนิคนี้ให้โอกาสแก่นักเรียนทุกคนที่จะแสดงออกของตนเองรวมถึงสะท้อนให้เห็นเป็นคำตอบของตนเอง

Byerley (2002, pp. 3) ได้เสนอขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด มีดังนี้

1. การคิด (Think) ครูจะกระตุ้นด้วยปัญหาเพื่อให้นักเรียนหาคำตอบ

2. การจับคู่ (Pair) นักเรียนจับคู่เพื่ออภิปรายปัญหา

3. การแลกเปลี่ยน (Share) นักเรียนแลกเปลี่ยนและนำเสนอความรู้ที่ได้จากการค้นหาคำตอบ

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, หน้า 139) กล่าวถึงขั้นตอนของเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ดังนี้

1. ครูมอบประเด็นปัญหาให้แต่ละกลุ่มช่วยกันคิด

2. สมาชิกในกลุ่มจับคู่กันคิดหาคำตอบ

3. นักเรียนแต่ละคู่นำคำตอบที่คิดได้มาอภิปรายในกลุ่มเพื่อสรุปเป็นความคิดของกลุ่ม

4. นักเรียนที่เป็นตัวแทนกลุ่มนำเสนอความคิดของกลุ่มต่อชั้นเรียน

สมบัติ การจนารักษ์พงศ์ (2547) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคคู่คิด ดังนี้

1. ครูตั้งคำถาม

2. นักเรียนแต่ละคนคิดหาคำตอบในเวลาที่จำกัด (Think) โดยครูอาจบอกไปให้บางอย่าง

3. นักเรียนคิดหาคำตอบเป็นคู่ (Pair)

4. ครูสุ่มนักเรียนให้อธิบายความคิดของกลุ่มตนให้ชั้นฟัง (Share)

จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปใจความสำคัญได้ว่า ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นกระตุ้น (Think) ครูกระตุ้นคิดของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามให้นักเรียนวิเคราะห์เกี่ยวกับประเด็น การตีความ โจทย์ปัญหา สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้โจทย์ปัญหามีอะไรบ้าง และมีขั้นตอนการแก้ปัญหายังไงบ้าง

ขั้นร่วมกันคิดแก้ปัญหาเป็นคู่ (Pair) นักเรียนเข้าคู่หรือจับคู่กันเพื่อร่วมกันลงมือวางแผนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา และอภิปรายร่วมกันเป็นคู่โดยการแสดงวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาในใบงานกิจกรรมคู่เพื่อหาแนวคิดหรือวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง

ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) นักเรียนแต่ละคู่มีการแลกเปลี่ยนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหายภายในกลุ่มของตนเอง และเลือกวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเองโดยการแสดงวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาในใบกิจกรรมงานกลุ่ม

3. 7 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด

มีนักการศึกษาต่างประเทศและในประเทศไทยได้กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

ลิแมน (Lyman, 1987, pp. 1-2) กล่าวว่า ประโยชน์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดมี ดังนี้

1. เป็นเทคนิคที่นำไปใช้ได้เร็ว
2. เป็นเทคนิคที่ไม่ต้องใช้เวลาเตรียมการมาก
3. การได้ตอบเป็นรายบุคคลกระตุ้นให้นักเรียนเป็นจำนวนมากมีความสนใจอย่างแท้จริงอยู่ในด้านความรู้
4. ครูสามารถตั้งคำถามได้หลายแบบและหลายระดับ
5. ทำให้รวมความสนใจของนักเรียนทั้งชั้นเรียน และทำให้นักเรียนที่ไม่กล้าแสดงออกสามารถตอบคำถามได้โดยไม่ต้องลุกขึ้นต่อหน้าเพื่อนร่วมชั้นเรียน
6. ครูสามารถเข้าใจนักเรียนด้วยการฟังนักเรียนกลุ่มต่าง ๆ ระหว่างการทำกิจกรรม และจากการรวบรวมคำตอบในตอนท้ายชั่วโมงเรียน
7. ครูสามารถทำกิจกรรมที่ใช้หลักเพื่อนคู่คิดได้หนึ่งครั้งหรือหลาย ๆ ครั้งในระยะเวลา 1 คาบเรียน

สมบัติ การจนารักพงศ์ (2547, หน้า 12) กล่าวว่า ประโยชน์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด มีดังนี้

1. ทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดและทักษะการสื่อสารให้คู่ของตนเข้าใจ

2. ฝึกให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็น
3. ช่วยให้นักเรียนแต่ละคู่มีความสนิทสนมกันมากขึ้น
4. ทำให้นักเรียนเป็นคู่หูในการเรียนต่อไป

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2541, หน้า 34-35) กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิด

(Think-Pair-Share) ว่า

1. นักเรียนได้รับความรู้และประสบการณ์จากการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทำให้สามารถจำความรู้ได้นานและเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง
 2. นักเรียนสามารถนำไปใช้ทั้งในเนื้อหาสาระความรู้เดียวกันและต่างกัน ตลอดจนนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ
 3. นักเรียนได้รู้จักและเข้าใจในตนเองดีขึ้นในด้านข้อดีและข้อบกพร่องของตนเอง
 4. นักเรียนกล้าแสดงออกมากขึ้น
 5. นักเรียนได้ฝึกทักษะการเป็นผู้พูดและผู้ฟังที่ดี
 6. นักเรียนได้ฝึกการเป็นผู้มีใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น ไม่ยึดมั่นถือมั่น
- จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด เป็นเทคนิคที่ทำให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นในตนเอง กล้าแสดงความคิดเห็น ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น ช่วยเหลือกัน เกิดการเรียนรู้ร่วมกัน เป็นผู้พูดและผู้ฟังที่ดี และช่วยส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างนักเรียน

การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

จากการศึกษาการจัดการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ก่อนหน้านี้ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) หมายถึง วิธีการสอนที่ส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยที่ครูเริ่มต้นกิจกรรมการสอนด้วยการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา และสถานการณ์ปัญหานั้นเป็นปัญหาปลายเปิดที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้หาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบด้วยวิธีการที่หลากหลายด้วยตนเอง แล้วนำวิธีการคิดนั้น ไปแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันทั้งชั้นเรียน ซึ่งจะเกิดการเปรียบเทียบความเหมือนและแตกต่างของแนวคิดวิธีการ และเลือกวิธีการในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหานั้น ทำให้ผู้เรียนได้ข้อสรุป กฎเกณฑ์ หรือหลักการทางคณิตศาสตร์ที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เตรียมความรู้และกระตุ้นการเรียนรู้ เริ่มต้นด้วยครูทบทวนความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นประเด็นที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในคาบนั้นด้วยการตั้งคำถามหรืออาจจะเป็นการบรรยายหรือสรุปสั้น ๆ ก่อนนำเข้าสู่วิธีการ จากนั้นครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด

ขั้นที่ 2 เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน มีระดับความสามารถสูง ปานกลาง ค่อนข้างอ่อน และอ่อนคละกัน จากนั้นครูและนักเรียนทุกคนร่วมกันอ่านและวิเคราะห์โจทย์ปัญหาเบื้องต้น และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง

ขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในชั้นเรียน นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา โดยที่ครูและนักเรียนร่วมอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหายภายในชั้นเรียน

ขั้นที่ 4 สรุปวิธีการแก้ปัญหาและประเด็นการเรียนรู้ ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมของโจทย์ปัญหานั้น และสรุปแนวคิดที่เกิดจากการเรียนรู้

ซึ่งเป็นวิธีการสอนที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามระดับความสามารถของตนเอง โดยที่มีอิสระในการคิดและสามารถแสดงแนวคิดของตนเองได้ ครูเป็นผู้กระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนด้วยปัญหาปลายเปิดที่มีวิธีการหาคำตอบที่หลากหลาย อาจเป็นปัญหาที่มีคำตอบเดียว และปัญหาที่มีคำตอบที่หลากหลาย ครูจะต้องเปิดใจและพยายามทำความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และอีกบทบาทสำคัญของครูคือการคาดการณ์ เปรียบเทียบ และเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนในขอบเขตจุดประสงค์ที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับนักเรียน และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดเห็นร่วมกัน และสามารถเรียนรู้ได้สูงสุดเต็มตามศักยภาพ นอกจากนี้ยังส่งเสริมแนวทางในการคิดทางคณิตศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนอีกด้วย

จากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด

(Think-Pair-Share) มีความน่าสนใจ สามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนให้สูงขึ้นได้ กระตุ้นความสนใจของนักเรียน ทำให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็น ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น เกิดการเรียนรู้ร่วมกัน และเป็นผู้พูดและผู้ฟังที่ดี และสรุปไว้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หมายถึง เทคนิคการสอนที่ครูตั้งโจทย์ปัญหาให้นักเรียนแต่ละคนคิดหาคำตอบของตนเองก่อน และให้นักเรียนจับคู่กันภายในกลุ่มหรือชั้นเรียนเพื่ออภิปรายหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาร่วมกัน โดยที่นักเรียนมีการแบ่งปัน ช่วยเหลือที่ไม่ใช่การแข่งขันกัน และนำเสนอวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาโดยการอภิปรายภายในกลุ่มหรือหน้าชั้นเรียนเพื่อหาข้อสรุปวิธีการในการแก้โจทย์ที่เหมาะสมร่วมกันทั้งชั้นเรียน ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นกระตุ้น (Think) ครูกระตุ้นคิดของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามให้นักเรียนวิเคราะห์เกี่ยวกับประเด็น การตีความ โจทย์ปัญหา สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้โจทย์ปัญหามีอะไรบ้าง และมีขั้นตอนการแก้ปัญหายังไงบ้าง

ขั้นร่วมกันคิดแก้ปัญหาเป็นคู่ (Pair) นักเรียนเข้าคู่หรือจับคู่กันเพื่อร่วมกันลงมือวางแผนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา และอภิปรายร่วมกันเป็นคู่โดยการแสดงวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาในใบงานกิจกรรมคู่เพื่อหาแนวคิดหรือวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง

ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) นักเรียนแต่ละคู่มีการแลกเปลี่ยนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหายภายในกลุ่มของตนเอง และเลือกวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเองโดยการแสดงวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาในใบกิจกรรมงานกลุ่ม

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) และการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) แล้วนำการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เข้าไปรวมในขั้นการทำงานเป็นกลุ่มของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)	การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)
ขั้นที่ 2 เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหากลุ่ม ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน มีระดับความสามารถสูง ปานกลาง ค่อนข้าง อ่อน และอ่อนด้อยกัน จากนั้นครูและนักเรียน ทุกคนร่วมกันอ่านและวิเคราะห์โจทย์ปัญหา เบื้องต้น และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการ แก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาวิธีการในการแก้โจทย์	ขั้นที่ 2 เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหากลุ่ม ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน มีระดับความสามารถสูง ปานกลาง ค่อนข้าง อ่อน และอ่อนด้อยกัน จากนั้นครูและนักเรียน ทุกคนร่วมกันอ่านและวิเคราะห์โจทย์ปัญหา เบื้องต้น และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการ แก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาวิธีการในการแก้โจทย์

ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด	
การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)	การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) รวมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)
ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง	ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง โดยใช้ เทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

จากการสังเคราะห์ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) รวมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนจัดผู้เรียนแบ่งเป็นกลุ่มแบบคละความสามารถด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิด การเรียนรู้ร่วมกันอย่างทั่วถึงและกระตุ้นการเรียนรู้ โดยที่ผู้เรียนมีเป้าหมายร่วมกัน



ภาพที่ 2-2 แผนภาพแสดงการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

จากแผนภาพที่ 2-3 สามารถสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

ขั้นที่ 1 เตรียมความรู้และกระตุ้นการเรียนรู้ เริ่มต้นด้วยครูทบทวนความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นประเด็นที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในคาบนั้นด้วยการตั้งคำถามหรืออาจจะเป็นการบรรยายหรือสรุปสั้น ๆ ก่อนนำเข้าสู่วิธีการแก้ปัญหา จากนั้นครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด

ขั้นที่ 2 เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน มีระดับความสามารถสูง ปานกลาง ค่อนข้างอ่อน และอ่อนคละกัน จากนั้นครูและนักเรียนทุกคนร่วมกันอ่านและวิเคราะห์โจทย์ปัญหาเบื้องต้น และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 2.1 กระตุ้น (Think) ครูกระตุ้นคิดของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามให้นักเรียนวิเคราะห์เกี่ยวกับประเด็น การตีความโจทย์ปัญหา สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้โจทย์ปัญหามีอะไรบ้าง และมีขั้นตอนการแก้ปัญหายังไงบ้าง

ขั้นที่ 2.2 ร่วมกันคิดแก้ปัญหาเป็นคู่ (Pair) นักเรียนเข้าคู่หรือจับคู่กันเพื่อร่วมกันลงมือวางแผนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา และอภิปรายร่วมกันเป็นคู่โดยการแสดงวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาในใบงานกิจกรรมคู่เพื่อหาแนวคิดหรือวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง

ขั้นที่ 2.3 แลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) นักเรียนแต่ละคู่มีการแลกเปลี่ยนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหายภายในกลุ่มของตนเอง และเลือกวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเองโดยการแสดงวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาในใบกิจกรรมงานกลุ่ม

ขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในชั้นเรียน นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา โดยที่ครูและนักเรียนร่วมอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหายภายในชั้นเรียน

ขั้นที่ 4 สรุปวิธีการแก้ปัญหาและประเด็นการเรียนรู้ ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการในการแก้ปัญหที่เหมาะสมของโจทย์ปัญหานั้น และสรุปแนวคิดที่เกิดจากการเรียนรู้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

นักการศึกษาต่างประเทศและในประเทศไทยได้กล่าวถึงความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

กู๊ด (Good, 1959, pp. 7) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ คือ การทำให้สำเร็จ (Accomplishment) หรือมีประสิทธิภาพทางการกระทำที่กำหนดให้หรือในด้านความรู้ ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การซึ่งในความรู้ (Knowledge attained) การพัฒนาทักษะในการเรียน ซึ่งอาจพิจารณาคะแนนสอบที่กำหนดให้คะแนนที่ได้จากงานที่ครูมอบหมายให้ หรือทั้งสองอย่าง

วิลสัน (Wilson, 1971, pp. 648) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ว่า หมายถึง พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ซึ่งเป็นความสามารถด้านสติปัญญา ความรู้และความคิด รวมไปถึงพฤติกรรมด้านจิตพิสัย (Affective domain) อันได้แก่ ทักษะคติ ความรู้สึกลับซึ่ง และความสนใจ

สำหรับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) วิลสัน (Wilson, 1971, pp. 648-685) ได้แบ่งพฤติกรรมที่พัฒนามาจากกรอบแนวคิดของบลูม (Bloom's Taxonomy) ไว้ 4 ระดับ คือ

1. ความรู้ความจำด้านการคิดคำนวณ (Computation) พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมที่อยู่ในระดับต่ำสุด แบ่งออกเป็น 3 ขั้น ดังนี้

1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Knowledge of specific facts) เป็นความสามารถที่ระลึกถึงข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่นักเรียนเคยได้รับการเรียนการสอนมาแล้ว คำถามที่วัดความสามารถในระดับนี้จะเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ตลอดจนความรู้พื้นฐานซึ่งนักเรียนได้สั่งสมมาเป็นระยะเวลานาน

1.2 ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (Knowledge of terminology) เป็นความสามารถในการระลึกหรือจำศัพท์และนิยามต่าง ๆ ได้ โดยคำถามอาจจะถามโดยตรงหรือโดยอ้อมก็ได้ แต่ไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณ

1.3 ความสามารถในการใช้กระบวนการคิดคำนวณ (Ability to carry out algorithms) เป็นความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริงหรือนิยามและกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้วมาคิดคำนวณตามลำดับขั้นตอนที่เคยเรียนรู้มาแล้ว ข้อสอบที่วัดความสามารถด้านนี้ต้องเป็นโจทย์ที่ง่ายและคล้ายคลึงกับตัวอย่าง ซึ่งนักเรียนต้องไม่พบกับความยุ่งยากในการตัดสินใจเลือกใช้กระบวนการ

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมระดับความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณแต่ซับซ้อนมากขึ้น แบ่งได้เป็น 6 ขั้น ดังนี้

2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติ (Knowledge of concept) เป็นความสามารถที่ซับซ้อนกว่าความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง เพราะมโนคติเป็นนามธรรมซึ่งประมวลจากข้อเท็จจริงต่าง ๆ ต้องอาศัยการตัดสินใจในการตีความหรือยกตัวอย่างของมโนคตินั้น สามารถทำได้โดยคำพูดของตนเองหรือเลือกความหมายที่กำหนดให้โดยเขียนในรูปใหม่หรือยกตัวอย่างใหม่ที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนในชั้นเรียน มิฉะนั้นจะเป็นเพียงการวัดความจำเท่านั้น

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎทางคณิตศาสตร์และการสรุปอ้างอิง เป็นกรณีทั่วไป (Knowledge of principles, Rules, and Generalizations) เป็นความสามารถในการนำเอาหลักการ กฎและความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติไปสัมพันธ์กับโจทย์ปัญหาจนได้แนวทางในการแก้ปัญหา ถ้าคำถามนั้นเป็นคำถามเกี่ยวกับหลักการและกฎที่นักเรียนเพิ่งเคยพบเป็นครั้งแรก อาจจัดเป็นพฤติกรรมในระดับการวิเคราะห์ได้

2.3 ความเข้าใจในโครงสร้างคณิตศาสตร์ (Knowledge of mathematical structure) คำถามที่วัดพฤติกรรมระดับนี้ เป็นคำถามที่วัดเกี่ยวกับสมบัติของระบบจำนวนและโครงสร้างทางพีชคณิต

2.4 ความสามารถในการเปลี่ยนรูปแบบปัญหาจากแบบหนึ่งไปอีกแบบหนึ่ง (Ability to transform problem elements from one mode to another) เป็นความสามารถในการแปลงข้อความที่กำหนดให้เป็นข้อความใหม่หรือภาษาใหม่ เช่น แปลจากภาษาพูดให้เป็นรูปสมการ ซึ่งมีความหมายคงเดิมโดยไม่รวมถึงกระบวนการคิดคำนวณ (Algorithms) หลังจากแปลแล้ว อาจกล่าวได้ว่าเป็นพฤติกรรมที่ง่ายที่สุดของพฤติกรรมระดับความเข้าใจ

2.5 ความสามารถในการติดตามแนวของเหตุผล (Ability to follow a line of reasoning) เป็นความสามารถในการอ่านและเข้าใจข้อความทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแตกต่างไปจากความสามารถในการอ่านทั่ว ๆ ไป

2.6 ความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Ability to read and interpret a problem) ข้อสอบที่วัดความสามารถในขั้นนี้อาจดัดแปลงมาจากข้อสอบที่วัดความสามารถในขั้นอื่น ๆ โดยให้นักเรียนอ่านและตีความโจทย์ปัญหาซึ่งอาจอยู่ในรูปของข้อความ ตัวเลข ข้อมูลทางสถิติ หรือกราฟ

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคย เพราะคล้ายกับปัญหาที่นักเรียนประสบอยู่ระหว่างเรียน หรือแบบฝึกหัดที่นักเรียนเลือกกระบวนการแก้ปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาได้โดยไม่ต้องยาก พฤติกรรมในระดับนี้ แบ่งออกเป็น 4 ขั้น ดังนี้

3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาที่คล้ายกับปัญหาที่ประสบอยู่ในระหว่างเรียน (Ability to solve routine problems) นักเรียนต้องอาศัยความสามารถในระดับความเข้าใจ และเลือกกระบวนการแก้ปัญหาจนได้คำตอบออกมา

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ (Ability to make comparisons) เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด เพื่อสรุปการตัดสินใจ ซึ่งในการแก้ปัญหาขั้นนี้ อาจต้องใช้วิธีการคำนวณและจำเป็นต้องอาศัยความรู้ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล (Ability to analyze data) เป็นความสามารถในการตัดสินใจอย่างต่อเนื่องในการหาคำตอบจากข้อมูลที่กำหนดให้ ซึ่งอาจต้องอาศัยการแยกข้อมูลที่เกี่ยวข้องออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง พิจารณาว่าอะไรคือข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม มีปัญหาอื่นใดบ้างที่อาจเป็นตัวอย่างในการหาคำตอบของปัญหาที่กำลังประสบอยู่ หรือต้องการแยกโจทย์ปัญหาออกพิจารณาเป็นส่วน ๆ มีการตัดสินใจหลายครั้งอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ต้นจนได้คำตอบ หรือผลลัพธ์ที่ต้องการ

3.4 ความสามารถในการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกัน และการสมมาตร (Ability to recognize patterns, Isomorphism, and Symmetries) เป็นความสามารถที่ต้องอาศัยพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่การระลึกถึงข้อมูลที่กำหนดให้ การเปลี่ยนรูปปัญหา การจัดกระทำกับข้อมูล และการระลึกถึงความสัมพันธ์ นักเรียนต้องสำรวจหาสิ่งที่คุ้นเคยกันจากข้อมูล หรือสิ่งที่กำหนดจากโจทย์ปัญหาที่พบ

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาที่นักเรียนไม่เคยเห็น หรือไม่เคยทำแบบฝึกหัดมาก่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโจทย์พลิกแพลง แต่ก็อยู่ในขอบเขตของเนื้อหาวิชาที่เรียนการแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวต้องอาศัยความรู้ที่ได้เรียนมารวมกับความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกันเพื่อแก้ปัญหา พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุดของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องใช้สมรรถภาพสมองระดับสูง แบ่งออกเป็น 5 ขั้น คือ

4.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ที่ไม่เคยประสบมาก่อน (Ability to solve non Routine problems) คำถามในขั้นนี้เป็นคำถามที่ซับซ้อน ไม่มีในแบบฝึกหัดหรือตัวอย่าง ไม่เคยเห็นมาก่อน นักเรียนต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกับความเข้าใจ มโนคติ นิยาม ตลอดจนทฤษฎีต่าง ๆ ที่เรียนมาแล้วเป็นอย่างดี

4.2 ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ (Ability to discover relationships) เป็นความสามารถในการจัดส่วนต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้ใหม่ แล้วสร้างความสัมพันธ์ขึ้นใหม่ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาแทนการจำความสัมพันธ์เดิมที่เคยพบมาแล้วมาใช้กับข้อมูลชุดใหม่

4.3 ความสามารถในการพิสูจน์ (Ability to construct proofs) เป็นความสามารถในการพิสูจน์โจทย์ปัญหาที่ไม่เคยเห็นมาก่อน นักเรียนต้องอาศัยนิยามทฤษฎีต่าง ๆ ที่เรียนมาแล้วมาช่วยในการแก้ปัญหา

4.4 ความสามารถในการวิจารณ์การพิสูจน์ (Ability to criticize proofs) ความสามารถในการใช้นี้เป็นการใช้เหตุผลที่ควบคู่กับความสามารถในการเขียนพิสูจน์ แต่ความสามารถในการวิจารณ์เป็นพฤติกรรมที่ยู่ยากซับซ้อนกว่า ความสามารถในการใช้นี้ต้องการให้นักเรียนมองเห็นและเข้าใจการพิสูจน์ว่าถูกต้องหรือไม่มีตอนใดผิดพลาดไปจากมโนคติ หลักการ กฎ นิยาม หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์

4.5 ความสามารถเกี่ยวกับการสร้างสูตร และทดสอบความถูกต้องของสูตร (Ability to formulate and validate generalizations) นักเรียนต้องสามารถสร้างสูตรขึ้นมาใหม่ โดยให้สัมพันธ์กับเรื่องเดิมและต้องสมเหตุสมผลด้วย นั่นคือ การถามให้หาและพิสูจน์ประโยคทางคณิตศาสตร์ หรืออาจถามให้นักเรียนสร้างกระบวนการคิดคำนวณใหม่ พร้อมทั้งแสดงการใช้กระบวนการนั้น

ราชบัณฑิตยสถาน (2546, หน้า 1171) ให้ความหมายของ “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” ว่า หมายถึง ความสามารถในการที่จะพยายามเข้าถึงความรู้ ซึ่งเกิดจากการกระทำประสานกัน และต้องอาศัยความพยายามอย่างมาก ทั้งองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญา และองค์ประกอบที่ไม่ใช่สติปัญญาแสดงออกในรูปของความสำเร็จ ซึ่งสามารถสังเกตและวัดได้ด้วยเครื่องมือทางสติปัญญา หรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทั่วไป

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกมาจากความสามารถทางด้านความรู้ (Cognitive domain) ร่วมกับพฤติกรรมด้านความนึกคิด (Affective domain) ตามที่วิลสัน (Wilson, 1971, pp. 643-685) จำแนกไว้ 4 ระดับ ดังนี้

1. ความรู้ความจำ (Computation) เป็นความสามารถในส่วนของความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง คำศัพท์ นิยาม และความสามารถในการคิดคำนวณ ตามลำดับขั้นตอนที่เคยเรียนรู้มาแล้ว
2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในส่วนของความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติ หลักการ กฎ การสรุปอ้างอิง และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการเปลี่ยนรูปแบบปัญหาจากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง การติดตามหาเหตุผล การอ่านและตีความโจทย์ปัญหา
3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่คล้ายคลึงกับที่เรียนมา ตลอดจนความสามารถในการเปรียบเทียบ การวิเคราะห์ข้อมูล และการมองเห็นแบบ

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนไม่มีในแบบฝึกหัดหรือตัวอย่าง แต่อยู่ในขอบเขตเนื้อหาที่เรียน และความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์โดยการจัดการส่วนต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้ใหม่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5.2 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักการศึกษาต่างประเทศและในประเทศไทยหลายท่านได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

แมดดอกซ์ (Maddox, 1963, pp. 9) ได้ศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของแต่ละบุคคลขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางสติปัญญาและความสามารถทางสมองร้อยละ 50-60 โอกาสและสิ่งแวดล้อมร้อยละ 10-15

คาโรล (Carroll, 1971, pp. 33) สรุปไว้ว่า องค์ประกอบภายในที่มีผลต่อการเรียนรู้ของบุคคล ได้แก่ ความถนัดทางการเรียน เป็นความสามารถเฉพาะของแต่ละบุคคลสามารถแต่ละวิชาไม่เหมือนกัน ความสามารถที่จะเข้าใจคำอธิบายของครู สามารถต่อเกี่ยวกับวิชานั้น ๆ ได้อย่างคล่องแคล่ว และการอุทิศเวลาให้กับการเรียนอย่างจริงจัง

บลูม (Bloom, 1976, pp. 117) เน้นความรู้พื้นฐานเดิมมากและได้จัดไว้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในทฤษฎีการเรียนรู้ของตน โดยเขามีความเชื่อว่าผู้เรียนจะไม่สามารถเรียนรู้เนื้อหาใหม่ได้จนถึงเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าหากผู้เรียนขาดความรู้เนื้อหาเดิม และถ้าหากผู้เรียนมีความรู้เดิมแตกต่างกันก็จะมีผลแปรปรวนมากในระดับผลสัมฤทธิ์ และจากผลการศึกษาของนักวิจัยหลายคนสนับสนุนว่าพื้นฐานความรู้เดิมเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

สุวัฒน์ พุทธิเมธา (2523, หน้า 193-195) กล่าวว่า สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งของการสอน คือ กระบวนการเรียนรู้ซึ่งความพร้อมของผู้เรียนนับเป็นสิ่งสำคัญยิ่งของการเรียนรู้ การเรียนรู้จะได้ผลดีถ้าผู้เรียนมีความพร้อม การรับรู้ความต้องการและความตั้งใจที่จะเรียนเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้อย่างมีจุดหมาย อันจะเป็นผลให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น

อริย์ พันธมณี (2534, หน้า 135) สรุปไว้ว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นมีดังนี้

1. การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพสูงสุดนั้นก็ต่อเมื่อจุดหมายนั้นตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียน ช่วงเวลาของการสอนหรือฝึกหัดต้องอยู่ในช่วงเวลาที่เหมาะสม เพราะการสอนหรือฝึกหัดที่นานหรือล่วงเลยเวลาที่กำหนดจะทำให้การเรียนหรือการฝึกนั้น ๆ ไม่ได้ผลเท่าที่ควร เพราะผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่ายและเมื่อยล้า หหมดความสนใจ

2. กระบวนการเรียนการสอนหรือการฝึกในแต่ละขั้นตอนต้องมีการเสริมแรงอย่างเหมาะสม

3. การถ่ายโยงการเรียนรู้ ควรเน้นให้ผู้เรียนให้เห็นความเชื่อมโยงของบทเรียนเก่ากับบทเรียนใหม่อย่างต่อเนื่อง

4. การเรียนรู้ทักษะควรเรียนรู้จากง่ายไปหายาก

จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นมีอยู่หลายประการ ได้แก่ ด้านตัวผู้เรียน ด้านครูผู้สอน ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านครอบครัว ด้านระบบการบริหารงานในสถานศึกษา ด้านเศรษฐกิจและสังคม และองค์ประกอบที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน คือ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครู

5.3 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

นักการศึกษาต่างประเทศและในประเทศไทยหลายท่านได้กล่าวถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

เรวัตและคุปตะ (Rawat; & Gupta, 1970, pp. 7-9) ได้กล่าวว่า สาเหตุของการสอบตกอาจมาจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งหรือมากกว่านั้นโดยมีด้วยกันหลายประการ ได้แก่

1. นักเรียนขาดความรู้สึกลงใจในการมีส่วนร่วมกับการเรียน
2. ความไม่เหมาะสมของการจัดเวลาเรียน
3. ผู้ปกครองไม่เอาใจใส่ในการศึกษาบุตร
4. นักเรียนมีสุขภาพไม่สมบูรณ์
5. ความขี้เกียจของผู้ปกครอง
6. ประเพณีทางสังคม ความเชื่อที่ไม่เหมาะสม
7. โรงเรียนไม่มีการปรับปรุงที่ดี
8. การสอบตกซ้ำซ้อนเพราะการวัดผลไม่ดี
9. อายุน้อยหรือมากเกินไป
10. สาเหตุอื่น ๆ เช่น การคมนาคมไม่สะดวก

แกนนอนและกินส์เบิร์ก (Gannon; & Ginsberg, 1985, pp. 405-416) ได้กล่าวถึงปัญหาการสอบตกวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนว่ามาจากหลายสาเหตุ ซึ่งอย่างน้อยที่สุดแบ่งได้ 2 ประการคือ

1. ปัญหาในการเรียนคณิตศาสตร์ มาจากสาเหตุดังนี้

1.1 การสอนของครู ครูมีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์น้อย ไม่ค่อยสอนให้นักเรียนคิดค้นหาคำตอบ ครูไม่เข้าใจเนื้อหาหรือวิธีสอนคณิตศาสตร์ มักจะสอนตามเนื้อหาวิชาในแบบเรียน มีกิจกรรมในการเรียนน้อย ครูที่มีประสิทธิภาพและประสบความสำเร็จในการสอนมักจะเลือกใช้วิธีสอนที่ทันสมัยหลาย ๆ วิธี มีความยืดหยุ่นในการสอน ปรับหลักสูตรให้เหมาะสมกับนักเรียนบางคน ผู้ที่สอบตกวิชาคณิตศาสตร์นั้นไม่ได้เป็นเพราะว่าไม่มีความสามารถในการเรียนเสมอไป จุดสำคัญ คือ ครูไม่เคยสอนให้นักเรียนเข้าใจอย่างแท้จริง

1.2 ความรู้สึก ถึงแม้วิธีสอนจะเป็นที่น่าพอใจ แต่องค์ประกอบทางความรู้สึกจะขัดขวางการรับรู้ของนักเรียน เช่น ไม่มีใครช่วยเหลือการเรียนคณิตศาสตร์เมื่อนักเรียนต้องการความช่วยเหลือ ทำให้กระวนกระวาย มีข้อบกพร่องในการเรียน สับสน เกิดความเหนื่อยยาก ในที่สุดก็ทำให้เกิดความรู้สึกทางลบต่อการเรียนที่ต้องสูญเสียความพยายามอย่างมากมายแต่ก็ไม่ได้ผล

1.3 วิธีการเรียนของนักเรียน วิธีการเรียนของนักเรียนไม่สอดคล้องกับแบบแผนการสอนของครู เช่น นักเรียนอาจจะเรียนได้ดีโดยใช้วิธีสำรวจโครงสร้างของโมโนมิ แต่ครูสอนเน้นการท่องจำ บางทีผลการสอบตกที่แท้จริงอาจมาจากสาเหตุการปิดกั้นกระบวนการเรียนที่นักเรียนถนัดก็เป็นได้

1.4 นักเรียนได้รับความรู้มาผิด ๆ เข้าใจผิด ก็เลยทำผิด ๆ

1.5 ขาดความสามารถในการเรียน เพราะสติปัญญาไม่ดีนักเรียนประเภทนี้มีไม่มากนัก

2. ปัญหาเกี่ยวกับคุณลักษณะของนักเรียน ไม่เหมือนกับปัญหาการเรียน นักเรียนพวกนี้ จะไม่มีเรื่องผิดปกติในเรื่องวิธีเรียน แต่มีปัญหาเรื่องการแสดงออกมาให้บุคคลอื่นเข้าใจ หรือนำไปใช้ในการทำข้อสอบ นักเรียนพวกนี้จะไม่มั่นใจในตนเอง มีความวิตกกังวล ไม่สามารถทำให้เสร็จทันภายในเวลาที่กำหนดถึงแม้จะเข้าใจในเนื้อหาแล้วก็ตาม

จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์นั้นมีอยู่หลายสาเหตุ ได้แก่ สาเหตุจากตัวผู้เรียน สภาพแวดล้อมรอบตัวผู้เรียนทั้งจากที่บ้านและโรงเรียน ครูผู้สอน และสาเหตุที่มีผลโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียน คือ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครู

5.4 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538, หน้า 171-172) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว ซึ่งมักจะเป็น

คำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอ (Paper and pencil test) กับให้นักเรียนปฏิบัติจริง (Performance test) แบบทดสอบประเภทนี้แบ่งได้เป็น 2 พวก คือ แบบทดสอบของครูที่สร้างขึ้นกับแบบทดสอบมาตรฐาน

1. แบบทดสอบของครู หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่ครูเป็นผู้สร้างซึ่งจะเป็นข้อคำถามที่ถามเกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียนว่า นักเรียนมีความรู้มากแค่ไหน บอกพร้อมที่ตรงไหนจะได้สอนซ่อมเสริม หรือดูความพร้อมที่จะขึ้นบทเรียนใหม่ ฯลฯ ตามแต่ที่ครูปรารถนา

2. แบบทดสอบมาตรฐาน แบบทดสอบประเภทนี้สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชาหรือจากครูที่สอนวิชานั้นผ่านการทดลองหาคุณภาพหลายครั้ง จนกระทั่งมีคุณภาพดีพอจึงสร้างเกณฑ์ปกติ (Norm) ของแบบทดสอบนั้น สามารถใช้เป็นหลักและเปรียบเทียบผลเพื่อประเมินค่าของการเรียนการสอนในเรื่องใด ๆ ก็ได้ จะใช้เป็นอัตราความงอกงามของเด็กแต่ละวัยในแต่ละกลุ่มแต่ละภาคก็ได้ นอกจากนั้นแล้วยังมีมาตรฐานในการดำเนินการสอบ คือ ไม่ว่าโรงเรียนใด หรือส่วนราชการใดนำไปใช้จะต้องดำเนินการสอบเป็นแบบเดียวกันแบบทดสอบมาตรฐานจะมีคู่มือดำเนินการสอบว่าทำอย่างไร และยังมีมาตรฐานในด้านการแปลคะแนนด้วย

วิลโล ทองแป้ (2547, หน้า 142-147) ได้แบ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher made test) เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นใช้กันโดยทั่วไปในสถานศึกษาเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์หรือความสามารถทางวิชาการของผู้เรียนที่ได้เรียนรู้ในแต่ละรายวิชา แบบทดสอบประเภทนี้มักสร้างขึ้นใช้เฉพาะคราว เมื่อสอบเสร็จก็มักจะทิ้งไปจะสอบใหม่ก็จะสร้างกันขึ้นมาใหม่ หรือปรับปรุงจากแบบทดสอบชุดเดิม ไม่ค่อยจะวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบเพื่อจัดเก็บไว้ใช้ต่อไป ซึ่งถ้าหากมีการหาคุณภาพของข้อสอบและปรับปรุงแก้ไขก็จะช่วยให้ได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพ และนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่ายิ่งขึ้น

แบบทดสอบประเภทนี้ยังแบ่งออกได้อีก 2 ชนิด คือ 1) แบบทดสอบความเรียง เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหาให้ แล้วให้ผู้ตอบเขียนโดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติได้อย่างเต็มที่

2) แบบทดสอบปรนัยหรือแบบให้ตอบสั้น ๆ เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้สอบเขียนตอบสั้น ๆ หรือมีคำตอบให้เลือกแบบจำกัดคำตอบ ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ ความคิดได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบทดสอบความเรียง

แบบทดสอบแบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่ว ๆ ไป ซึ่งสร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญด้วยกระบวนการ หรือวิธีการที่เป็นระบบและใช้เวลามากกว่าแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น มีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพ มีมาตรฐานสามารถ

นำไปวัดได้อย่างกว้างขวางแบบทดสอบประเภทนี้ถือว่ามีความเป็นมาตรฐานอยู่ 2 ประการ คือ มาตรฐานในการดำเนินการสอบ ซึ่งไม่ว่าผู้ใดจะใช้แบบทดสอบมาตรฐานเมื่อใดก็ตาม การดำเนินการสอบจะปฏิบัติเหมือนกันทุกขั้นตอน และมาตรฐานในการแปลความหมาย ของคะแนนซึ่งไม่ว่าแบบทดสอบมาตรฐานจะใช้สอบที่ไหนหรือเมื่อไรก็ตามก็จะแปลความหมาย คะแนนได้ตรงกันว่าใครเก่งอ่อนเพียงไร โดยมีเกณฑ์ปกติ (Norm) สำหรับเปรียบเทียบคะแนนให้ มีมาตรฐานเดียวกัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2555, หน้า 31) กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีอยู่หลายรูปแบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย 5 รูปแบบ คือ

1. แบบวัดผลสัมฤทธิ์แบบเลือกตอบ
2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์แบบถูกผิด
3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์แบบจับคู่และแบบเปรียบเทียบ
4. แบบวัดผลสัมฤทธิ์แบบเขียนตอบ
5. แบบวัดผลสัมฤทธิ์แบบต่อเนื่อง

สมนึก ภัททิธรณี (2555, หน้า 78) ได้แบ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างกับแบบทดสอบมาตรฐาน แต่เนื่องจากครูต้องทำหน้าที่วัดผล นักเรียนคือเขียนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ตนได้สอน ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับแบบทดสอบที่ครูสร้าง และมีหลายแบบแต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay Test) ลักษณะทั่วไปเป็น ข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้ และข้อคิดเห็นของแต่ละคน

2. ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด (True-False Test) ลักษณะทั่วไปถือได้ว่าข้อสอบแบบกา ถูก-ผิด คือข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมาย ตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น

3. ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion Test) ลักษณะทั่วไป เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วย ประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ให้ผู้ตอบเติมคำ หรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่าง ที่เว้นไว้นั้นเพื่อให้มีความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ (Short Answer Test) ลักษณะทั่วไป ข้อสอบประเภทนี้คล้าย ข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคที่ยังไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนตอบคำตอบที่ต้องการจะสั้น และกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching Test) ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยมีคำหรือข้อความแยกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าแต่ละข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยื่น) จะคู่กับคำ หรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างไรอย่างหนึ่ง ตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) ลักษณะทั่วไป ข้อสอบแบบเลือกตอบนี้จะประกอบด้วย 2 ตอน ตอนนำหรือคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ปกติจะมีคำถามที่ให้นักเรียนพิจารณาแล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่นๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่ดีนิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน คูณกัน จะเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมด แต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งได้ 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น และแบบทดสอบมาตรฐาน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แบบอัตนัย และแบบปรนัย 4 ชนิดเลือกตอบ

5.5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

บุญชม ศรีสะอาด (2537, หน้า 59-61) กล่าวว่า ถึงการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอิงเกณฑ์ดำเนินตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. วิเคราะห์จุดประสงค์เนื้อหาขั้นแรกจะต้องทำวิเคราะห์ดูเนื้อหาที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และที่จะต้องวัดแต่ละหัวข้อต้องให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมหรือสมรรถภาพอะไร กำหนดออกมาชัดเจน

2. กำหนดพฤติกรรมย่อยที่ออกข้อสอบจะพิจารณาว่าจะวัดพฤติกรรมย่อยอะไรบ้าง อย่างละกี่ข้อพฤติกรรมย่อยดังกล่าวคือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมนั่นเอง เมื่อกำหนดจำนวนข้อที่ต้องการจริงเสร็จแล้วต้องพิจารณาว่าจะออกข้อสอบกี่ข้อเท่าใด ทั้งนี้หลังจากที่นำไปทดลองใช้และวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบรายข้อแล้วจะต้องตัดข้อที่มีคุณภาพไม่เข้าเกณฑ์ออกข้อสอบที่เหลือจะได้ไม่น้อยกว่าจำนวนต้องการจริง

3. กำหนดรูปแบบของข้อสอบและศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบขั้นตอนนี้เหมือนขั้นตอนที่ 2 ของการวางแผนสร้างแบบอิงกลุ่มทุกประการคือตัดสินใจว่าจะใช้ข้อคำถามรูปแบบใดและศึกษาวิธีเขียนข้อสอบเพื่อนำไปใช้ในการเขียนข้อสอบ

4. เขียนข้อสอบลงมือเขียนข้อสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมตามตารางที่กำหนด จำนวนข้อสอบของแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและใช้รูปแบบเทคนิคการเขียนตามที่ศึกษา

5. ตรวจสอบข้อสอบนำข้อสอบที่เขียนเสร็จแล้วมาตรวจทานอีกครั้งโดยพิจารณา ความถูกต้องตามหลักวิชาภาษาที่ใช้เขียนมีความชัดเจนเข้าใจง่ายหรือไม่ตัวถูกตัวหลง

6. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหาจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และข้อสอบที่วัดแต่ละจุดประสงค์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและด้านเนื้อหาจำนวนไม่ต่ำกว่า 3 คน พิจารณาข้อสอบว่ามีความตรงกับจุดประสงค์หรือไม่ควรพิจารณาให้เหมาะสม

7. พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลองนำข้อสอบทั้งหมดที่ผ่านการพิจารณาว่าเหมาะสม เข้าเกณฑ์ในขั้นที่ 6 มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบมีคำชี้แจงเกี่ยวกับแบบทดสอบวิธีตอบจัดวางรูปแบบ การพิมพ์ให้เหมาะสม

8. ทดลองใช้วิเคราะห์คุณภาพและปรับปรุง

9. พิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545, หน้า 45) กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าควรดำเนินการ ดังนี้

1. วิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรการสร้างแบบทดสอบ ควรเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์หลักสูตร และการสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อวิเคราะห์เนื้อหาสาระและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด ตารางวิเคราะห์หลักสูตรจะใช้เป็นกรอบในการออกข้อสอบ โดยระบุจำนวนข้อสอบในแต่ละเรื่องและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดไว้

2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้เป็นพฤติกรรมที่เป็นผล การเรียนรู้ที่ผู้สอนมุ่งหวังจะให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนซึ่งผู้สอนจะต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าสำหรับเป็น แนวทางในการจัดการเรียนการสอนและการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

3. กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีสร้างโดยการศึกษารายละเอียดวิเคราะห์หลักสูตร และจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาและตัดสินใจเลือกใช้ชนิดของข้อสอบ ที่จะใช้วัดว่าจะเป็นแบบใด โดยต้องเลือกให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเหมาะสม กับวัยของผู้เรียน แล้วศึกษาวิธีเขียนข้อสอบชนิดนั้นให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักและวิธีการเขียน ข้อสอบ

4. เขียนข้อสอบ ผู้ออกข้อสอบลงมือเขียนข้อสอบตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตาราง วิเคราะห์หลักสูตร และให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยอาศัยหลักและวิธีการเขียน ข้อสอบที่ได้ศึกษามาแล้วในขั้นที่ 3

5. ตรวจสอบข้อสอบเพื่อให้ข้อสอบที่เขียนไว้แล้วในขั้นที่ 4 มีความถูกต้องตามหลักวิชา มีความสมบูรณ์ครบถ้วนตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาทบทวนตรวจสอบข้อสอบอีกครั้งก่อนที่จะจัดพิมพ์ และนำไปใช้ต่อไป

6. จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง เมื่อตรวจสอบข้อสอบเสร็จแล้วให้พิมพ์ข้อสอบทั้งหมด จัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับทดลอง โดยมีคำชี้แจงหรือคำอธิบายวิธีตอบแบบทดสอบ และจัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

7. ทดสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ การทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนนำไปใช้จริง โดยนำแบบทดสอบไปทดลองสอบกับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มที่ต้องทดสอบจริง แล้วนำผลการสอบมาวิเคราะห์และปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพ โดยสภาพการปฏิบัติจริงของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในโรงเรียนมักไม่ค่อยมีการทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ ส่วนใหญ่นำแบบทดสอบไปใช้ทดสอบแล้วจึงวิเคราะห์ข้อสอบ เพื่อปรับปรุงข้อสอบและนำไปใช้ครั้งต่อไป

8. จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง

จากขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความคล้ายคลึงมาก ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ 8 ขั้นตอนหลักสำคัญ คือ

1. วิเคราะห์เนื้อหาเพื่อเป็นกรอบในการออกข้อสอบที่ต้องให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดโดยใช้ตารางวิเคราะห์หลักสูตร
2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยกำหนดเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
3. เลือกรูปแบบของข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และศึกษาวิธีเขียนข้อสอบเพื่อนำไปใช้ในการเขียนข้อสอบ

4. เขียนข้อสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมตามตารางที่กำหนด จำนวนข้อสอบของแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และใช้รูปแบบเทคนิคการเขียนตามที่ศึกษา

5. ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวนไม่ต่ำกว่า 3 คน ตรวจสอบในเรื่องความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ภาษามีความเหมาะสมชัดเจน เข้าใจง่าย และตัวถูกตัวลวงมีความสมบูรณ์ครบถ้วนตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร

6. พิมพ์เป็นแบบทดสอบ โดยมีคำชี้แจงเกี่ยวกับแบบทดสอบ และจัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

7. ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ นำแบบทดสอบไปทดลองสอบกับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มที่ต้องทดสอบจริง เพื่อหาคุณภาพของข้อสอบ แล้วนำผลการสอบมาวิเคราะห์ และปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพ

8. จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

6.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

แอนเดอร์สัน และพินกรี (Anderson and Pingry, 1973, pp. 228) ให้ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า เป็นสถานการณ์หรือคำถามที่ต้องการหาข้อสรุป หรือคำตอบ ซึ่งผู้แก้ปัญหาก็ทำได้ต้องมีกระบวนการที่เหมาะสม โดยใช้ความรู้ ประสบการณ์ การวางแผน และการตัดสินใจประกอบกันไป

เบล (Bell, 1978, pp. 309-310) ได้ให้ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่า สถานการณ์ใด ๆ จะเป็นปัญหาสำหรับบุคคลหนึ่งบุคคลใดถ้าเอาใจใส่ มีความต้องการที่จะตอบสนองสถานการณ์นั้น แต่ไม่สามารถแก้สถานการณ์นั้นได้ในทันทีทันใด การหาคำตอบของสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์จะเป็นปัญหาหรือไม่ขึ้นอยู่กับบุคคลผู้หาคำตอบนั้น

Cruikshank and Sheffield (1992, pp. 37) ได้ให้ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง คำถามหรือสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับจำนวนและตัวเลข หรือไม่เกี่ยวข้องก็ได้

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537, หน้า 62) ให้ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการคำตอบ อาจจะอยู่ในรูปปริมาณ จำนวน หรือคำอธิบาย ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ผู้แก้ปัญหามิคุ้นเคยมาก่อน และไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันทีทันใด ต้องใช้ทักษะความรู้ และอุปกรณ์หลาย ๆ อย่างประมวลเข้าด้วยกันจึงหาคำตอบได้ โดยที่สถานการณ์ใดจะเป็นปัญหาหรือไม่ขึ้นอยู่กับบุคคลผู้แก้ปัญหและเวลา สถานการณ์หนึ่งอาจเป็นปัญหาสำหรับบุคคลหนึ่ง แต่อาจไม่ใช่ปัญหาสำหรับอีกบุคคลหนึ่งก็ได้ และสถานการณ์ที่เคยเป็นปัญหาสำหรับบุคคลหนึ่งในอดีต อาจไม่เป็นปัญหาสำหรับบุคคลนั้นแล้วในปัจจุบัน

สิริพร ทิพย์คง (2544) ได้กล่าวว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ปัญหาที่พบในการเรียนคณิตศาสตร์ที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันที และในการแก้ปัญหาต่าง ๆ จะต้องใช้ความสามารถในการแก้ปัญหา และความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนมา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551) ได้ให้ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์ที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ซึ่งเผชิญอยู่และต้องการหาคำตอบ โดยที่ยังไม่รู้วิธีการหรือขั้นตอนในการหาคำตอบของสถานการณ์นั้น ๆ ได้ทันที

จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปใจความสำคัญได้ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์ปัญหาหรือคำถามที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนเผชิญแล้วไม่สามารถหาคำถามได้ทันที ผู้เรียนต้องการใช้ความรู้ กระบวนการ ทักษะ ประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบ

6.2 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้รวบรวมไว้ดังนี้

ชาร์ลส์ และเลสเตอร์ (Charles & Lester, 1982, pp. 6-10) ได้พิจารณาจำแนกประเภทของปัญหาและเป้าหมายของการฝึกแก้ปัญหาแต่ละประเภท ดังนี้

1. ปัญหาที่ใช้ฝึก (Drill exercise) เป็นปัญหาที่ใช้ฝึกขั้นตอนวิธีการคำนวณเบื้องต้น
2. ปัญหาข้อความอย่างง่าย (Simple translation problem) เป็นปัญหาข้อความที่เคยพบ เช่น ปัญหาในหนังสือเรียน ต้องการฝึกให้คุ้นเคยกับการเปลี่ยนแปลงประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เป็นปัญหาลำดับขั้นตอนเดียวมุ่งให้เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดคำนวณ

3. ปัญหาข้อความที่ซับซ้อน (Complex translation problem) คล้ายกับปัญหาอย่างง่าย แต่เพิ่มเป็นปัญหาที่มีสองขั้นตอนหรือมากกว่าสองขั้นตอน

4. ปัญหาที่เป็นกระบวนการ (Process problem) เป็นปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นประโยคทางคณิตศาสตร์ได้ทันที จะต้องจัดปัญหาให้ง่ายขึ้น หรือแบ่งเป็นขั้นตอนย่อย ๆ แล้วหารูปแบบทั่วไปของปัญหาและการประเมินผลคำตอบ

5. ปัญหาประยุกต์ (Applied problem) เป็นปัญหาที่ต้องใช้ทักษะ ความรู้ โหมด และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ การได้มาซึ่งคำตอบต้องอาศัยวิธีทางคณิตศาสตร์เป็นสำคัญ เช่น การจัดกระทำการรวบรวมและการแทนข้อมูล และต้องการตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงปริมาณ เป็นปัญหาที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ทักษะ กระบวนการ มโนคติและและข้อเท็จจริงในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งจะทำให้นักเรียนเห็นประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง

6. ปัญหาปริศนา (Puzzle problem) เป็นปัญหาที่บางครั้งได้คำตอบจากการเดาสุ่ม ไม่จำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา บางครั้งต้องใช้เทคนิคเฉพาะเป็นปัญหาที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ มีความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหาและเป็นปัญหาที่มองได้หลายมุมมอง

Polya (1985) ได้แบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ปัญหาให้ค้นพบ (Problem to Find) เป็นปัญหาให้ค้นหาสิ่งที่ต้องการ ซึ่งอาจเป็นปัญหาในเชิงทฤษฎี หรือปัญหาในเชิงปฏิบัติ อาจเป็นรูปธรรมหรือนามธรรม ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ สิ่งที่ต้องหาข้อมูลที่กำหนดให้และเงื่อนไข

2. ปัญหาให้พิสูจน์ (Problem to Prove) เป็นปัญหาที่ให้แสดงอย่างสมเหตุสมผลว่า ข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือเท็จ ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ สมมติฐาน หรือสิ่งที่กำหนดให้และผลสรุปหรือสิ่งที่จะต้องพิสูจน์

Bitter, Hartfield & Edwards (1989) ได้แบ่งประเภทของปัญหาตามลักษณะของปัญหา ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ปัญหาปลายเปิด (Open-Ended) เป็นปัญหาที่มีจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้หลายคำตอบ ปัญหาเหล่านี้ให้ความสำคัญกับกระบวนการแก้ปัญหา มากกว่าคำตอบ

2. ปัญหาที่ให้ค้นพบ (Discovery) เป็นปัญหาที่มีเพียงคำตอบเดียว แต่มีวิธีการหลากหลายในการหาคำตอบ

3. ปัญหาแนะให้ค้นพบ (Guided Discovery) เป็นปัญหาที่ต้องมีการแนะนำหรือบอกทิศทางในการแก้ปัญหา ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีหนทางในการหาคำตอบ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ปัญหาปลายเปิด ซึ่งเป็นสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสามารถคิดวิธีการหาคำตอบได้หลากหลายวิธีและมีอิสระในการคิด สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

6.3 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้รวบรวมไว้ดังนี้

Polya (1980, pp.1) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การหาแนวทางที่จะหาสิ่งที่ไม่รู้ของปัญหา และหาแนวทางในการกำจัดสิ่งที่ยุ่งยากไม่เกี่ยวข้องออกไป

Kennedy (1984) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่าเป็น การแสดงออกของแต่ละคนในการตอบสนองสถานการณ์ที่เป็นปัญหา

Hopkins, Gifford, & Pepperell (1999) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การวางแผนการจัดข้อมูลให้เป็นระบบ เพื่อที่จะสามารถตัดสินใจข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการหาคำตอบที่สัมพันธ์กับสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ

อัมพร ม้าคอง (2553, หน้า 39) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นการทำงานโดยใช้กระบวนการที่ยังไม่ทราบมาก่อนล่วงหน้าในการหาคำตอบของปัญหา การแก้ปัญหาเป็นทั้งทักษะ ซึ่งเป็นความสามารถพื้นฐานในการทำความเข้าใจปัญหาและการหาคำตอบของปัญหา และกระบวนการซึ่งเป็นวิธีการหรือขั้นตอนการทำงานที่มีการวิเคราะห์ และวางแผนโดยมีการใช้เทคนิคต่าง ๆ ประกอบ

เวชฤทธิ์ อังกะภักทรขจร (2555, หน้า 109) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็น ความสามารถในการหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้แก้ปัญหจะต้องประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอน กระบวนการแก้ปัญหา กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา และประสบการณ์เดิม ประมวลเข้ากับสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้ในปัญหานั้น ๆ

จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปใจความสำคัญได้ว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการในการหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ซึ่งนักเรียนต้องใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และประสบการณ์เดิมมาประมวล ประยุกต์เข้าสถานการณ์ปัญหาที่กำลังเผชิญนั้นเพื่อหาคำตอบ

6.4 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

Gagne (1985) ได้กล่าวถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ทักษะทางปัญญา (Intellectual Skills) หมายถึง ความสามารถในการนำกฎ สูตร ทฤษฎี ความคิดรวบยอด หรือหลักการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมกับทักษะทางปัญญาเป็นความรู้ที่นักเรียนเคยเรียนรู้มาก่อน

2. ลักษณะของปัญหา (Problem Scheme) หมายถึง ความสามารถทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่โจทย์ต้องการกับสิ่งที่กำหนดให้ โดยข้อมูลในสมองที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ ได้แก่ คำศัพท์ และวิธีการแก้ปัญหาลักษณะต่าง ๆ

3. การวางแผนหาคำตอบ (Planning Strategies) หมายถึง ความสามารถในการใช้ทักษะทางปัญญาและลักษณะของปัญหาในการวางแผนแก้ปัญหา ซึ่งการวางแผนหาคำตอบเป็นวิธีการในการคิด (Cognitive Strategies) อย่างหนึ่ง

4. การตรวจสอบคำตอบ (Validating Answer) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหาตลอดจนกระบวนการแก้ปัญหา

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้ ความคิด และทักษะทางคณิตศาสตร์ในการดำเนินการหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่แปลกใหม่หรือไม่คุ้นเคย

อัมพร ม้าคนอง (2553, หน้า 39-40) กล่าวว่า iva ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน คือ ใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในการทำ ความเข้าใจกับปัญหาและวิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหา ประเมินกระบวนการแก้ปัญหาที่ใช้ว่าเหมาะสมและมีประสิทธิภาพเพียงใด และประเมินความสมเหตุสมผล หรือความถูกต้องของคำตอบที่ได้พิสูจน์ และแปลความหมายผลที่ได้

จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปใจความสำคัญได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ประสบการณ์ ประยุกต์ในการหาคำตอบ โดยมีการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา การคิดวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผลคำตอบอย่างเป็นระบบ

6.5 กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

Polya (1957) ได้สรุปกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understand the Problem) เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการแก้ปัญหา โดยต้องพิจารณาถึงสาระของตัวปัญหา ระบุให้ได้ว่าเป็นปัญหาประเภทใด พร้อมทั้งแยกส่วนสำคัญของปัญหาออก โดยเฉพาะส่วนที่ปัญหาต้องการทราบ และส่วนที่ปัญหากำหนดเงื่อนไขมาให้

ขั้นที่ 2 การวางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) เป็นขั้นตอนสำคัญที่ต้องพิจารณาว่าจะแก้ปัญหาด้วยวิธีใด เป็นการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่กำหนดให้กับสิ่งที่ต้องการหา

ในการวางแผนอาจใช้การทดลอง การลองผิดลองถูก เพื่อค้นหารูปแบบที่คล้ายกับประสบการณ์เดิมที่เคยทำมา

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) เป็นการดำเนินการตามกลยุทธ์หรือวิธีการแก้ปัญหาที่เลือกไว้จนสามารถหาคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้ ในขั้นนี้ผู้แก้ปัญหามustใช้ความรู้ประสบการณ์ที่มีอยู่ประมวลเข้าด้วยกัน เพื่อให้เหตุผลและข้อสรุปที่เป็นของตนเอง ถ้าไม่สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จตามแผนที่วางไว้ต้องค้นหาสาเหตุ และใช้ประโยชน์จากความผิดพลาดในแต่ละครั้งมาแก้ปัญหาให้สำเร็จ

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบ (Looking back) ขั้นนี้เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้มาว่าคำตอบนั้นถูกต้องสมบูรณ์ โดยพิจารณาจากกระบวนการในแก้ปัญหา ความสมเหตุสมผล ตลอดจนผลลัพธ์ รวมถึงกระบวนการการแก้ปัญหของผู้แก้ปัญหามustรวบรวมความรู้ที่มีอยู่และพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเข้าด้วยกัน เพื่อทำความเข้าใจและปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้น

กิลฟอร์ด (Guildford, 1971, pp. 130) ได้กำหนดลำดับการแก้ปัญหาว່ว่าควรประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นเตรียมการ คือ การกำหนดปัญหาหรือค้นหาปัญหาที่แท้จริงของเหตุการณ์คืออะไร
2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา คือ การพิจารณาว่ามีสิ่งใดที่เป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาหรือสิ่งใดไม่ใช่สาเหตุของปัญหา
3. ขั้นเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา คือ การหาวิธีการแก้ปัญหามustตรงกับสาเหตุของปัญหา และแสดงออกมาในรูปของวิธีการแก้ปัญหามustได้ผลลัพธ์ในขั้นสุดท้าย
4. ขั้นตรวจสอบผล คือ การเสนอเกณฑ์เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ที่จากการเสนอวิธีการแก้ปัญหามust ถ้าผลลัพธ์ที่ได้ยังไม่ถูกต้องก็ตมเสนอวิธีการแก้ปัญหามustใหม่จนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ
5. ขั้นประยุกต์ คือ การนำวิธีการแก้ปัญหามustที่ต้องไปใช้ในโอกาสอื่นเมื่อพบกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาลคล้ายกับปัญหามustเดิม

ครูลิก และเรย์ (Krulik and Reys, 1980) กล่าวถึงขั้นตอนในการแก้ปัญหามustไว้ดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา ในการแก้ปัญหามustนั้นจะตมทำความเข้าใจปัญหามust ซึ่งตมพิจารณาว่าอะไรเป็นตัวไม่ทราบค่า มีข้อมูลหรือเงื่อนไขอะไรบ้าง สิ่งที่ยกยบอกรมมมีเพียงพอในการแก้ปัญหามustหรือไม่ ในการพิจารณาอาจจะสร้างภาพประกอบความเข้าใจ แยกแยะส่วนตมต่าง ๆ ของสิ่งที่ยกยบอกรม แล้วเขียนลงไปว่ามีอะไรบ้าง
2. วางแผนในการแก้ปัญหามust จะตมหาความเกี่ยวข้องระหว่างข้อมูลที่ยกยบอกรมกับตัวที่ไม่ทราบค่า พิจารณามustย่อยตมหลายเทียบเคียง ยกยบปัญหามustใหม่กับยกยบปัญหามustเก่า

3. ดำเนินการตามแผน เมื่อวางแผนแล้วก็ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ตรวจสอบทีละขั้นตอนว่าถูกต้องหรือไม่ และไม่ควรดำเนินการข้ามขั้นตอน

4. ขั้นตรวจสอบ เมื่อทำเสร็จแล้วจะต้องตรวจสอบอีกครั้งว่าใช้ข้อมูลหมดหรือยัง และได้ผลตามที่ต้องการหรือไม่

ครูลิก (Kruilik, 1987 อ้างถึงใน ทองหล่อ วงษ์อินทร์, 2537, หน้า 37-38) ได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาแบบตรงจุด (Heuristic) โดยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ

1. การอ่านโจทย์ (Read) ประกอบด้วย การบันทึกคำสำคัญจากโจทย์ การอธิบายปัญหา การทวนปัญหาด้วยคำพูดของตนเอง บอกว่าโจทย์ถามอะไร และบอกว่าโจทย์กำหนดข้อมูลใดมาให้บ้าง

2. การสำรวจรายละเอียดของปัญหา (Explore) ประกอบด้วย การจัดระบบข้อมูล การบอกว่าข้อมูลเพียงพอหรือไม่ การบอกว่าข้อมูลมากเกินไปหรือไม่ การวาดรูปหรือไดอะแกรม และการเขียนแผนภูมิหรือตาราง

3. การเลือกวิธี (Select a Strategy) ประกอบด้วย การระลึกรูปแบบการทำงานย้อนกลับ คาดคะเน และการตรวจสอบ การสร้างสถานการณ์ หรือการทดลอง การเขียนโครงจัดระบบ หรือรายการที่จะช่วยในการแก้ปัญหา การอุปนัยทางตรรกะและการแบ่งปัญหออกเป็นตอน ๆ เพื่อเตรียมการแก้ปัญหา

4. การลงมือแก้ปัญหา (Solve) ประกอบด้วย การดำเนินการตามแผน การใช้ทักษะ การใช้ทักษะทางด้านการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และการใช้ตรรกศาสตร์เบื้องต้น

5. การพิจารณาคำตอบ และการขยายผล (Review and Extend) ประกอบด้วย การทบทวนคำตอบ การพิจารณาข้อความปัญหาบางตอนที่น่าสนใจ การใช้คำถาม ถ้า...แล้ว (if...then) และการอภิปรายแก้ปัญหา

สสวท. (2550) กล่าวว่า กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา (Polya) มีการใช้อย่างแพร่หลาย ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understand the Problem) ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหาและระบุส่วนสำคัญของปัญหา เช่น ตัวไม่รู้ค่า ข้อมูลและเงื่อนไข ซึ่งอาจใช้วิธีต่าง ๆ ช่วยในการทำความเข้าใจปัญหา เช่น การเขียนรูป การเขียนแผนภูมิ หรือการเขียนสาระปัญหาด้วยถ้อยคำของตนเอง

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) ขั้นตอนนี้เป็นการค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและตัวไม่รู้ค่า แล้วนำความสัมพันธ์นั้นมาผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) ขั้นตอนนี้ต้องการให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนที่วางไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล (Looking back) ขั้นตอนนี้ต้องการให้ผู้เรียนย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา โดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบและยุทธวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ แล้วพิจารณาว่ามีคำตอบหรือยุทธวิธีแก้ปัญหาย่อยอื่นอีกหรือไม่

ทิสนา เขมมณี (2552) ได้กล่าวถึงกระบวนการในการแก้ปัญหา โดยมีขั้นตอน 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสังเกต ให้นักเรียนได้ศึกษาข้อมูล รับรู้และทำความเข้าใจในปัญหานั้นสามารถสรุป และตระหนักในปัญหานั้น
2. การวิเคราะห์ ให้นักเรียนได้อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น เพื่อแยกแยะประเด็นปัญหา สภาพ สาเหตุ และลำดับความสำคัญของปัญหา
3. การสร้างทางเลือก ให้นักเรียนแสวงหาทางเลือกในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย ซึ่งอาจมีการทดลอง ค้นคว้า ตรวจสอบ เพื่อเป็นข้อมูลในการประกอบการทำกิจกรรมกลุ่ม และควรมีการกำหนดหน้าที่ในการทำงานให้แก่นักเรียน
4. การเก็บข้อมูลประเมินทางเลือก นักเรียนปฏิบัติตามแผนงานและบันทึกการปฏิบัติงานเพื่อรายงาน และตรวจสอบความถูกต้องของทางเลือก
5. การสรุป นักเรียนสรุปความด้วยตัวเอง ซึ่งอาจจะจัดทำในรูปของรายงานจากการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักวิชาการทางการศึกษาหลายท่าน ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยทั่วไปมีขั้นตอนคล้ายคลึงกัน โดยมี 4 ขั้นตอนหลักสำคัญ ประกอบด้วย การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา การคิดวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน การตรวจสอบผล

โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะใช้กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดของ Polya (1957) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา (Understand the Problem) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา จนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์ปัญหากำหนดให้ เงื่อนไขในการแก้โจทย์ปัญหา และสิ่งที่โจทย์ปัญหาต้องการหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา โดยที่เชื่อมโยงกับสิ่งที่โจทย์ปัญหากำหนดให้ เงื่อนไขในการแก้โจทย์ปัญหา

และสิ่งที่โจทย์ปัญหาต้องการหาคำตอบ และใช้ประสบการณ์เดิมมาเป็นแนวทางในการวางแผนการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนที่วางไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผนเพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้ ถ้าไม่สามารถแก้ปัญหาได้ตามแผนที่วางไว้ต้องค้นหาสาเหตุโดยใช้ข้อผิดพลาดมาประกอบการตัดสินใจในค้นหาวิธีการแก้ปัญหาจนสามารถทำได้สำเร็จ

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล (Looking back) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา โดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมบูรณ์และความสมเหตุสมผลของคำตอบว่าเป็นตามสิ่งที่โจทย์ปัญหาต้องการหาคำตอบ และยุทธวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ตรงตามเงื่อนไขของโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้

6.6 องค์ประกอบในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงองค์ประกอบในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

ออสซูเบล (Ausubel, 1968, pp. 538) กล่าวว่า ในการแก้ปัญหาโดยทั่วไปนั้นต้องใช้องค์ประกอบหลายอย่าง เช่น สถิติปัญญา และองค์ประกอบทางการคิด เช่น ความยืดหยุ่นทางการคิด การรวบรวม ความคิด ความตั้งใจ

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537, pp. 81-82) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถด้านนี้ คือ ทักษะการอ่านและการฟัง การทำความเข้าใจปัญหาต้องอาศัยความรู้เกี่ยวกับศัพท์ นิยาม มโนคติ และข้อเท็จจริงต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ซึ่งแสดงถึงศักยภาพทางสมองของนักเรียนในการระลึกถึงและความสามารถนำมาเชื่อมโยงกับปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่ช่วยให้การทำความเข้าใจปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ คือ การรู้จักเลือกใช้กลวิธีมาช่วยในการทำความเข้าใจปัญหา เช่น การขีดเส้นใต้ข้อความสำคัญ การแบ่งวรรคตอนการจดบันทึกเพื่อแยกแยะประเด็นสำคัญ การเขียนภาพ หรือแผนภูมิ การสร้างแบบจำลอง การยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับปัญหา และการเขียนปัญหาใหม่ด้วยคำพูดของตนเอง

2. ทักษะในการแก้โจทย์ปัญหา ทักษะเกิดขึ้นจากการฝึกฝนทำบ่อยจนเกิดความชำนาญ มีประสบการณ์ในการเลือกกลวิธีต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ให้เหมาะสมกับปัญหา ผู้แก้ปัญหามีทักษะ

ในการแก้โจทย์ปัญหาจะสามารถวางแผน เพื่อกำหนดกลวิธีในการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว และเหมาะสม

3. ความสามารถในการคิดคำนวณและความสามารถในการให้เหตุผล การคิดคำนวณ นับว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญของการแก้ปัญหา เพราะถึงแม้ว่าจะทำความเข้าใจได้อย่างแจ่มชัด วางแผนการแก้ปัญหาได้เหมาะสม แต่เมื่อลงมือแก้ปัญหาแล้วคิดคำนวณไม่ถูกต้อง การแก้ปัญหานั้นก็ไม่ประสบผลสำเร็จ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะพื้นฐานในการบวก ลบ คูณ และหารสำหรับ ปัญหาที่ต้องการคำอธิบายให้เหตุผลต้องอาศัยพื้นฐานในการเขียนและการพูด มีความเข้าใจ ในกระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ความหมายของการพิสูจน์ และวิธีพิสูจน์แบบต่าง ๆ เท่าที่จำเป็นและเพียงพอในการนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

4. แรงจูงใจ เนื่องจากโจทย์ปัญหาเป็นสถานการณ์ที่แปลกใหม่ไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันทีทันใด ผู้แก้ปัญหาก็ต้องคิดวิเคราะห์อย่างเต็มที่เพื่อที่จะให้ได้คำตอบ ผู้แก้ปัญหาก็ต้องมีแรงจูงใจที่จะสร้างพลังในการคิด ซึ่งแรงจูงใจนี้ ได้แก่ เจตคติ ความสนใจ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความสำเร็จ ตลอดจนความซาบซึ้งในการแก้ปัญหา ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะต้องใช้ระยะเวลาในการปลูกฝังให้เกิดขึ้น โดยผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ในการเรียนการสอน

5. ความยืดหยุ่น ผู้แก้ปัญหาก็ต้องมีความยืดหยุ่นในการคิด คือ ไม่ยึดติดในรูปแบบ ที่ตนเองคุ้นเคย แต่จะยอมรับรูปแบบและวิธีการใหม่ ๆ อยู่เสมอ ความยืดหยุ่นเป็นความสามารถ ในการปรับกระบวนการการคิดแก้ปัญหาโดยบูรณาการความเข้าใจ ทักษะและความสามารถในการแก้ปัญหา ตลอดจนแรงจูงใจที่มีอยู่เชื่อมโยงเข้ากับสถานการณ์ของปัญหาใหม่ สร้างความรู้ ที่สามารถปรับใช้เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กรมวิชาการ (2541, หน้า 2-3) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. การมองเห็นภาพ นักเรียนควรมองเห็นรูปปัญหา มีความคิดกว้างไกลมองเห็นแนวทาง ในการแก้ปัญหาอย่างไร เพื่อใช้หาแนวทางในการคิดแก้ปัญหา
2. การจินตนาการ นักเรียนควรรู้จักจินตนาการว่าปัญหานั้นเป็นอย่างไร เพื่อหาแนวทาง ในการคิดการแก้ปัญหา
3. การแก้ปัญหามีทักษะ เมื่อมองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหาก็ลงมือทำอย่างมีระบบ ทำด้วยความชำนาญ มีความรู้สึกท้าทายที่จะแก้ปัญหามีความแปลกใหม่
4. การวิเคราะห์ ต้องรู้จักวิเคราะห์ตามขั้นตอนที่กระทำนั้น
5. การสรุป เมื่อกระทำจนเห็นรูปแบบแล้วก็สามารถสรุปได้

6. แรงขับ ถ้านักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาได้ทันทีจะต้องมีแรงขับที่สร้างพลังความคิด ได้แก่ ความสนใจ เจตคติที่ดี แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

7. การยืดหยุ่นในการคิด เป็นการที่นักเรียนต้องไม่ยึดติดกับวิธีการแก้ปัญหาแบบเดิม หรือแบบที่ตนเองคุ้นเคยเท่านั้น แต่ควรมีการยอมรับวิธีการอื่น ๆ อาจได้มาจากเพื่อนในชั้น หรือบุคคลอื่น ๆ ซึ่งจะทำให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายมากขึ้น

8. การโยงความคิด เป็นการสัมพันธ์ความคิดในเรื่องที่เกี่ยวข้องใช้ในการแก้ปัญหา จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปใจความสำคัญได้ว่า องค์ประกอบ ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่สำคัญที่จะต้องสร้างให้เกิดในตัวของนักเรียน ได้แก่ แรงขับ ในการคิด ความสามารถในการทำความเข้าใจและการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา ทักษะในการแก้โจทย์ ปัญหา ทักษะในการเชื่อมโยงความคิด ความยืดหยุ่นในการคิด ความสามารถในการคิดคำนวณ และความสามารถในการให้เหตุผลและสรุป ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูจะต้องคำนึงถึง องค์ประกอบเหล่านี้ เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

6.7 กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้ รวบรวมไว้ ดังนี้

เคนนิตี (Kennedy, 1984, pp. 81-82) กล่าวว่า ยุทธวิธีในการแก้ปัญหานั้นมีอยู่หลากหลาย ดังนี้

1. การหาแบบรูป เป็นการจักระบบของข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูล ในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดและจัดเป็นรูปแบบทั่วไปในการแก้ปัญหา ซึ่งอาจเป็นรูปแบบ ของจำนวนหรือรูปแบบของรูปเรขาคณิต เช่น การหารูปทั่วไปของจำนวนสามเหลี่ยม
2. เขียนแผนผังหรือภาพประกอบ เป็นการเขียนแผนผังหรือภาพต่าง ๆ ของสถานการณ์ ปัญหา เพื่อช่วยให้เห็นความสัมพันธ์และแนวทางในการหาคำตอบ
3. สร้างแบบจำลอง เป็นยุทธวิธีการแก้ปัญหาที่คล้ายกับการเขียนแผนภาพ แต่มีประโยชน์กว่าตรงที่นักเรียนสามารถเคลื่อนสิ่งที่นำมาจัดรูปแบบได้
4. การสร้างตารางหรือกราฟ การจัดข้อมูลลงตารางในตารางเป็นการนำเสนอข้อมูลที่ง่าย และนำไปสู่การค้นพบแบบรูปและข้อชี้แนะอื่น ๆ
5. การเดาและตรวจสอบ เป็นการหาคำตอบของปัญหาจากสามัญสำนึก ผู้แก้ปัญหา คาดเดาแล้วตรวจสอบ ถ้าไม่ได้คำตอบก็เปลี่ยนการเดาและตรวจสอบอีกครั้งจนกระทั่งได้คำตอบ ของปัญหา การเดาและการตรวจสอบเป็นวิธีการที่ง่าย แต่อาจใช้เวลามากกว่ายุทธวิธีอื่น ๆ

6. การแจกแจงที่เป็นไปได้เป็นการแจกแจงที่เป็นไปได้ของปัญหาใช้ได้ดีในกรณีที่มีจำนวนที่เป็นไปได้ที่แน่นอน มักใช้ตารางช่วยในการแจกแจง

7. การเขียนประโยคทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงสถานการณ์ของปัญหา มีเป้าหมาย 2 ประการ คือ เป็นการแสดงความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาและเป็นการแสดงให้รู้ว่าต้องคิดคำนวณอย่างไรในการแก้ปัญหา นักเรียนที่เขียนประโยคทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องแสดงว่าเข้าใจปัญหานั้น และนำไปสู่การดำเนินการหาคำตอบได้ถูกต้อง

8. การดำเนินการแบบย้อนกลับ ยุทธวิธีนี้เริ่มจากข้อมูลที่ได้รับจากขั้นตอนสุดท้าย แล้วทำย้อนขั้นตอนกลับมาสู่ข้อความสำคัญที่กำหนดเริ่มต้น ใช้ได้ดีกับการแก้ปัญหาที่ต้องการอธิบายถึงขั้นตอนการได้มาซึ่งคำตอบ

9. การแบ่งออกเป็นปัญหาย่อย ๆ หรือเปลี่ยนมุมมองของปัญหา บางปัญหา มีความซับซ้อน หรือมีหลายขั้นตอน เพื่อความสะดวกอาจแบ่งปัญหาให้เป็นปัญหาที่เล็กลง เพื่อง่ายต่อการหาคำตอบ แล้วนำผลการแก้ปัญหาย่อย ๆ นี้ไปตอบปัญหาที่กำหนดหรือบางปัญหาอาจต้องใช้การคิดและเปลี่ยนมุมมองที่ต่างไปจากที่คุ้นเคยที่ต้องทำตามขั้นตอนทีละขั้น

Matlin (1983, pp. 225-229) ได้เสนอกลยุทธในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 5 วิธี คือ

1. การใช้สัญลักษณ์ (Symbol) ถือว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากในการสร้างตัวแทนของปัญหาที่เป็นนามธรรมที่ไม่ซับซ้อน

2. การเขียนรายการ (List) สำหรับปัญหาที่ไม่สามารถแปลงข้อมูลให้เป็นสัญลักษณ์ได้ ก็สามารถใช้การเขียนรายการแทน โดยเขียนเฉพาะข้อมูลที่สำคัญของปัญหา ซึ่งทำให้สามารถมองเห็นลักษณะของปัญหาได้ชัดเจนขึ้น

3. การใช้ตารางสัมพันธ์ (Matrices) เป็นตารางชี้ให้เห็นถึงการเชื่อมโยงของข้อมูลของปัญหาใช้ได้ดีกับปัญหาที่มีความซับซ้อน

4. การใช้กราฟ (Graphs) มีประโยชน์สำหรับปัญหาที่ไม่สามารถใช้สัญลักษณ์ หรือการเขียนรายการหรือการใช้ตารางสัมพันธ์ในการสร้างตัวแทนปัญหา โดยที่การใช้กราฟยังสามารถแสดงถึงการเคลื่อนไหวของสิ่งต่าง ๆ ได้ด้วย

5. การเขียนภาพ (Figure) เป็นการเขียนภาพประกอบ เพื่อสร้างความเข้าใจในปัญหา การเขียนภาพจากการจินตนาการ ซึ่งมีประโยชน์ในการใช้กับข้อมูลไม่มีกฎเกณฑ์ และช่วยจัดรูปแบบเก่า ๆ ในการหาสิ่งที่เป็นตัวแทนของปัญหา นอกจากนี้อาจเขียนภาพเป็นแผนภูมิ หรือโครงสร้างแทนความเข้าใจ ซึ่งในการสร้างตัวแทนของปัญหานั้นไม่อาจกล่าวได้ว่าวิธีใดดีที่สุด เพราะบางวิธีไม่สามารถใช้กับบางปัญหา และบางปัญหาอาจต้องใช้หลายวิธีร่วมกัน

ฮาร์ทฟิลด์ และคนอื่น ๆ (Hartfield and others, 1993, pp.: 55-60) ได้เสนอว่า
ในการแก้ปัญหา นักเรียนต้องรู้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาที่หลากหลายอัน ได้แก่

1. การคาดคะเนและตรวจสอบ
2. การค้นหารูปแบบ
3. การพิจารณาว่าข้อมูลเพียงพอหรือไม่
4. การเขียนภาพประกอบ เขียนกราฟ และสร้างตาราง
5. การตัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออก
6. การพัฒนาสูตรและเขียนสมการ
7. การสร้างแบบจำลองของปัญหา
8. การดำเนินการแบบย้อนกลับ
9. การเทียบเคียงกับปัญหาอื่น
10. การเขียนผังขั้นตอนการดำเนินงาน
11. การทำให้เป็นปัญหาย่างง่าย

ทบวงมหาวิทยาลัย (2524, หน้า 44) ได้เสนอยุทธวิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. วิธีการคาดคะเนหรือเดาคำตอบไว้ล่วงหน้า
2. การทำให้เป็นอย่างง่าย

2.1 ทำโจทย์ให้เป็นกรณีที่ย่าง ๆ เท่าที่จะทำได้แล้วลองหารูปแบบและความสัมพันธ์
เพื่อขยายไปเป็นโจทย์ที่ซับซ้อนขึ้น

2.2 แยกแยะโจทย์เดิม วิเคราะห์ปัญหาย่อย ๆ แล้วรวบรวมผลเข้าสู่ปัญหาเดิม

3. การทดลอง เช่น การสร้างรูป การวัด การคำนวณ ฯลฯ
4. การสร้างภาพ ช่วยทำให้ปัญหาเป็นรูปธรรมที่เห็นได้ชัดเจน ช่วยในการหาคำตอบได้
5. การทำตารางเก็บข้อมูลจากโจทย์ปัญหา และจัดทำเป็นตารางให้เห็นความเหมือน

ความแตกต่าง นำไปสู่การสรุปการแก้ปัญหาคำตอบได้

6. การเขียนกราฟ ช่วยให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูล

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537, หน้า 21-71) ได้กล่าวถึงกลยุทธ์ในการแก้ปัญห
ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. กลยุทธ์เดาคำตอบและตรวจสอบคำตอบ เป็นการพิจารณาข้อมูลและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ปัญหา
กำหนดแล้วคาดเดาคำตอบของปัญหา หลังจากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง ถ้าไม่ถูกต้องก็คาดเดา
ใหม่ โดยอาศัยพื้นฐานของเหตุผลจากการคาดเดาครั้งแรก ๆ

2. กลยุทธ์การวาดภาพ เป็นการแสดงสภาพการณ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ออกมาเป็นภาพ เพื่อช่วยให้ผู้แก้ปัญหามีความเข้าใจปัญหาแจ่มชัดขึ้น ทำให้มองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ และสามารถกำหนดแนวในการแก้ปัญหาได้รวดเร็วขึ้น

3. กลยุทธ์การสร้างตาราง เป็นการแจกแจงกรณีต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ของสภาพการณ์ที่ปัญหากำหนด โดยนำมาเขียนในรูปของตารางเป็นการจัดระบบข้อมูล ทำให้มองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลชัดเจน ซึ่งนำไปสู่การหาคำตอบของปัญหา

4. กลยุทธ์ใช้ตัวแปร แทนจำนวนที่ไม่ทราบค่า ซึ่งจะเป็นโจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับจำนวนหรือปริมาณ โดยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีตัวแปรปรากฏอยู่ แล้วศึกษาหาคำตอบของปัญหาจากความสัมพันธ์นั้น

5. กลยุทธ์ค้นหารูปแบบ เป็นการศึกษาข้อมูลที่มีอยู่ แล้ววิเคราะห์ค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเหล่านั้นแล้วคาดเดาคำตอบ และสรุปเป็นรูปแบบหรือกฎเกณฑ์ของข้อมูลเหล่านั้น ทำให้ได้คำตอบที่โจทย์ต้องการ

6. กลยุทธ์แบ่งกรณี เป็นการแบ่งปัญหาวออกเป็นกรณีมากกว่า 1 กรณี ทำให้แต่ละกรณีมีความชัดเจนมากขึ้น เมื่อหาคำตอบของทุกกรณีได้แล้วนำมาพิจารณาคำตอบของทุกกรณีร่วมกัน จะได้ภาพรวมซึ่งเป็นคำตอบของปัญหา

7. กลยุทธ์การใช้เหตุผล เป็นการใช้อยู่ข้อมูลที่ปัญหากำหนดให้ เป็นเหตุบังคับให้เกิดผล ซึ่งต้องผสมผสานกับความรู้ และประสบการณ์ต่าง ๆ ผู้แก้ปัญหามีอยู่เพื่อให้ได้คำตอบที่ต้องการ

8. กลยุทธ์สร้างปัญหาขึ้นใหม่ เป็นการสร้างปัญหาที่มีโครงสร้างคล้ายกับปัญหาเดิม แต่มีความยุ่งยากน้อยกว่า ตลอดจนแบ่งปัญหาเดิมออกเป็นปัญหาย่อย ๆ ที่สัมพันธ์กับปัญหาเดิม จะทำให้ผู้แก้ปัญหามองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหาเดิม

9. กลยุทธ์สร้างแบบจำลอง เป็นการทำให้ปัญหามีความชัดเจนมากขึ้น เป็นการสื่อที่เป็นรูปธรรมมาแสดงสถานการณ์ปัญหา และรวมไปถึงใช้สื่อในการแก้ปัญหา

10. กลยุทธ์ทำย้อนกลับปัญหาบางชนิดสามารถแก้ไขได้ง่ายกว่าถ้าเริ่มต้นแก้ปัญหาโดยพิจารณาจากผลลัพธ์สุดท้ายแล้วมองย้อนกลับมาสู่ตัวปัญหาอย่างมีขั้นตอน กลยุทธ์ลองย้อนกลับใช้กระบวนการการคิดวิเคราะห์โดยพิจารณาจากผลย้อนกลับไปหาเหตุ ซึ่งจะต้องหาเงื่อนไขเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ต้องการกับสิ่งที่กำหนด

กรมวิชาการ (2541, หน้า 3) ได้เสนอยุทธวิธีในการแก้ปัญหาดังนี้

1. การเดาและการตรวจสอบ (Guess and check) เป็นการหาคำตอบจากสามัญสำนึก โดยผู้แก้ปัญหาคาดเดาคำตอบ หากไม่ได้คำตอบก็แปลการเดาจนกว่าจะได้คำตอบ

2. การทำปัญหาให้ง่ายลง (Make a simpler problem) เป็นการจัดการกระทำกับปัญหา เพื่อให้ปัญหาที่มีความซับซ้อนให้ซับซ้อนน้อยลง อาจแยกปัญหาออกเป็นส่วน ๆ หรือการใช้กราฟฟิคการเขียนเป็นภาพจะช่วยให้การแก้ปัญหานั้นง่ายขึ้น

3. การค้นหารูปแบบ (Look for a pattern) เป็นการจัดระบบข้อมูลหาความสัมพันธ์ของข้อมูลในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด แล้วจัดรูปแบบทั่วไปในการแก้ปัญหามожетเป็นรูปแบบในลักษณะของจำนวนหรือสัญลักษณ์

4. การเขียนแผนผังหรือภาพประกอบ (Draw and picture) เป็นการใช้ภาพจากสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้สามารถมองเห็นปัญหาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5. การสร้างตาราง (Make a table) เป็นการใช้ตารางเพื่อแยกประเด็นปัญหา เพื่อให้สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของปัญหาในแต่ละส่วนเพื่อนำไปสู่การสร้างรูปแบบในการแก้ปัญห

6. การแจกแจงกรณีอย่างเป็นระบบ (Make an organize list) จะเป็นการแจกแจงกรณีที่เป็นไปได้ของปัญหาทั้งหมดโดยอาจจัดทำในรูปตาราง เพื่อให้สามารถมองปัญหาให้ง่ายลง

7. การทำย้อนกลับ (Work backward) เป็นการตรวจสอบขั้นตอนต่าง ๆ ในการแก้ปัญห โดยให้มีการทำย้อนกลับไปถึงขั้นแรก ๆ ของการแก้ปัญห เพื่อให้สามารถตรวจสอบถึงขั้นตอนในการแก้ปัญหามีขั้นตอนใดบ้างที่ไม่ถูกต้อง หรือไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดในปัญหา ก็จะช่วยให้สามารถปรับปรุงการแก้ปัญหในแต่ละขั้นตอนให้ถูกต้องเหมาะสม

จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปใจความสำคัญได้ว่า กลยุทธ์ที่สามารถช่วยในการแก้ปัญหทางคณิตศาสตร์นั้นมีหลายวิธี ได้แก่ การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเหล่านั้น เพื่อใช้ในการคาดเดาคำตอบและตรวจสอบคำตอบ การแบ่งปัญหาออกเป็นรายการ ทำให้เข้าใจปัญหาได้ง่ายยิ่งขึ้น การเขียนเป็นประโยคทางคณิตศาสตร์ การเขียนผังขั้นตอนการดำเนินงาน การเขียนภาพประกอบ กราฟ และสร้างตาราง ช่วยให้เห็นความสัมพันธ์และแนวทางในการหาคำตอบ และการทำย้อนกลับปัญหาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องหรือปัญหาบางชนิดสามารถแก้ไขได้ง่ายกว่าถ้าทำย้อนกลับไปหาเหตุของปัญหานั้น ซึ่งควรคำนึงถึงการเลือกใช้กลยุทธ์วิธีในการแก้ปัญหทางคณิตศาสตร์ให้เหมาะสมกับปัญหาในกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และสามารถนำไปประยุกต์กับปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.8 การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537, หน้า 66-67) ได้เสนอวิธีการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ขั้นตอนการแก้ปัญหามาเป็นวิธีการพัฒนาคณิตศาสตร์

1. พัฒนาความสามารถในการเข้าใจปัญหา

1.1 พัฒนาศักยภาพการอ่านโดยการวิเคราะห์ความสำคัญ ความเข้าใจในปัญหาเป็นรายบุคคล หรือกลุ่ม อภิปรายความเป็นไปได้ของคำตอบ ความเพียงพอหรือความเกินพอของข้อมูล ปัญหาที่ใช้เพิ่มเติมอาจไม่ใช่ปัญหาคณิตศาสตร์ก็ได้

1.2 การใช้กลวิธีเพื่อเพิ่มพูนความเข้าใจ

1.2.1 การเขียนภาพ แผนภาพ หรือการใช้แบบจำลอง เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลจะช่วยให้ข้อมูลมีความเป็นรูปธรรม ทำให้เข้าใจง่ายขึ้น

1.2.2 ลดปริมาณที่กำหนดให้ปัญหาลง เพื่อกำหนดโครงสร้างของปัญหามีความชัดเจนขึ้น โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้และความมีเหตุผล

1.2.3 การยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับปัญหา

1.2.4 การเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ให้เป็นเรื่องที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน

1.3 การใช้ปัญหาที่ใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันมาให้ผู้เรียนฝึกทำความเข้าใจ โดยกำหนดข้อมูลเกินความจำเป็น หรือไม่เพียงพอ เพื่อให้ผู้เรียนฝึกการวิเคราะห์ว่าข้อมูลที่กำหนดให้ข้อมูลใดไม่ใช้หรือข้อมูลที่กำหนดให้เพียงพอหรือไม่ สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน ที่บางครั้งมีข้อมูลมากมายที่นักเรียนจะต้องเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาใช้ หรือบางครั้งข้อมูลอาจไม่เพียงพอ นักเรียน จะต้องแสวงหาข้อมูลให้เพียงพอ

2. การพัฒนาความสามารถในการวางแผน ถ้าโจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อน ควรฝึกให้นักเรียนเขียนประโยคสัญลักษณ์และเขียน หรือพูดลำดับขั้นตอนการคิดอย่างคร่าว ๆ ก่อนลงมือทำ เพราะขั้นตอนดังกล่าวเป็นเสมือนการวางแผนในการแก้ปัญหา ถ้าผู้เรียนฝึกสม่ำเสมอทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา ดังนั้นการพัฒนาความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหามีแนวทาง ดังนี้

2.1 ไม่บอกวิธีการแก้ปัญหาโดยตรง แต่จะกระตุ้นโดยใช้คำถามนำแล้วให้นักเรียนหาคำตอบ ถ้ายังตอบไม่ได้ให้เปลี่ยนคำถามให้ง่ายลง คำตอบของนักเรียนจะช่วยให้แผนการแก้ปัญหามีแนวทาง

2.2 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดออกมามาก ๆ (Think aloud) สามารถบอกให้ผู้อื่นทราบว่าตนคิดอะไร ไม่ใช่คิดอยู่ในใจเงียบ ๆ การคิดออกมามาก ๆ อาจอยู่ในรูปสนทนาหรือการเขียนลำดับขั้นตอนการคิดออกให้ผู้อื่นทราบทำให้เกิดการอภิปราย เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหที่เหมาะสม

2.3 สร้างลักษณะนิสัยของนักเรียน คิดวางแผนก่อนลงมือทำให้เห็นภาพรวมของปัญหาประเมินความเป็นไปได้ก่อนลงมือแก้ปัญหาป้องกันการผิดพลาดหรือแก้ไขข้อบกพร่องได้ทันที เน้นวิธีการแก้ปัญหาสำคัญกว่าคำตอบ

2.4 จัดปัญหาให้นักเรียนฝึกทักษะ ควรเป็นปัญหาที่ท้าทายเหมาะสมกับความสามารถ ไม่ยากหรือง่ายเกินไป

2.5 ในการแก้ปัญหาแต่ละปัญหา ควรส่งเสริมให้นักเรียนใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาให้มากกว่า 1 รูปแบบ เพื่อให้นักเรียนมีความยืดหยุ่นในการคิด

3. การพัฒนาความสามารถในการดำเนินการตามแผน ในการดำเนินการตามแผน ผู้เรียนต้องตีความ ขยายความ นำแผนไปสู่การปฏิบัติอย่างละเอียดชัดเจน และประเมินความสามารถที่จะดำเนินการได้หรือไม่

4. การพัฒนาความสามารถในการตรวจสอบ การตรวจสอบการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ครอบคลุมประเด็นสำคัญ 2 ประเด็น คือ ประเด็นแรกตรวจสอบขั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นกระบวนการอีกครั้งหนึ่ง รวมทั้งหายุทธวิธีอื่นในการแก้ปัญหาประเด็นที่สอง คือ มองไปข้างหน้าเป็นการใช้ประโยชน์จากกระบวนการแก้ปัญหาโดยสร้างสรรค์ปัญหาที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันขึ้นมาใหม่ มีแนวทางการพัฒนาดังนี้

4.1 กระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการตรวจสอบคำตอบที่ได้ให้เคยชิน

4.2 ฝึกให้นักเรียนคาดคะเนคำตอบ

4.3 ฝึกการตีความหมายของคำตอบ

4.4 สนับสนุนให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดโดยวิธีหาคำตอบมากกว่า 1 วิธี

4.5 ให้นักเรียนฝึกสร้างโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน

บุญเพ็ญ บุษปามาตะนัง (2543, หน้า 23-26) ได้เสนอแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. การวิเคราะห์นักเรียน เพื่อศึกษาว่าระดับความสามารถอยู่ในระดับใดแตกต่างกัน ขนาดไหน แต่ละคนมีจุดเด่นจุดด้อยตรงไหน อะไรจะต้องซ่อมและจะต้องเสริมจุดใด

2. การเลือก-สร้างโจทย์ปัญหา ควรเป็นเนื้อเรื่องที่นักเรียนสนใจ สอดคล้องกับเรื่องที่กำลังเรียนและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน สถานการณ์ในโจทย์ควรเป็นเรื่องที่สามารถใช้สื่อที่เป็นของจริงหรือแบบจำลองประกอบการสอนได้ ภาษาที่ใช้ควรเหมาะสมกับวัย ไม่ใช่ถ้อยคำฟุ่มเฟือย ซับซ้อน เพราะหากนักเรียนสามารถแยกแยะได้ว่าโจทย์กำหนดอะไรให้ โจทย์ต้องการทราบอะไร สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ นั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร มีข้อมูลส่วนใดที่ไม่จำเป็น ก็จะทำให้ให้นักเรียนมองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน

4. การเขียนประโยคสัญลักษณ์ หมายถึง การเขียนประโยคที่ใช้สัญลักษณ์

อันประกอบด้วย ตัวเลข เครื่องหมายแทนจำนวนและข้อความก่อนที่นักเรียนจะสามารถเขียนประโยคสัญลักษณ์ได้ ควรจะได้ทราบความหมายและสัญลักษณ์ของค่าต่าง ๆ เช่น บวก ลบ คูณ หาร เท่ากับ ไม่เท่ากับ มากกว่า น้อยกว่า หลังจากนั้นจึงเริ่มการฝึกเขียนประโยคสัญลักษณ์โดยอาจดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

4.1 ครูเขียนโจทย์บนกระดาน แล้วให้นักเรียนเขียนประโยคสัญลักษณ์

4.2 ครูอ่านโจทย์ให้นักเรียนฟัง แล้วให้นักเรียนเขียนประโยคสัญลักษณ์

4.3 ครูเขียนประโยคสัญลักษณ์บนกระดาน แล้วให้นักเรียนเขียนโจทย์ตาม เป็นต้น

5. การประมาณคำตอบ เป็นกระบวนการหาค่าโดยประมาณ เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจหรือพิจารณาความเป็นไปได้ของผลลัพธ์ การประมาณคำตอบจึงเป็นทักษะอย่างหนึ่งที่ครูควรฝึกให้นักเรียนปฏิบัติจนเกิดเป็นนิสัยก่อนลงมือแก้ปัญหาทุกครั้ง โดยอาจเริ่มต้นจากการนำโจทย์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือเรื่องราวที่กำลังอยู่ในความสนใจมาให้นักเรียนฝึกคิดหาคำตอบโดยไม่ต้องเขียน มีการเสริมแรงเพื่อกระตุ้นให้คิดแก้ปัญหาที่ยากขึ้น

6. การเสริมสร้างทักษะการคำนวณเป็นการเสริมสร้างให้นักเรียนสามารถบวก ลบ คูณ หารได้ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว โดยการจัดกิจกรรมหลาย ๆ อย่างที่ส่งเสริมให้นักเรียนคิดและลงมือปฏิบัติ โดยเริ่มจากปัญหาที่ง่ายและใกล้ตัวให้การเสริมแรงเป็นระยะ ๆ จนเกิดเป็นนิสัยสามารถคิดคำนวณได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว

7. ฝึกการแก้ปัญหาหลาย ๆ วิธี โจทย์เดียวกันอาจมีวิธีการหาคำตอบได้หลายวิธี ดังนั้นครูจึงไม่ควรจำกัดขอบเขตของการคิดว่าจะต้องทำตามวิธีการและขั้นตอนที่ครูสอนเท่านั้น เพราะการทำตามตัวอย่างหรือเลียนแบบโดยขาดความเข้าใจ นักเรียนจะไม่สามารถแก้ปัญหาที่มีข้อความแตกต่างจากที่เคยพบในห้องเรียนได้ ในทางกลับกันควรส่งเสริมนักเรียนที่มีแนวคิดแตกต่างออกไปจากที่ครูสอน แต่สามารถหาคำตอบได้ถูกต้องตรงกันกับวิธีที่ครูสอน

8. การพัฒนาความสามารถทางภาษา เนื่องจากโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยข้อความและตัวเลข สาเหตุหนึ่งที่นักเรียนไม่สามารถทำโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้นั้นเนื่องจากขาดความเข้าใจภาษา ขาดทักษะในการอ่าน การเก็บใจความ และความหมายของค่าต่าง ๆ เช่น คำว่า รวม ผลต่าง หักออก ใ้ไป หามาเพิ่ม มากกว่า น้อยกว่า หรือแม้กระทั่งความเข้าใจหน่วยในการชั่ง ตวง วัด ตลอดจนคำย่อต่าง ๆ ซึ่งครูต้องนำไปสอนให้เกิดความสัมพันธ์กันระหว่างวิชาภาษาไทยกับคณิตศาสตร์ ให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ความสามารถทางภาษาไทยมาใช้ในวิชาคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

9. การใช้สื่อประกอบการเรียนการสอนเป็นสิ่งจำเป็นที่ครูควรใช้ประกอบการสอน การแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพราะจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมในโจทย์ มากขึ้น ช่วยในการจินตนาการและการคิดค้นหาคำตอบ สื่อการสอนอาจเป็นของจริง เช่น ไม้ไอศกรีม ฝาจากน้ำอัดลม ก้อนหิน ส่วนสื่อที่เป็นรูปภาพอาจจะตัดจากหนังสือพิมพ์ ปฏิทิน หรือครูหรือนักเรียนวาดขึ้นเอง หลังจากเห็นว่่านักเรียนมีความเข้าใจและสามารถหาคำตอบได้ อย่างถูกต้องแล้วก็ฝึกให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาในใจเพื่อเป็นพื้นฐานในการนำไปใช้ ในชีวิตประจำวันต่อไป

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544, หน้า 35-36) กล่าวว่า สิ่งที่จะช่วยส่งเสริมการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์มีดังนี้

1. การให้นักเรียนแต่ละคนได้มีโอกาสแสดงแนวคิด วิธีการของตนเองได้อย่างอิสระ และทั่วถึงภายในกลุ่ม โดยให้มีการยืดหยุ่นในด้านเวลาซึ่งจะทำให้แต่ละคนกล้าเสี่ยงที่จะเสนอ แนวคิดของตนเองโดยไม่กลัวผิด ไม่เฉพาะแนวคิดของนักเรียนเก่งเท่านั้นแต่จะต้องช่วยกัน ตรวจสอบว่าแนวคิดใดเหมาะสมที่สุด โดยให้มีการอ้างเหตุผลประกอบ แล้วนำแนวคิดหรือวิธีการ จากแต่ละคนมาเปรียบเทียบกันแล้วช่วยกันตรวจสอบเพื่อนำไปสู่การเลือกยุทธวิธีที่ดีที่สุด ซึ่งจะช่วยให้ทุกคนได้เรียนรู้แนวคิดหรือวิธีการจากคนอื่น นอกจากนั้นยังเป็นการฝึกให้นักเรียน มีเหตุผลรู้จักรับฟังเหตุผลของคนอื่น ๆ ด้วย

2. กิจกรรมกลุ่มจะช่วยให้นักเรียนได้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งอาจได้จาก แนวคิดในกลุ่มย่อย และเมื่อแต่ละกลุ่มนำเสนอต่อหน้าชั้นก็จะทำให้ได้แนวคิดมากขึ้น ซึ่งแตกต่าง จากการแก้ปัญหาโดยคนเดียวจะทำให้ได้แนวคิดน้อยกว่า เนื่องจากสภาพปัญหาในปัจจุบัน และอนาคตต้องใช้แนวคิดจากหลายคนหลายกลุ่มจึงสามารถแก้ปัญหาให้สำเร็จได้

3. ขณะที่นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาในกลุ่มย่อยนั้น ครูควรมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้คำแนะนำเท่าที่จำเป็นหรือมีการใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้เกิดการคิด ไม่ควรใช้วิธี บอกให้กระทำตาม รวมทั้งเสนอแนะวิธีการทำงานกลุ่มให้มีประสิทธิภาพ แม้กิจกรรมกลุ่ม จะมีบทบาทต่อการแก้ปัญหาค่อนข้างมากแต่กิจกรรมรายบุคคลก็ไม่ควรละเลย เพราะจะช่วย ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาให้กับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์อีกด้วย

สิริพร ทิพย์คง (2544, หน้า 80-81) ได้กล่าวถึง การส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. ควรเลือกปัญหาที่ช่วยกระตุ้นความสนใจและเป็นปัญหาที่นักเรียนมีประสบการณ์ ในเรื่องเหล่านั้นมาใช้สอนนักเรียน

2. ควรทดสอบดูว่านักเรียนมีพื้นฐานความรู้เพียงพอหรือไม่ที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ ถ้ามีไม่เพียงพอต้องสอนเสริมหรือทบทวนในสิ่งที่เคยเรียนไปแล้ว
 3. ควรให้อิสระแก่นักเรียนในการใช้ความคิดแก้ปัญหา
 4. ควรให้แบบฝึกหัดที่มีข้อยาก ปานกลาง และง่าย เพื่อให้นักเรียนทุกคนประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาเป็นการเสริมสร้างกำลังใจให้นักเรียน
 5. ควรทดสอบดูว่านักเรียนเข้าใจปัญหาในข้อนั้น ๆ หรือไม่ โดยการถามโจทย์ว่าถามอะไร และโจทย์กำหนดอะไรมาให้
 6. ควรฝึกนักเรียนให้รู้จักการหาคำตอบ โดยการประมาณก่อนที่จะคิดคำนวณ เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง
 7. ควรช่วยนักเรียนคิดหาความสัมพันธ์ของปัญหา โดยการแนะนำให้อ่านภาพ หรือเขียนแผนผังในกรณีที่ไม่สามารถคิดแก้ปัญหาได้
 8. ควรช่วยให้นักเรียนในการคิดแก้ปัญหา เช่น การถามว่าเคยแก้ปัญหานี้หรือปัญหาที่มีลักษณะคล้ายข้อนี้มาก่อนหรือไม่ ลองแยกแยะปัญหาข้อนั้น ๆ ออกเป็นปัญหาย่อย ๆ
 9. ควรให้นักเรียนคิดหาวิธีการอื่น ๆ เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหานั้น ๆ รวมทั้งสนับสนุนให้ตอบวิธีการที่คิดและทำในการแก้ปัญหานั้น ๆ ตลอดจนทบทวนวิธีการคิดแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอน
 10. ควรให้นักเรียนช่วยกันแก้ปัญหากลุ่มย่อย ๆ หรือให้นำปัญหามาเอง เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น
- สำหรับการวิจัยนี้การจัดการเรียนรู้ที่เป็นการพัฒนาการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยเน้นการเรียนรู้ความร่วมมือในการแก้ปัญหาลักษณะของกลุ่มย่อย และภายในกลุ่มย่อย จะมีการจับคู่กันในการหาวิธีการในการคิดแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนได้ลงมือแก้ปัญหาย่างทั่วถึงทุกคน ทำให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ในการทำงานและแก้ปัญหาร่วมกัน เกิดการเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาลด้วยวิธีการที่หลากหลาย เปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนได้มีการแสดงออกทางความคิดของตนเอง และมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาร่วมกันทั้งชั้นเรียน เพื่อหาข้อสรุปของวิธีการในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุด ทำให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ในการอภิปราย และสื่อสารทางคณิตศาสตร์ มีความกล้าแสดงออกในการแสดงความคิดเห็นร่วมกัน และมีทักษะในการสื่อสารและเกิดการเรียนรู้โดยผ่านการอภิปรายร่วมกัน

6.9 การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้รวบรวมไว้ ดังนี้

Polya (1973) กล่าวถึง รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนและรายละเอียด ดังตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Polya

ขั้นตอนการแก้ปัญหของ Polya	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	หลังจากอ่าน โจทย์หรือสถานการณ์ปัญหาแล้วบอกได้ว่า โจทย์กำหนดอะไรมาให้ ต้องการทราบอะไร
ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	ให้เงื่อนไขความจริงในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งลำดับ ขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องสามารถสร้างตาราง เขียนไดอะแกรม เขียนสมการหรือประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และทักษะการคำนวณ
ขั้นตรวจสอบคำตอบ	พิจารณาความสมเหตุสมผลและการสรุปความหมายของคำตอบ

Charles, Lester, and O'daffer (1987) กล่าวถึง วิธีการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ 4 ประการ มีรายละเอียด ดังนี้

1. การสังเกตและการใช้คำถาม เป็นการประเมินขณะที่นักเรียนกำลังลงมือแก้ปัญหา ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพที่ไม่สามารถระบุคะแนนได้ เช่น พฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน ความเชื่อและเจตคติ การสังเกตที่ดีควรมีการจดบันทึกสิ่งที่สังเกตไว้ เพราะครูมีเวลาจำกัดในการจดบันทึก ดังนั้นครูต้องเลือกประเด็นของสิ่งที่ต้องการประเมิน และเตรียมเครื่องมือการประเมินไว้ล่วงหน้า เช่น แบบตรวจสอบรายการ และจดบันทึกสิ่งที่สังเกต โดยการทำเป็นจุดหรือเครื่องหมายไว้ และต้องบันทึกทันทีภายหลังการสังเกต

2. การใช้ข้อมูลการประเมินตนเองของนักเรียน วิธีนี้จะเกิดประโยชน์มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความซื่อตรงของนักเรียนในการบันทึกหรือรายงานออกมาถึงความรู้สึก ความเชื่อ ความตั้งใจ และความคิดของนักเรียนเองเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่กำหนด ข้อมูลการวัดผลของนักเรียนจะถูกรวบรวมไว้ในสมุดรายงานที่นักเรียนต้องเขียนเล่าประสบการณ์ที่ได้จากการแก้ปัญหายาหลังการแก้ปัญหาเสร็จ ครูสามารถใช้สมุดรายงานของนักเรียนในการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาได้ และยังวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาในภาพรวมได้อีก เมื่อสิ้นปีการศึกษา การประเมินตนเองแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1 การให้นักเรียนเขียนสะท้อนความคิดเห็นต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การประเมินตนเองแบบนี้ทำได้หลังจากนักเรียนแก้ปัญหาเสร็จใหม่ ๆ ให้นักเรียนนึกถึง ประสบการณ์ขณะที่กำลังแก้ปัญหา แล้วเขียนอธิบายว่าตนเองคิดอย่างไรในขณะที่กำลังแก้ปัญหา

2.2 การให้นักเรียนตอบแบบประเมินผลการรายงานหรือบันทึกประสบการณ์ แก้ปัญหา เป็นชุดของข้อความที่ให้นักเรียนตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหา และเจตคติ ต่อการแก้ปัญหของตนเอง

3. การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Scoring) เป็นการประเมินจากการเขียนแสดง ขั้นตอนการคิดของนักเรียน โดยรูบริกเป็นข้อความที่แสดงรายละเอียดของเกณฑ์คุณภาพการเรียนรู้ ของผู้เรียนจากระดับที่ยึดเชื่อมโยงถึงระดับที่ต้องพัฒนา แบ่งออกเป็น 3 วิธี ดังนี้

3.1 การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ เป็นวิธีการกำหนดค่าคะแนน โดยพิจารณาแยกแยะ จากขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ดังนั้น ขั้นตอนที่ 1 ของการพัฒนาสเกลการให้คะแนน ของการวิเคราะห์ คือ การกำหนดขั้นตอนของการแก้ปัญหาที่ครูต้องการประเมิน ขั้นตอนที่ 2 คือ การกำหนดพิสัยของคะแนนที่เป็นไปได้สำหรับแต่ละขั้นตอน ดังตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 ตัวอย่างเกณฑ์การคะแนนแบบวิเคราะห์

รายการประเมิน	คะแนนและเกณฑ์การพิจารณา
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	2 คะแนน : นักเรียนเข้าใจปัญหาถูกต้องทั้งหมด
	1 คะแนน : นักเรียนเข้าใจปัญหาผิดบางส่วน
	0 คะแนน : นักเรียนเข้าใจปัญหาผิดทั้งหมด
ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	2 คะแนน : การวางแผนของนักเรียนนำไปสู่ตอบที่ถูกต้อง ถ้าดำเนินการได้อย่างถูกต้อง
	1 คะแนน : การวางแผนของนักเรียนบางส่วนถูกต้อง ขึ้นอยู่กับส่วนหนึ่งของปัญหาที่ดีความได้อย่างถูกต้อง
	0 คะแนน : นักเรียนไม่มีความพยายามในการวางแผนแก้ปัญหา หรือวางแผนไม่เหมาะสมโดยสิ้นเชิง
ขั้นได้คำตอบ	2 คะแนน : คำตอบถูกต้อง
	1 คะแนน : การคัดลอกผิดพลาด การคำนวณผิดพลาด หรือตอบคำถามถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน
	0 คะแนน : ไม่มีคำตอบหรือคำตอบไม่ถูกต้อง ขึ้นอยู่กับ

ตารางที่ 2-6 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนและเกณฑ์การพิจารณา
การวางแผนที่ไม่เหมาะสม	
(Charles, Lester, & O'daffer, 1987)	

ข้อดีของการให้คะแนนแบบวิเคราะห์ คือ เป็นการพิจารณาขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ไม่ใช่พิจารณาเพียงคำตอบเท่านั้น เป็นวิธีกำหนดคุณค่าของงานนักเรียนด้วยตัวเลขที่ชัดเจนช่วยครูในการเน้นเฉพาะที่จุดอ่อนและจุดแข็งของนักเรียนได้ตรงประเด็น และสเกลการให้คะแนนแบบวิเคราะห์สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมได้

3.2 การให้คะแนนแบบองค์รวม เป็นการให้คะแนนที่เน้นภาพรวมของคำตอบ ไม่ใช่พิจารณาเฉพาะคำตอบเท่านั้น จะไม่กำหนดคะแนนแยกแยะลงไปเป็นขั้น ๆ ของกระบวนการคิด แต่จะกำหนดน้ำหนักคะแนนสำหรับภาพรวมของคำตอบทั้งหมด ดังนั้นการให้คะแนนแบบองค์รวมจึงเป็นการประเมินที่เหมาะสมสำหรับการประเมินที่มีสเกลใหญ่ ๆ และต้องการผลที่เป็นภาพรวมกว้าง ๆ ตัวอย่างการให้คะแนนแบบองค์รวม ดังตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบองค์รวม

คะแนน	เงื่อนไข
1	- มีการแสดงวิธีหาคำตอบ ซึ่งมีสิ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจปัญหา แต่เลือกใช้ยุทธวิธีไม่ถูกต้อง - เลือกใช้ยุทธวิธีที่ไม่ถูกต้อง และไม่มีการเปลี่ยนไปใช้ยุทธวิธีอื่น - พยายามแก้ปัญหาย่อย ๆ แต่ไม่สำเร็จ
2	- เลือกใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาล้มเหลว ไม่สามารถหาคำตอบได้ แต่มีร่องรอยแสดงให้เห็นว่าทำความเข้าใจปัญหาถูกต้อง - เลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหาล้มเหลว แต่ไม่ได้คำตอบหรือนำยุทธวิธีไปใช้ผิด ทำให้คำตอบผิด - หาคำตอบของปัญหาย่อย ๆ จากปัญหาที่กำหนดให้ได้ แต่ไม่สามารถดำเนินการต่อจนสำเร็จได้ - หาคำตอบได้ถูกต้อง แต่ไม่แสดงวิธีทำ

ตารางที่ 2-7 (ต่อ)

คะแนน	เงื่อนไข
3	- เลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหาที่สามารถนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องได้ แต่เข้าใจปัญหาบางส่วนผิด หรือละเลยเงื่อนไขบางอย่างในสถานการณ์ปัญหา - เลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ (1) คำตอบผิดโดยไม่มีเหตุผลปรากฏ (2) คำตอบผิดเพราะคำนวณผิด (3) ไม่ปรากฏคำตอบ
4	- เลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหาถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ หรือคิดคำนวณผิด - เลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง และได้คำตอบที่ถูกต้อง

3.3 การให้คะแนนจากความประทับใจทั่วไปเป็นการให้คะแนนโดยใช้ความประทับใจทั่วไป ซึ่งมีเกณฑ์ที่แน่ชัดจากผู้ประเมินที่มีประสบการณ์สูงหรือผู้เชี่ยวชาญ

4. การใช้แบบทดสอบ แบบทดสอบที่ใช้ในการประเมินผลการแก้ปัญหามี 2 ประเภท ได้แก่

4.1 แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยข้อคำถาม ซึ่งแต่ละคำถามจะมีตัวเลือกหลาย ๆ ตัวเลือกให้นักเรียนเลือกตอบตัวเลือกที่คิดว่าถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว

4.2 แบบทดสอบชนิดเติมคำตอบ เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยข้อคำถาม ซึ่งแต่ละคำถามจะเว้นช่องว่างไว้เพื่อให้นักเรียนนำคำ ตัวเลข วลี หรือประโยคที่ถูกต้องเติมลงในช่องว่าง

4.3 แบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่มีเฉพาะคำถามแล้วให้เขียนตอบอย่างเสรี ซึ่งการสร้างแบบทดสอบต้องเขียนคำชี้แจงเกี่ยวกับวิธีการตอบให้ชัดเจน กำหนดเวลาให้ตอบนานพอสมควร คำถามแต่ละข้อมีความยากง่ายไม่เท่ากัน

อัมพร ม้าคอง (2554) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Scoring rubric) ว่าเป็นเกณฑ์กำหนดเพื่อใช้เป็นแนวทางในการให้คะแนนผลงานหรือคุณภาพการปฏิบัติงานของผู้เรียนโดยทั่วไปมี 2 แบบ ดังนี้

1. แบบเกณฑ์รวม (Holistic scoring) เป็นเกณฑ์การให้คะแนนงานหรือการแก้ปัญหา โดยพิจารณาภาพรวมของคุณภาพของผลงานที่ได้ ซึ่งอาจมองได้หลายมิติหรือหลายด้านรวมกัน มีการจำแนกระดับคะแนนให้เห็นความแตกต่างคุณภาพงาน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ระดับคะแนน	คุณภาพงาน
4	แสดงวิธีทำชัดเจน และตอบถูกต้อง
3	แสดงวิธีทำชัดเจน แต่ตอบไม่ถูกต้อง
2	แสดงวิธีทำบางส่วน ตอบถูกต้อง
1	แสดงวิธีทำบางส่วน แต่ตอบไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบ
0	ไม่แสดงวิธีทำ และตอบไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบ

2. แบบเกณฑ์ย่อยหรือเกณฑ์เฉพาะ (Analytic scoring) เป็นเกณฑ์การให้คะแนนเฉพาะขั้น เฉพาะงานย่อย หรือเฉพาะด้าน โดยกำหนดระดับคะแนนตามความแตกต่างของคุณภาพงานในชิ้นงานย่อย หรือด้านที่พิจารณา ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ด้านวิธีการ	ระดับคะแนน	คุณภาพงาน
	3	ใช้วิธีการเหมาะสม และดำเนินการถูกต้อง
	2	ใช้วิธีการเหมาะสม แต่ยังดำเนินการไม่ถูกต้อง
	1	ใช้วิธีการไม่เหมาะสม ทำให้ดำเนินการไม่ถูกต้อง
	0	ไม่มีการใช้วิธีการและไม่มีการดำเนินการ

ด้านการอธิบาย	ระดับคะแนน	คุณภาพงาน
	3	เขียนอธิบายงานทั้งหมดได้ชัดเจน และสมเหตุสมผล
	2	เขียนอธิบายงานได้ชัดเจนเป็นส่วนใหญ่
	1	เขียนอธิบายงานได้บางส่วน แต่ยังไม่ชัดเจน
	0	เขียนอธิบายงานไม่ได้ หรือไม่เขียน

เวชฤทธิ์ อังกะภักทรขจร (2555) ได้กล่าวถึงประเภทของเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีคว่าโดยทั่วไปการให้คะแนนมี 2 รูปแบบคือ

1. การให้คะแนนแบบภาพรวม เป็นการให้คะแนนที่ประเมินความรู้และผลงานของผู้เรียน โดยกำหนดระดับคะแนนพร้อมบรรยายละเอียดของผลงานหรือพฤติกรรมของผู้เรียนเป็นภาพรวม โดยไม่มีการแยกเป็นด้าน ๆ การให้คะแนนลักษณะนี้มักใช้ในการตัดสินหรือสรุปผลการเรียนของผู้เรียน

2. การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ เป็นการให้คะแนนตามองค์ประกอบของสิ่งที่ต้องการประเมิน เช่น เมื่อประเมินความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูล อาจแยกพิจารณาเป็นด้านการเก็บรวบรวมข้อมูล ด้านการนำเสนอข้อมูล และด้านการอ่าน

เปรียบเทียบและวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูล การให้คะแนนลักษณะนี้มักใช้ในการประเมินผล การเรียนรู้ที่มีจุดประสงค์เพื่อวินิจฉัยหาจุดเด่นหรือจุดด้อยของผู้เรียนในแต่ละด้าน

จากการศึกษาการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยสามารถสรุป ได้ว่า การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีวิธีการประเมินความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีหลายวิธี ซึ่งการกำหนดเกณฑ์ รายละเอียด และวิธีการวัดนั้น ต้องให้เหมาะสมกับบริบทของเนื้อหา และกระบวนการแก้ปัญหาที่ต้องการวัด ผู้วิจัยได้พัฒนา แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมาจากแนวคิดของ Polya (1973) ประกอบด้วยการพิจารณา 4 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน และขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rubric Score ดังตารางที่ 2-8

ตารางที่ 2-8 เกณฑ์ในการให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอนการแก้ปัญหา	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ	คะแนน
ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ ปัญหา (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)	- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด เงื่อนไขของโจทย์ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบถูกต้องทั้งหมด	2
	- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด เงื่อนไขของโจทย์ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด เงื่อนไขของโจทย์ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไม่ถูกต้อง	0
ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)	- มีการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่ การหาคำตอบที่ถูกต้องทั้งหมดอย่างเป็นขั้นตอน และอธิบายรายละเอียดได้ชัดเจน	3
	- มีการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่ การหาคำตอบที่ถูกต้องเพียงบางส่วนอย่างเป็น ขั้นตอน และอธิบายรายละเอียดได้ชัดเจน	2
	- มีการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่ การหาคำตอบที่ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่เป็น ขั้นตอน และอธิบายรายละเอียดได้ไม่ชัดเจน	1

ตารางที่ 2-8 (ต่อ)

ขั้นตอนการแก้ปัญหา	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ	คะแนน
	- มีการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่การหาคำตอบที่ไม่ถูกต้อง ไม่เป็นขั้นตอน และไม่อธิบายรายละเอียด	0
ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)	- ดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง อธิบายรายละเอียดได้ชัดเจนตามลำดับวิธีการแก้ปัญหาที่วางแผนไว้ทั้งหมด	3
	- ดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง อธิบายรายละเอียดได้ชัดเจนตามลำดับวิธีการแก้ปัญหาที่วางแผนไว้บางส่วน	2
	- ดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง อธิบายรายละเอียดได้ไม่ชัดเจน และไม่ปฏิบัติตามลำดับวิธีการแก้ปัญหาที่วางแผนไว้ทั้งหมด	1
	- ไม่ดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง	0
ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)	- สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบผลคำตอบได้อย่างละเอียด และถูกต้อง	2
	- สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบผลคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	- ไม่สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบผลคำตอบได้ หรือเขียนตรวจสอบผลคำตอบ แต่ไม่ถูกต้อง	0

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

7.1 งานวิจัยต่างประเทศ

Gesit Puspa Pamungkas (2021) ได้ศึกษา ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบปัญหาปลายเปิดที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยมีปัญหาหลักของการวิจัย คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา สาเหตุของปัญหา คือ รูปแบบการสอนที่ไม่มีประสิทธิภาพของครู การวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยปัญหาปลายเปิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน รูปแบบการวิจัยมีการทดสอบหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยปัญหาปลายเปิด โดยมีกลุ่มทดลอง จำนวน 24 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 25 คน หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยข้อสอบข้อเขียน พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยปัญหาปลายเปิดมีประโยชน์ต่อกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน เนื่องจากสามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการตื่นตัวในการเรียนรู้ ฝึกให้ผู้เรียนกล้าแสดงความคิดเห็น และพัฒนาความสามารถด้านอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Mariamah1 (2021) ได้ศึกษา ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน การวิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อการพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดในวิชาคณิตศาสตร์เป็นการวิจัยเชิงทดลองกับกลุ่มทดลองก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มควบคุม พบว่า สามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และพัฒนาพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนของกลุ่มทดลองเท่ากับ 84.73 คะแนน และค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนของกลุ่มควบคุมเท่ากับ 73.50 คะแนน ค่าเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันเท่ากับ 11.23 คะแนน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Fandanu (2019) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนากระบวนการเรียนรู้ภายใต้บริบทปัญหาปลายเปิดที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน การวิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นหนึ่งในศักยภาพที่สามารถพัฒนาได้โดยครูในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และในกระบวนการเรียนรู้ที่มีการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด และเพื่อพัฒนากระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายมิติภายใต้บริบทปัญหาปลายเปิด

ซึ่งรวมถึงการออกกระบวนการเรียนรู้ แบบฝึกทักษะ และแบบทดสอบการวิจัยมีกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีการพัฒนารูปแบบการวิจัยที่มีขั้นตอนที่เรียกว่า 4D ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 สำรวจสภาพปัญหา ขั้นที่ 2 ออกแบบพัฒนา ขั้นที่ 3 การทดลองใช้หรือพัฒนา โดยในขั้นนี้จะแบ่งออกเป็น 4 กิจกรรมย่อย ได้แก่ 1) การเตรียมประเด็นปัญหาปลายเปิด 2) การเลือกรูปแบบการเรียนรู้ 3) การเลือกสื่อการเรียนรู้ 4) ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งขั้นการทดลองใช้นี้จะเป็นสร้างเค้าโครงในการพัฒนาหลักสูตร และนำไปสู่ขั้นที่ 4 คือ ขั้นการเผยแพร่ โดยที่ 3 ขั้นตอนแรกอยู่ในกระบวนการพัฒนาการวิจัย และขั้นสุดท้ายเป็นกระบวนการตรวจสอบความเที่ยงตรงของการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาคณิตศาสตร์ทั้งหมด 4 คน ประกอบด้วยอาจารย์ 2 คน และครู 2 คน พบว่า มีความเที่ยงตรงมีค่าเท่ากับ 3.45 ซึ่งแสดงว่าการจัดการเรียนนั้นสามารถส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้

Ningsih (2019) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การประยุกต์ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ การวิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดสูงกว่าการเรียนการสอนแบบปกติ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชายที่เรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดสูงกว่าการเรียนการสอนแบบปกติ 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหญิงที่เรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดสูงกว่าการเรียนการสอนแบบปกติ 4) ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดกับเพศที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

Rifa'i (2018) ได้ศึกษา ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อความมั่นใจในตนเอง และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีการทำแบบทดสอบก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีตัวแปรตามที่ศึกษา คือ ความมั่นใจในตนเอง และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สุ่มเลือกกลุ่มนักเรียนจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ห้อง โดยการสอน เรื่อง ลำดับและอนุกรม กลุ่มตัวอย่างที่เรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และกลุ่มควบคุมที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้รูปแบบปกติ พบว่า 1) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก 2) การจัดการเรียนรู้รูปแบบร่วมมือ

เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์มีผลทำให้ความมั่นใจในตนเองและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมากขึ้น

Mohammad Al-Absi (2013) ได้ศึกษา การประเมินผลของการจัดการการเรียนรู้ด้วยปัญหาปลายเปิดที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 135 คน และแบ่งประชากรออกเป็น 4 กลุ่ม โดยเป็นกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่จัดการเรียนรู้ด้วยปัญหาปลายเปิด และกลุ่มควบคุม 2 กลุ่ม ที่จัดการเรียนการสอนแบบปกติ เรื่อง จำนวนเก้าหลัก ซึ่งสอนโดยครูคนเดียวกัน กิจกรรมการเรียนการสอนครูจะให้สถานการณ์ปัญหาปลายเปิดตามจุดประสงค์ที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับนักเรียน ระหว่างกระบวนการเรียนรู้ครูจะมีการประเมินโดยการสังเกตเพื่อประเมินพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและการทำงานร่วมกันของนักเรียน ครูมีทำหน้าที่เพียงนำเสนอประเด็นสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดและมอบหมายงาน เพื่อให้นักเรียนหาวิธีการในการหาคำตอบ แล้วนำมาหาข้อสรุปร่วมกันในครั้งต่อไป พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองดีกว่ากลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่าการจัดการการเรียนรู้ด้วยปัญหาปลายเปิด ทำให้นักเรียนเกิดการคิดที่ลึกซึ้ง สามารถเชื่อมโยงแนวคิดกับสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด ซึ่งนักเรียนเกิดความตระหนักในแนวคิดทางคณิตศาสตร์สามารถสร้างแนวคิดของตนเองได้ และนักเรียนมีความพยายามที่แก้ปัญหาด้วยความพยายามและความมั่นใจ ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกกระตุ้นด้วยปัญหาปลายเปิด

7.2 งานวิจัยภายในประเทศ

ทานตะวัน สีดา (2564) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากที่ได้รับจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น โดยมีกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดจำนวน 36 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ มีจำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 91.67 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ มีจำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 97.22 และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ มีจำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00

จิระประภา คำภาเกะ (2563) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 4) ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมาก

เทพบุตร หาญมนตรี (2563) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคเพื่อนคู่คิดเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคเพื่อนคู่คิด เรื่อง ดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคเพื่อนคู่คิด เรื่อง ดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อลงกรณ์ ดำรงไทย (2563) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับเทคนิค KWDL ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 28.41 คิดเป็นร้อยละ 71.03 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 76.92 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และ 2) นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยเท่ากับ 25.44 คิดเป็นร้อยละ 84.79 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 97.44 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

อุษา ภิรมย์รักษ์ (2562) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิดร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ที่ระดับ .05 และ 2) ความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิดร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดมีความคิดเห็นในภาพรวมอยู่ในระดับมาก

ณัฐกุล นินนانونท์ (2562) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 28.92 คิดเป็นร้อยละ 72.48 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 14 คน คิดเป็นร้อยละ 77.78 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และ 2) นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 14.50 คิดเป็นร้อยละ 72.50 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 13 คน คิดเป็นร้อยละ 72.22 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

นาริรัตน์ ประสมสาสตร์ (2562) ได้ศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร หลังได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร หลังได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นงลักษณ์ ฉิมพัต (2561) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การสร้างกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบอุปนัยร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด เรื่อง เลขยกกำลัง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยปรากฏว่า กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบอุปนัยร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด เรื่อง เลขยกกำลัง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพของกระบวนการต่อประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E1/ E2) เท่ากับ 82.51/ 80.06 มีค่าดัชนีประสิทธิผลร้อยละ 41.39

วิรัชญา คงภักดี (2561) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด 1) มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 และแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 และ 2) แสดงพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอน คือ

ขั้นการนำเสนอปัญหาปลายเปิด นักเรียนใช้เวลาในการอ่านปัญหาและร่วมอภิปรายปัญหามากขึ้น ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน นักเรียนอธิบายปัญหาด้วยภาษาของตนเอง ระบุตัวแปรสำคัญของปัญหา วางแผนก่อนการแก้ปัญหา อธิบายวิธีแก้ปัญหาเป็นขั้นตอน และตรวจสอบคำตอบก่อนส่งมากขึ้น ขั้นการอภิปรายและเปรียบเทียบ นักเรียนอภิปรายและเปรียบเทียบวิธีแก้ปัญหาของกลุ่มตนเองกับกลุ่มอื่น และขั้นการสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนในชั้นเรียน นักเรียนตอบคำถามเพื่อเชื่อมโยงไปสู่ข้อสรุปมากขึ้น

พัทธยากร บุสสา (2559) ได้ศึกษา ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัสมาอี หะยีดาเฮร์ (2560) ได้ศึกษา ผลของการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ใช้วิธีการสอนแบบเปิดมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ใช้วิธีการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่ใช้วิธีการสอนแบบเปิดที่มีความเข้าใจภาษาไทยสูงมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีความเข้าใจภาษาไทยต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่มีความเข้าใจภาษาไทยสูงที่ใช้วิธีการสอนแบบเปิดมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีความเข้าใจภาษาไทยสูงที่ใช้วิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 และ 4) นักเรียนที่มีความเข้าใจภาษาไทยระดับต่ำที่ใช้วิธีการสอนแบบเปิดมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีความเข้าใจภาษาไทยต่ำที่ใช้วิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 5) หลังการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดนักเรียนมีระดับความพึงพอใจต่อวิธีการสอนแบบเปิดในระดับดี

สิริพันธุ์ จันทราศรี (2557) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในชั้นเรียนที่สอนด้วยวิธีการแบบเปิด ผลการวิจัย พบว่า วิธีการแบบเปิดมีผลดีต่อความสามารถในการแก้ปัญหของนักเรียนและเทคนิคการสอนของครูจากการวิเคราะห์โพโทคอลนักเรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา

ทางคณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องและดีขึ้นเรื่อย ๆ ตลอดทั้งหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ความน่าจะเป็น และผู้วิจัยพัฒนาวิธีการปฏิบัติในการสอนด้วยวิธีการแบบเปิดทั้ง 4 ขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง จนประสบความสำเร็จ สำหรับการพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการแก้ปัญหาที่มีดังต่อไปนี้

ความสามารถในการแก้ปัญหาวงคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนได้พัฒนาผ่าน กลุ่มพฤติกรรมทั้ง 6 กลุ่ม เริ่มต้นจากการแสดงพฤติกรรมการอ่านและการทำความเข้าใจ สถานการณ์ปัญหาปลายเปิดที่จะกำหนดให้ จากนั้นจึงแสดงพฤติกรรมการสำรวจปัญหา โดยการลองผิดลองถูก การสำรวจเงื่อนไข หรือความรู้เดิมที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาในชั้นการเรียนรู้ ด้วยตนเอง นักเรียนทำการวิเคราะห์ปัญหาด้วยการใช้การแสดงแทนและหลักการต่าง ๆ เกี่ยวกับความน่าจะเป็น ได้แก่ การวาดภาพ การใช้สัญลักษณ์ การใช้แผนภาพต้นไม้ และการใช้ กฎการนับเบื้องต้น นอกจากนี้นักเรียนมักจะแสดงพฤติกรรมการวางแผนจากร่วมกันแก้ปัญหา ในกลุ่มย่อย นักเรียนนำยุทธวิธีที่วางแผนไปใช้ในการแก้ปัญหาย่างระมัดระวัง และแสดง พฤติกรรมตรวจสอบการแก้ปัญหาผ่านการทบทวนและตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหา และคำตอบที่ได้ในส่วนของการปฏิบัติในการสอนของครูประกอบไปด้วยการใช้สถานการณ์ ปัญหาปลายเปิด เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในการอ่านและการทำความเข้าใจปัญหา ที่กำหนดให้กำหนดเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้นักเรียนแก้ปัญหาได้อย่างอิสระ การใช้คำถามเป็น ระยะ ๆ ในการกระตุ้นพฤติกรรมการนำไปใช้และการตรวจสอบด้วยตัวของนักเรียนเอง การสังเกต และสำรวจพฤติกรรมแก้ปัญหาวงคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพื่อใช้ในการตรวจสอบ ความก้าวหน้า และการบันทึกการสังเกตเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกัน ทั้งชั้นเรียน พร้อมทั้งเลือกและเรียงลำดับผลงานของนักเรียนเพื่อใช้ในการนำเสนอหน้าชั้นเรียน ตามลำดับอย่างมีเป้าหมาย นอกจากนี้ในชั้นการอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน ครูนำเสนอแนวคิดที่สำคัญของการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน และขยายแนวคิดนั้นด้วยการใช้ การแสดงแทนของครู ในแต่ละคาบเรียนครูสรุปบทเรียนด้วยการนำเสนอกฎหรือหลักการ ใน เรื่อง ความน่าจะเป็น ที่เชื่อมโยงและสอดคล้องกับแนวคิดในการแก้ปัญหาวงคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้น ในชั้นเรียน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยดำเนินการตามหัวข้อต่อไปนี้

1. การกำหนดกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. แบบแผนการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 12 ห้อง จำนวน 446 คน ซึ่งแต่ละห้องจัดนักเรียนแบบความสามารถทางการเรียน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2/1 โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้อง มีนักเรียน จำนวน 28 คน ที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เนื่องจากทางโรงเรียนจัดห้องเรียนแบบความสามารถทางการเรียนของนักเรียน

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

1.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

จำนวน 8 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลา 16 คาบ ได้แก่

แผนที่ 1 การหาพื้นที่ของรูปวงกลมและรูปสามเหลี่ยม	จำนวน 2 คาบ
แผนที่ 2 การหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม	จำนวน 2 คาบ
แผนที่ 3 การหาพื้นที่ผิวของปริซึม	จำนวน 2 คาบ
แผนที่ 4 การหาปริมาตรของปริซึม	จำนวน 2 คาบ
แผนที่ 5 การประยุกต์การหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึม	จำนวน 2 คาบ
แผนที่ 6 การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก	จำนวน 2 คาบ
แผนที่ 7 การหาปริมาตรของทรงกระบอก	จำนวน 2 คาบ
แผนที่ 8 การประยุกต์การหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก	จำนวน 2 คาบ

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก เป็นแบบอัตนัยแสดงวิธีทำ จำนวน 5 ข้อ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

1.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

1.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในรายวิชา ค22102

คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

1.1.2 ศึกษาเอกสาร ตาราง งานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

1.1.3 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนภูเวียงวิทยาคม กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รายวิชาคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

1.1.4 ศึกษาเอกสารรายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก

1.1.5 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

1.1.5.1 แนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach)

1.1.5.2 แนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

1.1.5.3 แนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางเรียนคณิตศาสตร์

1.1.5.4 แนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.1.6 ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก เพื่อกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่มีความสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) จำนวน แผน 8 จำนวน 16 คาบ มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3-1 แสดงการวิเคราะห์ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และจำนวนคาบของ
แผนการจัดการเรียนรู้

แผน การจัดการ เรียนรู้ที่	สาระการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน คาบ
1	- พื้นที่ ของรูปวงกลม - พื้นที่ ของรูปสามเหลี่ยม	ค 2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ ความรู้เรื่องพื้นที่ ผิวของปริซึม และทรงกระบอก ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหา ในชีวิตจริง	1. หาพื้นที่ของรูปวงกลม และรูปสามเหลี่ยมได้ (K) 2. ประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่องการหาพื้นที่ของรูป วงกลม และรูปสามเหลี่ยม ในการแก้ปัญหาได้ (P) 3. มีความรับผิดชอบ มีความสนใจและซักถาม มีส่วนร่วมในการทำ กิจกรรมในชั้นเรียน (A)	2
2	-พื้นที่ของ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส -พื้นที่ของ รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า -พื้นที่ของ รูปสี่เหลี่ยม ด้านขนาน -พื้นที่ ของรูปสี่เหลี่ยม ขนมเปียกปูน -พื้นที่ ของรูปสี่เหลี่ยม รูปว่าว	ค 2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ ความรู้เรื่องพื้นที่ ผิวของปริซึม และทรงกระบอก ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหา ในชีวิตจริง	1. หาพื้นที่ของรูป สี่เหลี่ยมได้ (K) 2. ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง การหาพื้นที่ของสี่เหลี่ยม ในการแก้ปัญหาได้ (P) 3. มีความรับผิดชอบ มีความสนใจและซักถาม มีส่วนร่วมในการทำ กิจกรรมในชั้นเรียน (A)	2

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

แผน การจัดการ เรียนรู้ที่	สาระการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน คาบ
	- พื้นที่ ของรูปสี่เหลี่ยม คางหมู		3) มีความรับผิดชอบ มีความสนใจ และซักถาม มีส่วนร่วมในการทำ กิจกรรมในชั้นเรียน (A)	
3	- ปริซึม - พื้นที่ผิว ของปริซึม	ค 2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ ความรู้เรื่องพื้นที่ ผิวของปริซึม และทรงกระบอก ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหา ในชีวิตจริง	1. หาพื้นที่ผิวของปริซึม ได้ (K) 2. ประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่องการหาพื้นที่ผิว ของปริซึมในการแก้ปัญหา ได้ (P) 3. มีความรับผิดชอบ มีความสนใจและซักถาม มีส่วนร่วมในการทำ กิจกรรมในชั้นเรียน (A)	2
4	- ปริซึม - ปริมาตร ของปริซึม	ค 2.2 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ ความรู้เรื่อง ปริมาตร ของปริซึม และทรงกระบอก ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหา ในชีวิตจริง	1. หาปริมาตร ของปริซึมได้ (K) 2. ประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่องการหาปริมาตร ของปริซึมในการแก้ปัญหา ได้ (P) 3. มีความรับผิดชอบ มีความสนใจและซักถาม มีส่วนร่วมในการทำ กิจกรรมในชั้นเรียน (A)	2

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

แผน การจัดการ เรียนรู้ที่	สาระการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน คาบ
5	การประยุกต์เกี่ยวกับ การหาพื้นที่ผิว และปริมาตร ของปริซึม	ค 2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ ความรู้เรื่องพื้นที่ ผิวของปริซึม และทรงกระบอก ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหา ในชีวิตจริง ค 2.2 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ ความรู้เรื่อง ปริมาตร ของปริซึม และทรงกระบอก ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหา ในชีวิตจริง	1. หาพื้นที่ผิว และปริมาตรของปริซึมได้ (K) 2. ประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่องการหาพื้นที่ผิว และปริมาตรของปริซึม ในการแก้ปัญหาได้ (P) 3. มีความรับผิดชอบ มีความสนใจและซักถาม มีส่วนร่วมในการทำ กิจกรรมในชั้นเรียน (A)	2
6	- ทรงกระบอก - พื้นที่ผิว ของทรงกระบอก	ค 2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ ความรู้เรื่องพื้นที่ ผิวของปริซึม และทรงกระบอก ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหา ในชีวิตจริง	1. หาพื้นที่ผิว ของทรงกระบอกได้ (K) 2. ประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่องการหาพื้นที่ผิว ของทรงกระบอก ในการแก้ปัญหาได้ (P)	2

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

แผน การจัดการ เรียนรู้ที่	สาระการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน คาบ
		คณิตศาสตร์ และปัญหา ในชีวิตจริง	3. มีความรับผิดชอบ มีความสนใจ และซักถาม มีส่วนร่วมในการทำ กิจกรรมในชั้นเรียน (A)	
7	- ทรงกระบอก - ปริมาตร ของทรงกระบอก	ค 2.2 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ ความรู้เรื่อง ปริมาตร ของปริซึม และทรงกระบอก ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหา ในชีวิตจริง	1. หาปริมาตร ของทรงกระบอกได้ (K) 2. ประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่องการหาปริมาตร ของทรงกระบอก ในการแก้ปัญหาได้ (P) 3. มีความรับผิดชอบ มีความสนใจและซักถาม มีส่วนร่วมในการทำ กิจกรรมในชั้นเรียน (A)	2
8	การประยุกต์เกี่ยวกับ การหาพื้นที่ผิว และปริมาตร ของทรงกระบอก	ค 2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ ความรู้เรื่องพื้นที่ ผิวของปริซึม และทรงกระบอก ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหา ในชีวิตจริง ค 2.2 ม.2/2 ประยุกต์ใช้	1. หาพื้นที่ผิว และปริมาตร ของทรงกระบอกได้ (K) 2. ประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่องการหาพื้นที่ผิว และปริมาตร ของทรงกระบอก ในการแก้ปัญหาได้ (P) 3. มีความรับผิดชอบ มีความสนใจและซักถาม มีส่วนร่วมในการทำ	2

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

แผน การจัดการ เรียนรู้ที่	สาระการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน คาบ
		ความรู้เรื่อง ปริมาตร ของปริซึม และทรงกระบอก ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหา ในชีวิตจริง	กิจกรรมในชั้นเรียน (A)	

1.1.7 จัดทำแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) มีจำนวน 8 แผน แผนละ 2 คาบ ซึ่งในแต่ละแผนมีส่วนประกอบดังนี้

1.1.7.1 มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

1.1.7.2 สาระสำคัญ

1.1.7.3 สาระการเรียนรู้

1.1.7.4 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1.7.4.1 ด้านความรู้

1.1.7.4.2 ด้านทักษะ/กระบวนการ

1.1.7.4.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

1.1.7.5 การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1.1.7.5.1 ขั้นที่ 1 เตรียมความรู้และกระตุ้นการเรียนรู้

1.1.7.5.2 ขั้นที่ 2 เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหากลุ่ม

1.1.7.5.2.1 ขั้นที่ 2.1 กระตุ้น (Think)

- 1.1.7.5.2.2 ขั้นที่ 2.2 ร่วมกันคิดแก้ปัญหาเป็นคู่ (Pair)
- 1.1.7.5.2.3 ขั้นที่ 2.3 แลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share)
- 1.1.7.5.3 ขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในชั้นเรียน
- 1.1.7.5.4 ขั้นที่ 4 สรุปวิธีการแก้ปัญหาและประเด็นการเรียนรู้
- 1.1.7.6 สื่อ/นวัตกรรมที่ใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
- 1.1.7.7 การวัดและประเมินผล
- 1.1.7.8 แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้สำหรับครู
- 1.1.7.8.1 ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
- 1.1.7.8.2 ปัญหา/อุปสรรค
- 1.1.7.8.3 ข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข
- 1.1.7.9 แบบประเมินการตอบคำถามของนักเรียน
- 1.1.7.10 แบบประเมินใบกิจกรรม
- 1.1.7.11 แบบประเมินความรับผิดชอบ ความสนใจ การซักถาม และการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม
- 1.1.8 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ที่ผู้วิจัยสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข
- 1.1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความชัดเจนของภาษา ความเหมาะสมของมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ/นวัตกรรม ที่ใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล โดยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้เป็นแบบประเมินความเหมาะสม ซึ่งมีลักษณะเป็นมาตรส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating scale)
- 5 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมมากที่สุด
- 4 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมมาก
- 3 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมปานกลาง
- 2 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมน้อย
- 1 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมน้อยที่สุด

1.1.10 วิเคราะห์คุณภาพโดยนำความคิดเห็นจากการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และแปลความหมายของคะแนน ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด และบุญส่ง นิลแก้ว, 2535, หน้า 23-24)

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมควรมีค่าเฉลี่ย ตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป

1.1.11 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจากผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 (รายละเอียดดัง ภาคผนวก) และผู้วิจัยได้ปรับปรุงในส่วน of รายละเอียดที่ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะ ดังนี้

1.1.11.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-8 ปรับรูปภาพประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับโจทย์ปัญหาและเข้าใจง่าย

1.1.11.2 ตรวจสอบความถูกต้องของตัวเลข และการใช้ภาษาให้เหมาะสม ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงตามคำแนะนำเป็นที่เรียบร้อย

1.1.11.3 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2/6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม จำนวน 35 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาข้อบกพร่องในการใช้ภาษา ความเหมาะสมของกิจกรรมกับเวลาที่กำหนดผลปรากฏว่า ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ใช้เวลาในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนเกินกว่าที่กำหนด เนื่องจากเป็นขั้นที่นักเรียนต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) และนักเรียนมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่ใช้ในการแก้สถานการณ์โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ค่อนข้างน้อย ทำให้ต้องมีการทบทวนความรู้ในขั้นที่ 1 เตรียมความรู้และกระตุ้นการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับเวลาในการอธิบายกระบวนการจัดการเรียนรู้ และการทบทวนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่ใช้ในการแก้สถานการณ์โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เหมาะสมกับเวลาในคาบเรียน เมื่อนำไปใช้จริงจะได้อยู่ในเวลาที่กำหนด

1.1.11.4 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะเรียบร้อยแล้วไปใช้ในการวิจัยกับกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 20 ข้อ โดยสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จำนวน 40 ข้อ แต่ใช้จริงเพียง 20 ข้อ ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนต่อไปนี้

2.1 ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดและรูปแบบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก

2.2 ศึกษาเนื้อหาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2561) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกระทรวงศึกษาธิการ

2.3 สร้างตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก

ตารางที่ 3-2 การวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก จำแนกตามพฤติกรรมด้านความรู้และความคิดของวิไลสัน

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบที่ออกทั้งหมด				รวม
			รู้จำ	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	
ค 2.1 ม.2/1	- ปริซึม	1. หาพื้นที่ผิว	2(1)	6(3)	2(1)	2(1)	12(6)
ประยุกต์ใช้	- พื้นที่ผิว	ของปริซึมได้					
ความรู้เรื่องพื้นที่ผิว	ของปริซึม						
ของปริซึมและทรงกระบอก							

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	สาระ การเรียนรู้	จุดประสงค์ การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบที่ออกทั้งหมด				รวม
			รู้จำ	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	
ในชีวิตจริง							
ก 2.2 ม.2/2							
ประยุกต์ใช้							
ความรู้เรื่อง							
ปริมาตร							
ของปริซึม							
และ							
ทรงกระบอก							
ในการแก้ปัญหา							
คณิตศาสตร์							
และปัญหา							
ในชีวิตจริง							
ก 2.1 ม.2/1	-ทรงกระบอก	4. หาพื้นที่ผิว		6(3)	4(2)		10(5)
ประยุกต์ใช้	- พื้นที่ผิวของ	ของ					
ความรู้เรื่องพื้นที่	ทรงกระบอก	ทรงกระบอกได้					
ผิวของปริซึม							
และ							
ทรงกระบอก							
ในการแก้ปัญหา							
คณิตศาสตร์							
และปัญหา							
ในชีวิตจริง							

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	สาระ การเรียนรู้	จุดประสงค์ การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบที่ออกทั้งหมด				รวม
			รู้จำ	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	
ค 2.2 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ ความรู้เรื่อง ปริมาตร ของปริซึม และ ทรงกระบอก ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหา ในชีวิตจริง	- ทรงกระบอก - ปริมาตร ของ ทรงกระบอก	5. หา ปริมาตร ของ ทรงกระบอก ได้		4(2)	2(1)	2(1)	8(4)
ค 2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ ความรู้เรื่อง พื้นที่ผิว ของปริซึม และ ทรงกระบอก ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหา ในชีวิตจริง	การประยุกต์ เกี่ยวกับการหา พื้นที่ผิวและ ปริมาตรของ ทรงกระบอก	6. หาพื้นที่ผิว และปริมาตร ของ ทรงกระบอกได้			2(1)		2(1)

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	สาระ การเรียนรู้	จุดประสงค์ การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบที่ออกทั้งหมด				รวม
			รู้จำ	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	
ค 2.2 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ ความรู้เรื่อง ปริมาตร ของปริซึม และ ทรงกระบอก ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหา ในชีวิตจริง							
รวม			2(1)	20(10)	14(7)	4(2)	40(20)

2.4 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก
จำนวน 40 ข้อ ตามตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้

2.5 นำแบบทดสอบเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณา แล้วปรับปรุงแก้ไข
ตามคำแนะนำ

2.6 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์
จำนวน 5 ท่าน (ผู้เชี่ยวชาญคนเดียวกันกับที่ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม
ของแผนการจัดการเรียนรู้) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม ความสอดคล้องกับเนื้อหา
และจุดประสงค์การเรียนรู้ รวมถึงความครอบคลุมของคำถาม โดยพิจารณาจากค่า IOC
โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์

การเรียนรู้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์

การเรียนรู้

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์

การเรียนรู้

ค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2547) ถือว่ามีความเหมาะสมและความสอดคล้องในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ มีค่า IOC อยู่ตั้งแต่ 0.6-1.00

2.7 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว จำนวน 40 ข้อ ที่ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม จำนวน 35 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง (กลุ่มเดียวกับที่ใช้ทดลองแผนการจัดการเรียนรู้) แล้วนำมาตรวจให้คะแนนโดยให้ 1 คะแนน สำหรับข้อที่นักเรียนตอบถูก และข้อละ 0 คะแนน สำหรับข้อที่นักเรียนตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบเกิน 1 ข้อ

2.8 นำผลการตรวจวิเคราะห์เป็นรายข้อ โดยพิจารณาจากค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (B) โดยใช้สูตรของ Brennan (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 127) โดยแบบทดสอบควรมีค่าความยากง่าย ตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

2.9 คัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ ที่ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ มีค่าความยากง่าย อยู่ตั้งแต่ 0.26-0.77 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ตั้งแต่ 0.32-0.63 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนด และนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่คัดเลือกแล้วมาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยใช้สูตรของ Lovett (อ้างถึงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 115) พบว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เท่ากับ 0.93

2.10 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่สมบูรณ์ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึม และทรงกระบอก ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

3.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3.2 ศึกษาเนื้อหาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2561) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกระทรวงศึกษาธิการ

3.3 สร้างตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก

ตารางที่ 3-3 การวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบที่ออกทั้งหมด	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
ค 2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	พื้นที่ผิวของปริซึม	1. ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการหาพื้นที่ผิวของปริซึมในการแก้ปัญหาได้	2	1
	พื้นที่ผิวของทรงกระบอก	2. ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอกในการแก้ปัญหาได้	2	1
ค 2.2 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหา	ปริมาตรของปริซึม	3. ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการหาปริมาตรของปริซึมในการแก้ปัญหาได้	2	1
	ปริมาตรของทรงกระบอก	4. ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการหาปริมาตร	2	1

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ข้อสอบ ที่ออก ทั้งหมด	จำนวน ข้อสอบ ที่ใช้จริง
คณิตศาสตร์ และปัญหาในชีวิตจริง		ของทรงกระบอก ในการแก้ปัญหาได้		
ค 2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม และทรงกระบอก ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหาในชีวิตจริง	- การประยุกต์ เกี่ยวกับการหา พื้นที่ผิวของ ปริซึมและ ทรงกระบอก - การประยุกต์ เกี่ยวกับการหา ปริมาตรของ ปริซึมและ ทรงกระบอก	5. ประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่องการหาพื้นที่ผิว และปริมาตรของปริซึม และทรงกระบอก ในการแก้ปัญหาได้	2	1
ค 2.2 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง ปริมาตรของปริซึม และทรงกระบอก ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และปัญหา ในชีวิตจริง	ปริมาตรของ ปริซึมและ ทรงกระบอก			
รวม			10	5

3.4 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึม และทรงกระบอก ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ โดยใช้จริงเพียง 5 ข้อ

สร้างให้มีความสอดคล้องกับตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ และสร้างเกณฑ์การให้คะแนน ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ให้ผู้เรียนได้แสดงกระบวนการแก้ปัญหของตนเอง จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เป็นแบบอัตนัย แสดงวิธีทำ ซึ่งสร้างให้สอดคล้องกับองค์ประกอบของกระบวนการแก้ปัญหของโพลยา (Polya)

ประกอบด้วย การพิจารณา 4 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา
 ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล
 โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rubric Score ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 เกณฑ์ในการให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ขั้นตอนการแก้ปัญหา	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ	คะแนน
ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)	- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด เงื่อนไขของโจทย์ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบถูกต้องทั้งหมด	2
	- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด เงื่อนไขของโจทย์ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	- ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด เงื่อนไขของโจทย์ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไม่ถูกต้อง	0
ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)	- มีการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหานำไปสู่การหาคำตอบที่ถูกต้องทั้งหมดอย่างเป็นขั้นตอน และอธิบายรายละเอียดได้ชัดเจน	3
	- มีการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหานำไปสู่การหาคำตอบที่ถูกต้องเพียงบางส่วนอย่างเป็นขั้นตอน และอธิบายรายละเอียดได้ชัดเจน	2
	- มีการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหานำไปสู่การหาคำตอบที่ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่เป็นขั้นตอน และอธิบายรายละเอียดได้ไม่ชัดเจน	1
	- มีการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหานำไปสู่การหาคำตอบที่ไม่ถูกต้อง ไม่เป็นขั้นตอน และไม่อธิบายรายละเอียด	0
ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)	- ดำเนินการแก้ปัญหตามขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหานำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง อธิบายรายละเอียดได้ชัดเจนตามลำดับวิธีการแก้ปัญหที่วางแผนไว้ทั้งหมด	3

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ขั้นตอนการแก้ปัญหา	พฤติกรรมวัดความสามารถ	คะแนน
	- ดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนวิธีการ แก้ปัญหาที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง อธิบาย รายละเอียดได้ชัดเจนตามลำดับวิธีการแก้ปัญหา ที่วางแผนไว้บางส่วน	2
	- ดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนวิธีการ แก้ปัญหาที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง อธิบาย รายละเอียดได้ไม่ชัดเจน และไม่ปฏิบัติตามลำดับ วิธีการแก้ปัญหาที่วางแผนไว้ทั้งหมด	1
	- ไม่ดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนวิธีการ แก้ปัญหาที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง	0
ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)	- สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบผลคำตอบได้ อย่างละเอียด และถูกต้อง	2
	- สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบผลคำตอบได้ ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	- ไม่สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบผลคำตอบได้ หรือเขียนตรวจสอบผลคำตอบ แต่ไม่ถูกต้อง	0

3.5 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนนเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณา แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

3.6 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและเกณฑ์การให้คะแนนที่ปรับปรุงแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์ จำนวน 5 ท่าน (ผู้เชี่ยวชาญคนเดียวกันกับที่ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ รวมถึงความครอบคลุมของคำถาม โดยพิจารณาจากค่า IOC โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้

ค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2547) ถือว่ามีความเหมาะสม และความสอดคล้องในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน พบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทุกข้อมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ

3.7 แก้ไขแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเกณฑ์การให้คะแนนตามข้อเสนอแนะ จากนั้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบพิจารณาอีกครั้ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยแล้ว

3.8 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว จำนวน 10 ข้อ ที่ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม จำนวน 35 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง (กลุ่มเดียวกับที่ทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์) จากนั้นตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3.9 นำผลการตรวจมาวิเคราะห์เป็นรายข้อ โดยพิจารณาจากค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้สูตรของ วิทนี และซาเบอร์ส (อ้างถึงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 122-127) โดยข้อสอบควรมีค่าความยากง่ายตามเกณฑ์ตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

3.10 คัดเลือกแบบทดสอบ จำนวน 5 ข้อ ที่ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยแต่ละข้อมีค่าความยากง่ายอยู่ตั้งแต่ 0.20-0.39 และมีอำนาจจำแนกอยู่ตั้งแต่ 0.25-0.50 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนด และนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่คัดเลือกแล้วมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) โดยใช้สูตรของครอนบัค (อ้างถึงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 117) พบว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 0.64

3.11 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สมบูรณ์ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

แบบแผนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบทดสอบก่อนและหลังกับกลุ่มเดียว One Group Pretest-Posttest Design (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 249) เพื่อใช้ในการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 แบบแผนการวิจัย One Group Pretest-Posttest Design

สอบก่อนเรียน	ทดลอง	สอบหลังเรียน
T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

T_1	แทน	การทดสอบก่อนการทดลองโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
X	แทน	การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)
T_2	แทน	การทดสอบหลังการทดลองโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอน ดังนี้

1. ขอความร่วมมือจากโรงเรียนภูเวียงวิทยาคม จังหวัดขอนแก่น ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ โดยผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยตนเองตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566
2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ ปรับปรุงและแก้ไขแล้ว
3. จัดกลุ่มนักเรียนตามระดับความสามารถสูง ปานกลาง ก่อนข้างอ่อน และอ่อน คละกัน โดยพิจารณาจากคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ปลายภาค

ภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2565 และใช้คะแนนดังกล่าวเป็นคะแนนฐานในแผนการจัด
การเรียนรู้ที่ 1

ตารางที่ 3-6 การจัดกลุ่มนักเรียน

ระดับความสามารถของนักเรียน	ลำดับ	ชื่อกลุ่ม
นักเรียนระดับความสามารถสูง	1	A
	2	B
	3	C
	4	D
	5	E
	6	F
	7	G
นักเรียนระดับความสามารถปานกลาง	8	G
	9	F
	10	E
	11	D
	12	C
	13	B
	14	A
นักเรียนระดับความสามารถค่อนข้างอ่อน	15	A
	16	B
	17	C
	18	D
	19	E
	20	F
	21	G

ตารางที่ 3-6 (ต่อ)

ระดับความสามารถของนักเรียน	ลำดับ	ชื่อกลุ่ม
นักเรียนระดับความสามารถอ่อน	22	G
	23	F
	24	E
	25	D
	26	C
	27	B
	28	A

4. จัดกลุ่มนักเรียน เพื่อใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 16 คาบ คาบละ 50 นาที

5. เมื่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้เวลาในการทดสอบ อย่างละ 60 นาที

6. ผู้วิจัยตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นและกำหนดไว้

7. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน หลังจากรับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้สถิติ t - test Dependent sample

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ร้อยละ 70 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้สถิติ t - test for one sample

3. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้สถิติ t - test Dependent sample

4. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ร้อยละ 70 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้สถิติ t - test for one sample

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน
	$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) คำนวณจากสูตร

$$S = \sqrt{\frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ	S	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

$\sum x^2$	แทน	ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
$(\sum x)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 หาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยคำนวณจากสูตร (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 111)

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้
	R	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหาวิชา
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 การหาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบ

วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ คำนวณได้จากสูตร B-Index ของ Brennan (อ้างถึงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 127)

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากง่าย
	R	แทน	จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูก
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$$B = \frac{U}{N_U} - \frac{L}{N_L}$$

เมื่อ	B	แทน	ค่าอำนาจจำแนก

U	แทน	จำนวนคนในกลุ่มผู้รอบรู้ที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูก
L	แทน	จำนวนคนในกลุ่มผู้ไม่รอบรู้ที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูก
N_U	แทน	จำนวนคนในกลุ่มผู้รอบรู้
N_L	แทน	จำนวนคนในกลุ่มผู้ไม่รอบรู้

2.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยคำนวณจากสูตรของ Lovett (อ้างอิงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 115)

$$r_{cc} = 1 - \frac{k \sum x_i - \sum x_i^2}{(k-1) \sum (x_i - c)^2}$$

เมื่อ	r_{cc}	แทน	สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ
	k	แทน	จำนวนข้อสอบทั้งฉบับ
	x	แทน	คะแนนของแต่ละคน
	C	แทน	คะแนนจุดตัด (คะแนนที่ร้อยละ 70)

2.4 หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นรายข้อ โดยตัดคะแนนเป็นนักเรียนกลุ่มเก่ง และนักเรียนกลุ่มอ่อน 27 เปอร์เซนต์ โดยใช้สูตรของ วิทนีย์ และซาเบอร์ส (อ้างอิงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 122-127)

$$P = \frac{S_U + S_L - (2Nx_{\min})}{2N(x_{\max} - x_{\min})}$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากง่ายของข้อสอบเป็นรายข้อ
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(x_{\max} - x_{\min})}$$

เมื่อ	D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	S_U	แทน	ผลของรวมคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลของรวมคะแนนกลุ่มอ่อน
	$x_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	$x_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.5 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) โดยใช้สูตรของครอนบัค (Cronbach) (อ้างถึงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 117)

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

เมื่อ	α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
	S_i^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ
	S_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ
	n	แทน	จำนวนข้อคำถาม

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) โดยใช้สถิติ t -test แบบ Dependent sample (อ้างถึงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2556, หน้า 116)

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

เมื่อ	t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณาการทดสอบสมมติฐาน
	D	แทน	ค่าความต่างของข้อมูลแต่ละคู่
	n	แทน	จำนวนคู่ของข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบ

3.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และความสามารถ

ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t -test for one sample (อ้างถึงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2556, หน้า 110-111)

$$\text{สูตร} \quad t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} ; df = n-1$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t -Distribution
	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน
	μ_0	แทน	ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์ (ร้อยละ 70)
	s	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ร้อยละ 70

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความสะดวกยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงกำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
S	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตในการแจกแจงแบบ t-test
$\sum D$	แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน-หลังเรียน

$\sum D^2$	แทน	ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบ ก่อน-หลังเรียน
μ_0	แทน	ค่าเฉลี่ยที่ใช้เป็นเกณฑ์ (ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม)
df	แทน	ชั้นแห่งความอิสระ
*	แทน	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียน
และหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด
(Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

วิเคราะห์ข้อมูลจากคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางคณิตศาสตร์
โดยใช้สถิติ t - test dependent sample เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางคณิตศาสตร์
ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้
ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด
(Think-Pair-Share) แสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด
(Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S	$\sum D$	$\sum D^2$	df	t
ก่อนจัดการเรียนรู้	28	20	6.29	2.41	1,315	65,575	27	20.90*
หลังจัดการเรียนรู้	28	20	15.68	1.30				

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t_{(.05,27)} = 1.7033$)

จากตารางที่ 4-1 พบว่า ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียน
และหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด
(Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เท่ากับร้อยละ

6.29 คะแนน และร้อยละ 15.68 ตามลำดับ จากการทดสอบสมมติฐาน พบว่า นักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)
ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ร้อยละ 70**

วิเคราะห์ข้อมูลจากคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติ t - test for one sample เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ร้อยละ 70 แสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	μ_0 (ร้อยละ 70)	$\bar{X}$	S	t
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	28	20	14	15.68	1.30	6.79*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t_{(.05,27)} = 1.7033$)

จากตารางที่ 4-2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เท่ากับ 15.68 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.30 คะแนน จากการทดสอบสมมติฐาน พบว่า นักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

วิเคราะห์ข้อมูลจากคะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติ t -test dependent เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) แสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S	$\sum D$	$\sum D^2$	df	t
ก่อนจัดการเรียนรู้	28	50	4.96	2.47	4,530	748,050	27	36.12*
หลังจัดการเรียนรู้	28	50	37.32	4.76				

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t_{(.05,27)} = 1.7033$)

จากตารางที่ 4-3 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เท่ากับร้อยละ 4.96 คะแนน และร้อยละ 37.32 ตามลำดับ จากการทดสอบสมมติฐาน พบว่า นักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)
ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ร้อยละ 70

วิเคราะห์ข้อมูลจากคะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติ t -test for one sample เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ร้อยละ 70 แสดงดัง ตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	μ_0 (ร้อยละ 70)	$\bar{X}$	S	t
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	28	50	35	37.32	4.76	2.32*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t_{(.05,27)} = 1.7033$)

จากตารางที่ 4-4 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เท่ากับ 37.32 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.76 คะแนน จากการทดสอบสมมติฐาน พบว่านักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน และหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 แล้ว ผู้วิจัยได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหา

ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) โดยจำแนกตามเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา การคิดวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน การตรวจสอบผล มีผลการศึกษา ดังนี้

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

ในการวิเคราะห์ความสามารถในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา ผู้วิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.00 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.04 คะแนน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา โดยพิจารณาจากจำนวนนักเรียนและร้อยละของขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา จำแนกตามระดับคะแนน ปรากฏผลดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 จำนวนนักเรียนและร้อยละของขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา
จำแนกตามระดับคะแนน

ระดับคะแนน	จำนวนนักเรียน (คน)					ร้อยละ
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	
2 คะแนน	25	21	22	26	21	82.14
1 คะแนน	2	5	6	2	7	15.71
0 คะแนน	1	2	0	0	0	2.14
รวม	28	28	28	28	28	100

จากตารางที่ 4-5 พบว่า ในภาพรวมระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา ของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.14 รองลงมา คือ ระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 15.71 และในระดับ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 2.14 และเมื่อพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในขั้นที่ 1 การทำ

ความเข้าใจโจทย์ปัญหา คำตอบของนักเรียนจำแนกเป็นกลุ่มตามแต่ละระดับคะแนน สามารถแสดงได้ดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 82.14 เป็นกลุ่มนักเรียนที่เขียนอธิบายสิ่งที่โจทย์กำหนด เงื่อนไขของโจทย์ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบถูกต้องทั้งหมด โดยมีตัวอย่างคำตอบดังภาพที่ 4-1

1) ห้องเรียนกว้าง 6 เมตร ยาว 9 เมตร สูง 4 เมตร ต้องการทาสีห้องเรียนใหม่ (ไม่ทาสีเพดาน และพื้นห้อง)
จะต้องจ่ายเงินค่าทาสีกี่บาท เมื่อค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

1. ห้องเรียนกว้าง 6 ม. ยาว 9 ม. สูง 4 ม.
2. ต้องการทาสีผนังห้อง (ไม่ทาสีเพดานและพื้นห้อง)
3. ค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

ต้องการทาสีผนังห้อง (ไม่ทาสีเพดานและพื้นห้อง)

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

จะต้องจ่ายเงินค่าทาสีกี่บาท

ภาพที่ 4-1 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 2 คะแนน ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

จากภาพที่ 4-1 จะเห็นว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายได้ โดยระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ครบถ้วนสมบูรณ์ และชัดเจนทั้งหมด

กลุ่มของนักเรียนที่ได้ 1 คะแนน ในขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา คิดเป็นร้อยละ 15.17 เป็นกลุ่มของนักเรียนที่เขียนอธิบายสิ่งที่โจทย์กำหนด เงื่อนไขของโจทย์ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบถูกต้องเพียงบางส่วน โดยมีตัวอย่างคำตอบดังภาพที่ 4-2

1) ห้องเรียนกว้าง 6 เมตร ยาว 9 เมตร สูง 4 เมตร ต้องการทาสีห้องเรียนใหม่ (ไม่ทาสีเพดาน และพื้นห้อง)
จะต้องจ่ายเงินค่าทาสีกี่บาท เมื่อค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งโจทย์กำหนดให้

ห้องเรียน กว้าง 6 เมตร ยาว 9 เมตร สูง 4 เมตร
ค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

ห้องเรียน กว้าง 6 เมตร ยาว 9 เมตร สูง 4 เมตร
ค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

- สิ่งโจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

จะต้องจ่ายเงินค่าทาสีกี่บาท

ภาพที่ 4-2 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 1 คะแนน ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

จากภาพที่ 4-2 จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายได้ โดยระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์และชัดเจน แต่ขาดองค์ประกอบเงื่อนไขของโจทย์ที่กำหนดให้ว่า “ไม่ทาสีเพดานและพื้นห้อง” ซึ่งนักเรียนนำสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาเขียนอธิบายตอบเป็นเงื่อนไขของโจทย์แทน

กลุ่มของนักเรียนที่ได้ 0 คะแนน ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 2.14 เป็นกลุ่มของนักเรียนที่เขียนอธิบายสิ่งที่โจทย์กำหนด เงื่อนไขของโจทย์ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไม่ถูกต้อง โดยมีตัวอย่างคำตอบดังภาพที่ 4-3

1) ห้องเรียนกว้าง 6 เมตร ยาว 9 เมตร สูง 4 เมตร ต้องการทาสีห้องเรียนใหม่ (ไม่ทาสีเพดาน และพื้นห้อง)
 จะต้องจ่ายเงินค่าทาสีกี่บาท เมื่อค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

ห้องเรียนกว้าง 9 ม. ยาว 6 ม. สูง 4 ม. ค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

ห้องเรียนกว้าง 9 ม. ยาว 6 ม. สูง 4 ม.
 ค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

ต้องทาสีห้องใหม่

ภาพที่ 4-3 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 0 คะแนน ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

จากภาพที่ 4-3 จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายได้ไม่ถูกต้อง โดยระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ผิด นักเรียนอธิบายว่า “ความกว้าง 9 เมตร และความยาว 6 เมตร” ซึ่งเป็นตัวเลขที่ไม่ตรงกับสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์นักเรียนนำสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาเขียนอธิบายตอบแทนเงื่อนไขของโจทย์ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบเขียนอธิบายผิดและไม่ถูกต้อง

ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

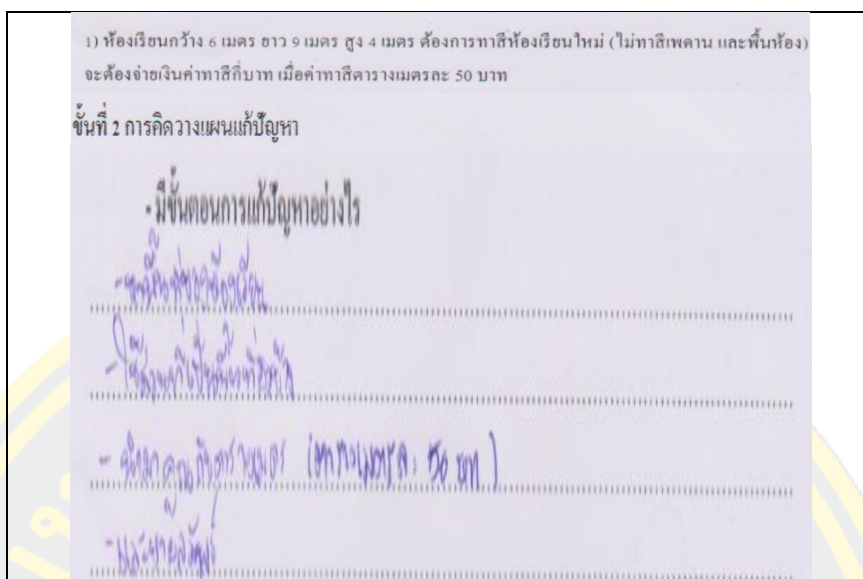
ในการวิเคราะห์ความสามารถในขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา ผู้วิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.64 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.59 คะแนน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา โดยพิจารณาจากจำนวนนักเรียนและร้อยละของขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา จำแนกตามระดับคะแนน ปรากฏผลดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 จำนวนนักเรียนและร้อยละของชั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา
จำแนกตามระดับคะแนน

ระดับคะแนน	จำนวนนักเรียน (คน)					ร้อยละ
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	
3 คะแนน	22	7	7	19	10	46.43
2 คะแนน	3	16	17	8	14	41.43
1 คะแนน	2	5	3	1	4	10.71
0 คะแนน	1	0	1	0	0	1.43
รวม	28	28	28	28	28	100

จากตารางที่ 4-6 พบว่า ในภาพรวมระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ชั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา ของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 3 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 46.43 รองลงมา คือ ระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 41.43 ระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 10.71 และในระดับ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 1.43 และเมื่อพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในชั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา คำตอบของนักเรียนจำแนกเป็นกลุ่มตามแต่ละระดับคะแนน สามารถแสดงได้ดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่ได้ 3 คะแนน ในชั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 46.43 เป็นกลุ่มของนักเรียนที่สามารถเขียนอธิบายการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่การหาคำตอบที่ถูกต้องทั้งหมดอย่างเป็นขั้นตอน และอธิบายรายละเอียดได้ชัดเจน โดยมีตัวอย่างคำตอบดังภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 3 คะแนน ในขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

จากภาพที่ 4-4 จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายได้ โดยมีการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องและชัดเจน เริ่มจากหาพื้นที่ผิวและหาพื้นที่ผิวข้างของห้องเรียน จากนั้นนำพื้นที่ผิวข้างมาคูณกับราคาค่าทาสีต่อตารางเมตร (ตารางเมตรละ 50 บาท) เพื่อคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการทาสีห้องเรียน

กลุ่มของนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน ในขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 41.43 เป็นกลุ่มของนักเรียนที่เขียนอธิบายการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่การหาคำตอบที่ถูกต้องเพียงบางส่วนอย่างเป็นขั้นตอน และอธิบายรายละเอียดได้ชัดเจน โดยมีตัวอย่างคำตอบดังภาพที่ 4-5

1) ห้องเรียนกว้าง 6 เมตร ยาว 9 เมตร สูง 4 เมตร ต้องการทาสีห้องเรียนใหม่ (ไม่ทาสีเพดาน และพื้นห้อง)
จะต้องจ่ายเงินค่าทาสีกี่บาท เมื่อค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

- มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร

- ขั้นตอนที่

- ค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (ตารางเมตรละ 50 บาท)

- ตรวจสอบคำตอบ

ภาพที่ 4-5 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 2 คะแนน ในขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

จากภาพที่ 4-5 จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายได้ โดยมีการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องและค่อนข้างชัดเจน เริ่มจากหาพื้นที่พื้นของห้องเรียน จากนั้นคำนวณค่าใช้จ่ายในการทาสีห้องเรียน (ตารางเมตรละ 50 บาท) และตรวจคำตอบ แต่การหาพื้นที่นั้นนักเรียนเขียนอธิบายไม่ชัดเจนว่าเป็นการหาพื้นที่ผิวหรือพื้นที่ผิวข้าง เพราะโจทย์กำหนดเงื่อนไขของโจทย์ว่าไม่ทาสีเพดานและพื้นห้อง ซึ่งเป็นพื้นที่ผิวข้างของห้องเรียน

กลุ่มนักเรียนที่ได้ 1 คะแนน ในขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 10.71 เป็นกลุ่มของนักเรียนที่เขียนอธิบายการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่การหาคำตอบที่ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่เป็นขั้นตอน และอธิบายรายละเอียดได้ไม่ชัดเจน โดยมีตัวอย่างคำตอบดังภาพที่ 4-6

1) ห้องเรียนกว้าง 6 เมตร ยาว 9 เมตร สูง 4 เมตร ต้องการทาสีห้องเรียนใหม่ (ไม่ทาสีเพดาน และพื้นห้อง)
จะต้องจ่ายเงินค่าทาสีกี่บาท เมื่อค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

- มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร

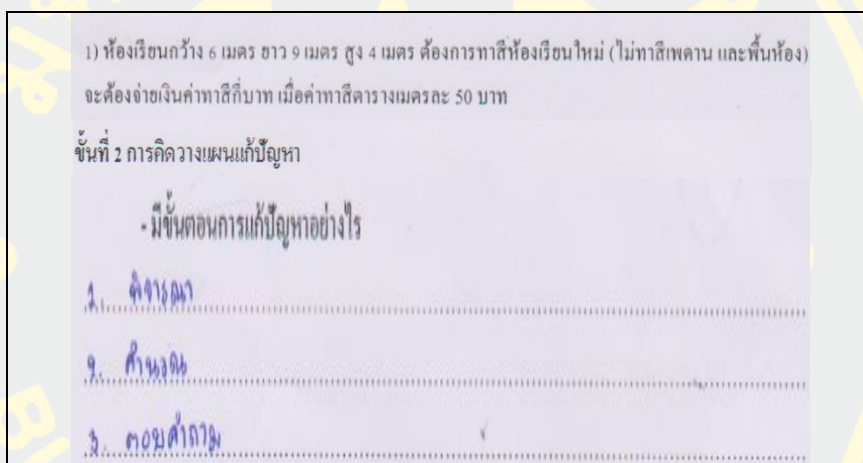
- หาพื้นที่ของห้องเรียน

- หาพื้นที่ของผนังห้องเรียน

ภาพที่ 4-6 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 1 คะแนน ในขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

จากภาพที่ 4-6 จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายได้แต่ไม่ค่อยชัดเจน โดยมีการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่คำตอบที่ไม่ค่อยชัดเจน นักเรียนเขียนอธิบายว่า “ผลบวกความยาวรอบฐานคูณความสูง” ซึ่งเป็นวิธีการหาพื้นที่ผิวข้าง และอธิบายต่ออีกว่า “นำมาคูณกับตารางเมตร” ซึ่งโจทย์กำหนดให้ค่าหาสี่ตารางเมตรละ 50 บาท อธิบายไม่ชัดเจนและไม่ตรงกับสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ ดังนั้นลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหายังไม่ค่อยชัดเจนเท่าที่ควร

กลุ่มของนักเรียนที่ได้ 0 คะแนน ในขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 1.43 เป็นกลุ่มของนักเรียนที่เขียนอธิบายการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่การหาคำตอบที่ไม่ถูกต้อง ไม่เป็นขั้นตอน และไม่อธิบายรายละเอียด โดยมีตัวอย่างคำตอบ ดังภาพที่ 4-7



ภาพที่ 4-7 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 0 คะแนน ในขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

จากภาพที่ 4-7 จะเห็นได้ว่า นักเรียนไม่สามารถเขียนอธิบายได้อย่างชัดเจน มีการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่การหาคำตอบที่ไม่ถูกต้องและไม่ชัดเจน

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

ในการวิเคราะห์ความสามารถในขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน ผู้วิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.46 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.03 คะแนน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ในขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน โดยพิจารณาจากจำนวนนักเรียนและร้อยละของขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน จำแนกตามระดับคะแนน ปรากฏผลดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 จำนวนนักเรียนและร้อยละของชั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน
จำแนกตามระดับคะแนน

ระดับคะแนน	จำนวนนักเรียน (คน)					ร้อยละ
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	
3 คะแนน	23	12	16	21	9	57.84
2 คะแนน	2	9	6	5	7	20.71
1 คะแนน	1	5	5	2	7	14.29
0 คะแนน	2	2	1	0	5	7.14
รวม	28	28	28	28	28	100

จากตารางที่ 4-7 พบว่า ในภาพรวมระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ชั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน ของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 3 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 57.84 รองลงมา คือ ระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 20.71 ระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 14.29 และในระดับ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 7.14 และเมื่อพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในชั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน คำตอบของนักเรียนจำแนกเป็นกลุ่มตามแต่ละระดับคะแนน สามารถแสดงได้ดังนี้

กลุ่มของนักเรียนที่ได้ 3 คะแนน ในชั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน คิดเป็นร้อยละ 57.84 เป็นกลุ่มของนักเรียนที่สามารถเขียนอธิบายแสดงวิธีการดำเนินการแก้ปัญหตามขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง อธิบายรายละเอียดได้ชัดเจนตามลำดับวิธีการแก้ปัญหาที่วางแผนไว้ทั้งหมด โดยมีตัวอย่างคำตอบ ดังภาพที่ 4-8

1) ห้องเรียนกว้าง 6 เมตร ยาว 9 เมตร สูง 4 เมตร ต้องการทาสีห้องเรียนใหม่ (ไม่ทาสีเพดาน และพื้นห้อง) จะต้องจ่ายเงินค่าทาสีกี่บาท เมื่อค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด

แสดงวิธีทำ: พื้นที่ผิวข้างของ □ = (ผลบวกความยาวรอบด้าน) x สูง

$$= (6 + 9 + 6 + 9) \times 4$$

$$= 30 \times 4$$

$$= 120 \text{ ตารางเมตร}$$

ค่าใช้จ่ายทาสี = $120 \times 50 = 6,000$ บาท

∴ จะต้องจ่ายเงินค่าทาสี 6,000 บาท

ภาพที่ 4-8 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 3 คะแนน ในขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

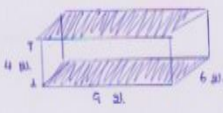
จากภาพที่ 4-8 จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายแสดงวิธีการดำเนินการแก้ปัญหาได้ โดยมีการคำนวณหาคำตอบอย่างเป็นขั้นตอนที่ละเอียด ชัดเจน และได้คำตอบที่ถูกต้องตามที่โจทย์ต้องการทราบ และมีลำดับวิธีการแก้ปัญหามาที่วางแผนไว้ทั้งหมด

กลุ่มของนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน ในขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน คิดเป็นร้อยละ 20.71 เป็นกลุ่มของนักเรียนที่เขียนอธิบายแสดงวิธีการดำเนินการแก้ปัญหามาตามขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหานั้นนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง อธิบายรายละเอียดได้ชัดเจนตามลำดับวิธีการแก้ปัญหามาที่วางแผนไว้บางส่วน โดยมีตัวอย่างคำตอบ ดังภาพที่ 4-9

1) ห้องเรียนกว้าง 6 เมตร ยาว 9 เมตร สูง 4 เมตร ต้องการทาสีห้องเรียนใหม่ (ไม่ทาสีเพดาน และพื้นห้อง) จะต้องจ่ายเงินค่าทาสีกี่บาท เมื่อค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด



แสดงวิธีทำ $\text{พ.ท. ผนัง} = \text{พ.ท. ผนัง} + \text{พ.ท. ผนัง}$

$$= 9 \times 6 \times 4 + 320$$

$$= 216 \text{ ตร.ม.}$$

พ.ท. ผนัง = ความยาวด้านของพื้น $\times$ ความสูง

$$= (9 + 6 + 9 + 6) \times 4$$

$$= 120 \text{ ตร.ม.}$$

ค่าทาสี = 216×50

$$= 10,800 \text{ บาท}$$

ภาพที่ 4-9 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 2 คะแนน ในขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

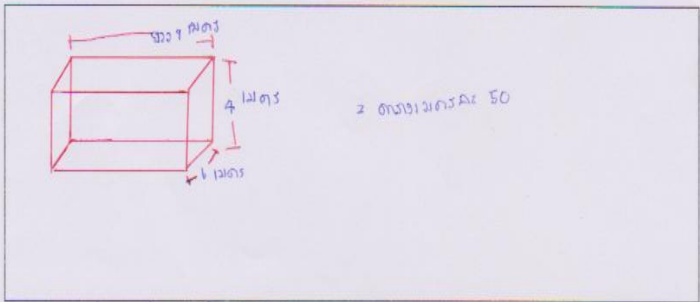
จากภาพที่ 4-9 จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายแสดงวิธีการดำเนินการแก้ปัญหาได้ โดยมีการคำนวณหาคำตอบอย่างเป็นขั้นตอนที่ละเอียด ชัดเจน แต่ได้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง ตามที่โจทย์ต้องการทราบ เนื่องจากในขั้นตอนการคำนวณค่าใช้จ่ายในการทาสี นักเรียนนำพื้นที่ผิวของห้องเรียนทั้งหมดมาคูณกับราคาต่อตารางเมตร ซึ่งเงื่อนไขของโจทย์กำหนดว่าไม่ทาสีพื้นห้องและเพดาน จึงทำให้คำตอบที่ผิด โดยรวมมีลำดับวิธีการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้แต่คำนวณหาคำตอบตามที่โจทย์ต้องการทราบผิด

กลุ่มของนักเรียนที่ได้ 1 คะแนน ในขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน คิดเป็นร้อยละ 14.29 เป็นกลุ่มของนักเรียนที่เขียนอธิบายแสดงวิธีการดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง อธิบายรายละเอียดได้ไม่ชัดเจน และไม่ปฏิบัติตามลำดับวิธีการแก้ปัญหาที่วางแผนไว้ทั้งหมด โดยมีตัวอย่างคำตอบ ดังภาพที่ 4-10

1) ห้องเรียนกว้าง 6 เมตร ยาว 9 เมตร สูง 4 เมตร ต้องการทาสีห้องเรียนใหม่ (ไม่ทาสีเพดาน และพื้นห้อง) จะต้องจ่ายเงินค่าทาสีกี่บาท เมื่อค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด



แสดงวิธีทำ

พื้นที่ทาสี = พื้นที่ผิวข้าง

$$= 2 (\text{ผลบวกของความยาวรอบฐาน} \times \text{สูง})$$

$$= (9 + 6 + 9 + 6) \times 4$$

$$= (30) \times 4 = 120 \text{ ตารางเมตร}$$

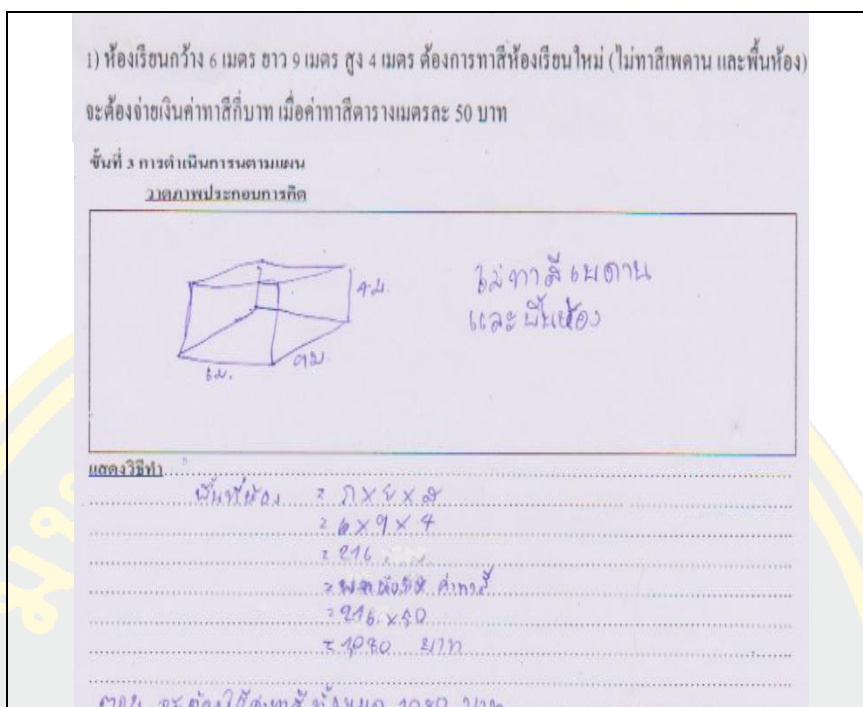
ค่าทาสีทั้งหมด = 120×50

$$= 10,800 \text{ บาท}$$

ภาพที่ 4-10 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 1 คะแนน ในขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

จากภาพที่ 4-10 จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายแสดงวิธีการดำเนินการแก้ปัญหาได้ โดยมีการคำนวณหาคำตอบอย่างเป็นขั้นตอนที่ละเอียด ชัดเจน แต่ได้คำตอบที่ไม่ถูกต้องตามที่โจทย์ต้องการ เนื่องจากในขั้นตอนการคำนวณหาพื้นที่ผิวข้างของผนังห้องเรียนที่จะทาสี นักเรียนคำนวณโดยการนำความยาวของพื้นที่ฐานมาบวกกัน แล้วคูณด้วยความสูงของห้อง แต่นักเรียนแทนค่าของตัวเลขความกว้างของห้องเรียนผิด จากเลข 6 เป็นเลข 4 ซึ่งสลับกับตัวเลขของความสูงของห้องเรียน จึงทำให้ได้พื้นที่ผิวข้างของห้องที่ใช้ในการทาสีผิด และทำให้คำนวณค่าใช้จ่ายในการทาสีผิด โดยรวมมีลำดับวิธีการแก้ปัญหามาตามแผนที่วางไว้ แต่การคำนวณหาคำตอบตามที่โจทย์ต้องการผิดพลาด

กลุ่มของนักเรียนที่ได้ 0 คะแนน ในขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน คิดเป็นร้อยละ 7.14 เป็นกลุ่มของนักเรียนที่เขียนอธิบายไม่ดำเนินการแก้ปัญหามาตามขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหานั้นนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง โดยมีตัวอย่างคำตอบ ดังภาพที่ 4-11



ภาพที่ 4-11 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 0 คะแนน ในชั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

จากภาพที่ 4-11 จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายแสดงวิธีการดำเนินการแก้ปัญหาได้ โดยมีการคำนวณหาคำตอบอย่างเป็นขั้นตอนที่ละเอียด ชัดเจน แต่ได้คำตอบที่ไม่ถูกต้องตามที่โจทย์ต้องการทราบ และไม่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง

ชั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

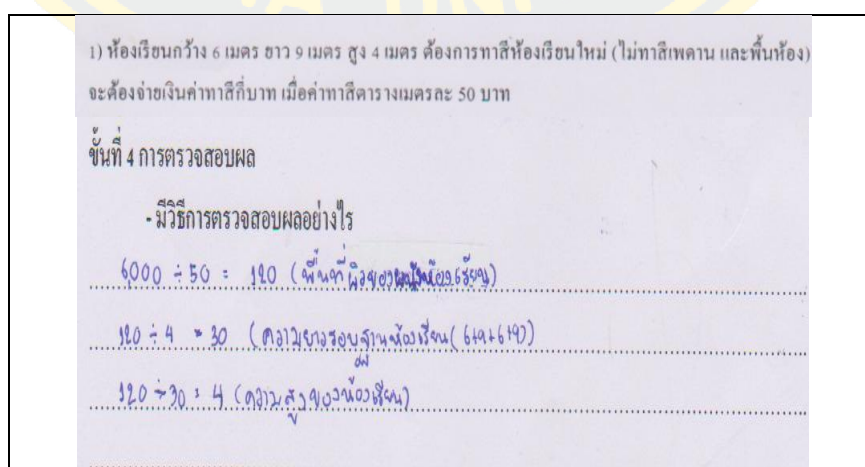
ในการวิเคราะห์ความสามารถในชั้นที่ 4 การตรวจสอบผล ผู้วิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชั้นที่ 4 การตรวจสอบผล ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.21 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.43 คะแนน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในชั้นที่ 4 การตรวจสอบผล โดยพิจารณาจากจำนวนนักเรียนและร้อยละของชั้นที่ 4 การตรวจสอบผล คำตอบของนักเรียนจำแนกตามระดับคะแนน ปรากฏผลดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 จำนวนนักเรียนและร้อยละของชั้นที่ 4 การตรวจสอบผล จำแนกตามระดับคะแนน

ระดับคะแนน	จำนวนนักเรียน (คน)					ร้อยละ
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	
2 คะแนน	20	13	6	13	2	38.57
1 คะแนน	4	6	11	9	8	27.14
0 คะแนน	4	9	11	6	18	34.29
รวม	28	28	28	28	28	100

จากตารางที่ 4-8 พบว่า ในภาพรวมระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ชั้นที่ 4 การตรวจสอบผล ของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 38.57 รองลงมา คือ ระดับ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 34.29 และในระดับ 1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 27.14 และเมื่อพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในชั้นที่ 4 การตรวจสอบผล คำตอบของนักเรียนจำแนกเป็นกลุ่มตามแต่ละระดับคะแนน สามารถแสดงได้ดังนี้

กลุ่มของนักเรียนที่ได้ 2 คะแนน ในชั้นที่ 4 การตรวจสอบผล คิดเป็นร้อยละ 38.57 เป็นกลุ่มของนักเรียนที่สามารถเขียนอธิบายแสดงวิธีการตรวจสอบผลคำตอบได้อย่างละเอียด และถูกต้อง โดยมีตัวอย่างคำตอบ ดังภาพที่ 4-12



ภาพที่ 4-12 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 2 คะแนน ในชั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

จากภาพที่ 4-12 จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายได้ โดยแสดงการตรวจสอบผลคำตอบโดยวิธีการคิดย้อนกลับจากคำตอบ พิจารณาประกอบความสอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และเงื่อนไขของโจทย์ได้อย่างเป็นขั้นตอนอย่างละเอียด ชัดเจน และถูกต้อง

กลุ่มของนักเรียนที่ได้ 1 คะแนน ใน ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล คิดเป็นร้อยละ 27.14 เป็นกลุ่มของนักเรียนที่สามารถเขียนอธิบายแสดงวิธีการตรวจสอบผลคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วนโดยมีตัวอย่างคำตอบ ดังภาพที่ 4-13

1) ห้องเรียนกว้าง 6 เมตร ยาว 9 เมตร สูง 4 เมตร ต้องการหาสีห้องเรียนใหม่ (ไม่ทาสีเพดาน และพื้นห้อง) จะต้องจ่ายเงินค่าทาสีกี่บาท เมื่อค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร

ห้องเรียนกว้าง 6 เมตร ยาว 9 เมตร พื้นห้องที่ทาสีรวมออกมาได้เป็น 120

ท.สี

ทาสี ตารางเมตรละ 50

$120 \times 50 = 600$ บาท

ภาพที่ 4-13 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 1 คะแนน ในขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

จากภาพที่ 4-13 จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายได้ โดยแสดงการตรวจสอบผลคำตอบโดยวิธีการคิดย้อนกลับจากคำตอบ พิจารณาประกอบความสอดคล้องกับเงื่อนไขของโจทย์ที่กำหนดให้ค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท ได้อย่างเป็นขั้นตอนอย่างละเอียด ถูกต้อง และสอดคล้องกับคำตอบที่คำนวณได้ในขั้นดำเนินการตามแผน แต่เป็นคำตอบที่ผิด เนื่องจากนักเรียนคูณเลขผิดในขั้นในขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

กลุ่มของนักเรียนที่ได้ 0 คะแนน ใน ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล คิดเป็นร้อยละ 34.29 เป็นกลุ่มของนักเรียนที่ไม่สามารถเขียนแสดงวิธีการตรวจสอบผลคำตอบได้ หรือเขียนตรวจสอบผลคำตอบ แต่ไม่ถูกต้องโดยมีตัวอย่างคำตอบ ดังภาพที่ 4-14

1) ห้องเรียนกว้าง 6 เมตร ยาว 9 เมตร สูง 4 เมตร ต้องการทาสีห้องเรียนใหม่ (ไม่ทาสีเพดาน และพื้นห้อง)
จะต้องจ่ายเงินค่าทาสีกี่บาท เมื่อค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร

นำภาชนะในการทาสีมาคูณ 50 แล้วจึงจะได้คำตอบที่ถูกต้อง

ภาพที่ 4-14 ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ได้ 0 คะแนน ในขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

จากภาพที่ 4-14 จะเห็นได้ว่า นักเรียนไม่สามารถเขียนอธิบายการตรวจสอบผลได้ถูกต้อง แต่แสดงการตรวจสอบผลคำตอบในลักษณะของการคำนวณหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยนักเรียนเขียนอธิบายว่า “นำราคาในการทาสีคูณ 50 แล้วจึงจะได้คำตอบที่ถูกต้อง” ซึ่งไม่สมเหตุสมผล และไม่ถูกต้อง

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ก่อนเรียนและหลังเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ และหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2566 โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม จังหวัดขอนแก่น จำนวน 28 คน ที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก จำนวน 8 แผน มีความเหมาะสมเฉลี่ย เท่ากับ 4.54 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีค่าความยาก (P) ตั้งแต่ 0.26-0.77 มีค่าอำนาจจำแนก (B) ตั้งแต่ 0.32-0.63 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.93 และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ มีค่าความยาก (P) ตั้งแต่ 0.20-0.39 มีค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.25-0.50 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.64 และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการทดสอบที

สรุปผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยขอเสนอการอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยหลังได้รับการจัดการเรียนรู้คิดเป็น 15.68 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.40 และพบว่าสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 และ 2 ที่ตั้งไว้ ผลที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดของนักเรียนที่ฝึกแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่หลากหลาย โดยครูใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เพื่อให้ฝึกการคิดร่วมกัน แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนเป็นคู่ภายในกลุ่ม และสรุปวิธีการแก้ปัญหาโดยการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน ทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งการจัดกิจกรรมเรียนรู้นี้มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริม และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ดังนี้

1.1 ขั้นที่ 1 เตรียมความรู้และกระตุ้นการคิด

ครูเริ่มการสอนด้วยการทบทวนความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เป็นพื้นฐานสำหรับใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในคาบนั้น โดยที่ครูตั้งประเด็นคำถามเพื่อกระตุ้นการคิดของนักเรียนจากสิ่งที่ใกล้ตัวของนักเรียนและมีความเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา

ทางคณิตศาสตร์ในคาบนั้น มีการโต้ตอบและถกกันในประเด็นคำถามนั้นระหว่างครูและนักเรียน ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียน ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิม และสามารถนำไปใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ สอดคล้องกับ บลูม (Bloom, 1976, pp. 117) ที่กล่าวไว้ว่า ผู้เรียนจะไม่สามารถเรียนรู้เนื้อหาใหม่ได้ จนถึงเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าหากผู้เรียนขาดความรู้เนื้อหาเดิม จากนั้นครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด โดยใช้ทั้งสื่อที่เป็นลักษณะที่เป็นรูปภาพที่เห็นภาพได้ชัดเจน และสื่อวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้แก่ นักเรียน ทำให้นักเรียนเห็นภาพเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ บุญเพ็ญ บุญพามาตะนัง (2543, หน้า 23-26) ที่กล่าวไว้ว่า การใช้สื่อประกอบการเรียนการสอนเป็นสิ่งจำเป็นที่ครูควรใช้ประกอบการสอนการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพราะจะช่วยให้ นักเรียนเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมในโจทย์มากขึ้น ช่วยในการจินตนาการและการคิดค้นหาคำตอบ

1.2 ขั้นที่ 2 เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม

ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน มีระดับ ความสามารถสูง ปานกลาง ค่อนข้างอ่อน และอ่อนคละกัน เริ่มแรกครูและนักเรียนทุกคนร่วมกันอ่าน โจทย์วิเคราะห์ สถานการณ์ปัญหาเบื้องต้น แล้วให้นักเรียนได้ร่วมกันทำกิจกรรม เพื่อหาคำตอบด้วย เทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) โดยการที่ครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นให้นักเรียนหาวิธีการ ในการแก้โจทย์ปัญหา จากนั้นครูให้นักเรียนจับคู่กันภายในกลุ่มของตนเอง เพื่อหาวิธีการในแก้ โจทย์ปัญหาแล้วนำวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาของกลุ่มตนเองมาแลกเปลี่ยนภายในกลุ่มของตนเอง ทำให้นักเรียนมีความกล้าและความมั่นใจในการแสดงความคิดเห็น รับฟังแนวคิดวิธีการ ในการแก้โจทย์ปัญหาของสมาชิกคนอื่นภายในกลุ่มของตนเอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ วิธีการในการแก้โจทย์แก้ปัญหาคือวิธีการที่หลากหลาย และเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย และลึกซึ้ง จากการแลกเปลี่ยนแนวคิดในการเลือกวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่ม ตนเอง และเกิดบรรยากาศในการเรียนรู้ที่ดีไม่รู้สึกว่าคุณต้องแก้โจทย์ปัญหาอยู่คนเดียว อย่างโดดเดี่ยว ไม่มีคนที่ให้คำปรึกษาในการแก้โจทย์ปัญหา เนื่องจากหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนไม่ดีขึ้นเป็นผลมาจากการที่นักเรียนมีความรู้สึกว่าคุณ โดดเดี่ยว ไม่มีคนเป็นที่ปรึกษาในการแก้โจทย์ปัญหา ทำให้นักเรียนไม่มีแรงจูงใจ ในการเรียนรู้ที่จะแก้โจทย์ปัญหา สอดคล้องกับ แกนนอนและกินส์เบิร์ก (Gannon; & Ginsberg, 1985, pp. 405-416) ที่กล่าวไว้ว่า สาเหตุที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ต่ำมีผลมาจากความรู้สึก ถึงแม้วิธีสอนจะเป็นที่น่าพอใจ แต่องค์ประกอบทางความรู้สึกจะขัดขวางการรับรู้ของนักเรียน เช่น ไม่มีใคร ช่วยเหลือการเรียนคณิตศาสตร์ เมื่อนักเรียนต้องการความช่วยเหลือ ทำให้กระวนกระวาย

มีข้อบกพร่องในการเรียน สับสน เกิดความเหนื่อยยากในที่สุดก็ทำให้เกิดความรู้สึกลบต่อการเรียนที่ต้องสูญเสียความพยายามอย่างมากแต่ก็ไม่ได้ผล ทั้งนี้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) มีรายละเอียด ดังนี้

1.2.1 ขั้นที่ 2.1 กระตุ้น (Think)

เมื่อครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดแล้ว ครูจะกระตุ้นคิดของนักเรียน ทั้งชั้นเรียนด้วยการตั้งคำถามให้นักเรียนวิเคราะห์เกี่ยวกับประเด็นการตีความโจทย์ปัญหา สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา มีเรื่องอะไรบ้าง มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร เมื่อนักเรียนสามารถเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลของโจทย์ปัญหา และพิจารณาเห็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาเบื้องต้นได้แล้ว ส่งผลให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการพยายามแก้โจทย์ปัญหาให้เกิดผลสำเร็จและมีจุดหมายร่วมกัน สอดคล้องกับ สุวัฒน์ พุทรเมธา (2523, หน้า 193-195) ที่กล่าวว่า สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งของการสอน คือ กระบวนการเรียนรู้ ซึ่งความพร้อมของผู้เรียนนับเป็นสิ่งสำคัญยิ่งของการเรียนรู้ การเรียนรู้จะได้ผลดีถ้าผู้เรียนมีความพร้อม การรับรู้ ความต้องการและความตั้งใจที่จะเรียนเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้อย่างมีจุดหมาย อันจะเป็นผลให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการเรียน และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น

1.2.2 ขั้นที่ 2.2 ร่วมกันคิดแก้ปัญหาเป็นคู่ (Pair)

นักเรียนเลือกจับคู่ด้วยตนเองตามความสมัครใจ และในการจับคู่ในกิจกรรมแต่ละครั้งนักเรียนสามารถเปลี่ยนคู่ได้ ในขั้นนี้นักเรียนจะนำสิ่งที่ตนเองเข้าใจจากขั้นที่ 2.1 กระตุ้น (Think) มาร่วมกันคิดแก้โจทย์ปัญหาเป็นคู่ มีการวางแผนการทำงานร่วมกัน แลกเปลี่ยนแนวคิดในการแก้โจทย์ปัญหาร่วมกับคู่ของตนเอง เสริมสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้และได้เรียนรู้แนวคิดหรือวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่แตกต่างไปจากแนวคิดของตนเอง ทำให้นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมการเรียนรู้อย่างทั่วถึงทุกคน มีคนที่ให้คำปรึกษาในการแก้โจทย์ปัญหา เกิดความเชื่อมั่นในตนเอง กล้าแสดงออกในการแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนแนวคิดกับคู่ของตนเอง มีความกระตือรือร้นในการรับผิดชอบงานร่วมกันจากการทำใบกิจกรรมงานคู่ให้สำเร็จ และเกิดการเรียนรู้อย่างลึกซึ้งและคงทน ซึ่งสาเหตุปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่ำ เกิดจากการที่นักเรียนไม่ประสบผลสำเร็จในการคิดแก้ปัญหา ไม่มีคนเป็นที่ปรึกษาในการแก้โจทย์ปัญหาหรือช่วยสนับสนุนในการคิด ส่งผลต่อการขาดแรงจูงใจในการคิดแก้โจทย์ปัญหา และทำให้นักเรียนไม่อยากเรียนรู้ในการแก้โจทย์ปัญหา สอดคล้องกับ Dunn (อ้างถึงในวิภาวดี, 2544, หน้า 34) ที่กล่าวว่า การสร้างกลุ่มเล็ก ๆ ที่มีความสัมพันธ์ต่อการเรียนจะเป็นการป้องกันไม่ให้นักเรียนมีความรู้สึกโดดเดี่ยวหรืออยู่คนเดียว ทำงานร่วมกันต่างฝ่ายต่างรับฟังความคิดเห็นของกัน

และกัน และช่วยกันรับผิดชอบในด้านการเรียนด้วยความเชื่อมั่นในตนเอง ทำให้รู้สึกสนุกสนาน สร้างความสามัคคี วางใจกัน สอดคล้องกับวัฒนาพร ระงับทุกข์ (2541, หน้า 34-35) ที่กล่าวไว้ว่า เทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) นักเรียนได้รับความรู้และประสบการณ์จากการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทำให้สามารถจำความรู้ได้นาน และเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง โดยในขั้นนี้ครูออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยให้นักเรียนมีการวางแผนการคิด และทำงานอย่างเป็นระบบ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา (Polya) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1.2.2.1 ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา (Understand the Problem)

เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา จนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์ปัญหากำหนดให้ เงื่อนไขในการแก้โจทย์ปัญหา และสิ่งที่โจทย์ปัญหาต้องการหาคำตอบ

1.2.2.2 ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan)

เป็นขั้นตอนที่นักเรียนวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา โดยที่เชื่อมโยงกับสิ่งที่โจทย์ปัญหากำหนดให้ เงื่อนไขในการแก้โจทย์ปัญหา และสิ่งที่โจทย์ปัญหาต้องการหาคำตอบ และใช้ประสบการณ์เดิมมาเป็นแนวทางในการวางแผนการแก้ปัญหา

1.2.2.3 ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan)

เป็นขั้นตอนที่นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนที่วางไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบ ความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่ง สามารถหาคำตอบได้ ถ้าไม่สามารถแก้ปัญหได้ตามแผนที่วางไว้ต้องค้นหาสาเหตุ โดยใช้ ข้อผิดพลาดมาประกอบการตัดสินใจในค้นหาวิธีการแก้ปัญหาก็จะสามารถทำได้สำเร็จ

1.2.2.4 ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล (Looking back) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา โดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมบูรณ์ และความสมเหตุสมผลของคำตอบว่าเป็นตามสิ่งที่โจทย์ปัญหาต้องการหาคำตอบ และยุทธวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ตรงตามเงื่อนไขของโจทย์ปัญหาก็กำหนดให้

1.2.3 ขั้นที่ 2.3 แลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share)

นักเรียนนำเสนอข้อสรุปหรือแนวคิดวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากขั้นที่ 2.2 ร่วมกัน คิดแก้ปัญหาเป็นคู่ (Pair) มาอภิปรายภายในกลุ่มของตนเอง โดยการสื่อสาร แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และแสดงเหตุผลของวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาของกลุ่มตนเองภายในกลุ่ม เพื่อเลือกวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง ซึ่งอาจมีแนวคิดในการแก้โจทย์ปัญหาที่มากกว่าหนึ่งวิธี โดยเขียนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่กลุ่มของตนเองเลือกเขียนลงในใบกิจกรรมงานกลุ่ม ส่งผลให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีการ

ที่หลากหลายจากแง่มุมที่แตกต่างจากการแสดงความคิดเห็นร่วมกันของสมาชิกภายในกลุ่มของตนเอง ฝึกร่วมกันทำงานร่วมกันจากการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบกันภายในกลุ่มของตนเอง และช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ Kagan (1994) ที่กล่าวว่า วิธีการสอนที่ประสบความสำเร็จที่กลุ่มย่อยซึ่งประกอบด้วยสมาชิกที่มีความสามารถแตกต่างกันได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อทำความเข้าใจเนื้อหาสาระที่เรียนได้ดีขึ้น สมาชิกทุกคนในกลุ่มย่อยต้องรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง และช่วยเหลือสมาชิกของกลุ่มให้เรียนรู้ด้วย เพื่อการบรรลุผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มสมาชิก แต่ละคนต้องทำงานที่ได้รับมอบหมายจนสมาชิกทุกคนในกลุ่มมีความเข้าใจและทำงานประสบความสำเร็จ

1.3 ขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในชั้นเรียน

ครูจัดลำดับกลุ่มในการนำเสนอแนวคิดวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาจากกลุ่มที่มีแนวคิดวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่คล้ายกันและไม่ค่อยมีความซับซ้อนออกมานำเสนอวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาเป็นลำดับแรก ตามด้วยกลุ่มที่มีวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่แตกต่างและมีความซับซ้อนกว่า เพื่อให้นักเรียนเกิดการเปรียบเทียบเกี่ยวกับวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาของแต่ละกลุ่มนั้นว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร โดยลำดับประเด็นในการอภิปรายเกี่ยวกับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหานั้นเริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาปลายเปิดร่วมกันว่าเข้าใจในสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบหรือไม่ ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาในเรื่องอะไรบ้าง มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร และการตรวจสอบผลอย่างไร ส่งผลให้นักเรียนเปิดใจและเห็นมุมมองในกระบวนการในการแก้โจทย์ปัญหาที่หลากหลายของนักเรียนกลุ่มอื่น ซึ่งในขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาบางขั้นตอนนักเรียน อาจจะมองข้ามหรือคาดการณ์ไม่ถึง ทำให้เกิดจุดบกพร่องในกระบวนการในการแก้โจทย์ปัญหาของตนเอง เมื่อนักเรียนเห็นจุดบกพร่องนั้นแล้วและเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและมีความหมาย แล้วสามารถนำไปปรับใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในครั้งต่อไปได้ สอดคล้องกับ (Nohda, 1982 อ้างใน ไผ่ศรี อินทร์ประสิทธิ์, 2547) ที่กล่าวว่า การเปิดใจของนักเรียนเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ กิจกรรมทางการศึกษาทั้งมวลควรจะเป็นไปเพื่อทำให้การเรียนรู้ของนักเรียนในปัจจุบันเปิดทางไปสู่การเรียนรู้ในอนาคต

1.4 ขั้นที่ 4 สรุปวิธีการแก้ปัญหาและประเด็นการเรียนรู้

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิดวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดในคาบ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบนั้นกับความรู้ หลักการ หรือกฎเกณฑ์เดิมที่เคยเรียนมาก่อน โดยการสรุปเป็นหลักการ หรือกฎเกณฑ์ใหม่ตามความเข้าใจของตนเองและหลักการทางคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในสิ่งใหม่ต่อตนเอง

แล้วสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ เบคเกอร์ และชิมาดะ (Becker; & Shimada, 1997, p. 27) ที่กล่าวว่า ปัญหาปลายเปิดจะทำให้นักเรียน มีประสบการณ์ในการเรียนรู้บางประการที่แปลกใหม่แตกต่างไปจากเดิม จากการที่มีคำตอบ เปิดกว้าง แม้ว่าจะมีผู้หาคำตอบของปัญหาได้แล้ว นักเรียนคนอื่นก็ยังมีโอกาสหาคำตอบอื่น ๆ ได้อีก รวมทั้งการท้าทายให้มีการแสวงหาวิธีการใหม่ในการหาคำตอบ ซึ่งต้องบูรณาการความรู้ ที่มีมาก่อนทักษะและวิธีการเข้าด้วยกัน

การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการคิด ของนักเรียนอย่างเป็นระบบ ฝึกการวิเคราะห์และการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีการวางแผนการหาคำตอบอย่างมีลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ แสวงหาแนวทางวิธีการ ในการแก้โจทย์ปัญหาที่หลากหลาย ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็น ขอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น เป็นผู้พูดและผู้ฟังที่ดี เกิดการเรียนรู้ร่วมกันอย่างทั่วถึง เนื่องจาก นักเรียนไม่รู้สึกว่าตนเองต้องโดดเดี่ยวจากการจับคู่กันและมีคนที่ให้คำปรึกษาหาวิธีการในการแก้ โจทย์ปัญหา ทำให้มีแรงจูงใจในการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อตนเอง เกิดความเชื่อมั่นในตนเอง ส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างนักเรียน และนักเรียนเกิดแนวคิดใหม่ หลักการ ทฤษฎี หรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ที่เป็นแนวคิดของตนเองได้ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด(Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยหลังได้รับการจัดการเรียนรู้คิดเป็น 15.68 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.40 และพบว่าสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของ ปวิณ ไวยโกภา (2565) ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมถึงสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุกัดตรา เหว้าโอสา (2566) ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ตรรกศาสตร์เบื้องต้น ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับ แบบฝึกทักษะหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open-Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้คิดเป็น 37.32 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.64 และพบว่าสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3 และ 4 ที่ตั้งไว้ ผลที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดของนักเรียนอย่างเป็นระบบ มีลำดับขั้นตอน เกิดความเชื่อมั่นในตนเอง กล้าแสดงความคิดเห็น ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น ช่วยเหลือซึ่งกัน เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน และช่วยส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างนักเรียน ทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

2.1 ขั้นที่ 1 เตรียมความรู้และกระตุ้นการคิด

ครูเริ่มการสอนด้วยการทบทวนความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เป็นพื้นฐานสำหรับใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในคาบนั้น โดยที่ครูตั้งประเด็นคำถามเกี่ยวกับสถานการณ์ปลายเปิดนั้น เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิม และสามารถนำไปใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ จากนั้นครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด โดยใช้ทั้งสื่อที่เป็นลักษณะที่เป็นรูปภาพที่เห็นภาพได้ชัดเจน และสื่อวัสดุอุปกรณ์ที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ในการประกอบการแก้โจทย์ปัญหาได้ให้แก่ นักเรียนทั้งชั้นเรียน ทำให้นักเรียนเห็นภาพเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และเนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เนื้อหาเรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ดังนั้นการใช้สื่อที่เป็นลักษณะของสิ่งของที่เป็นรูปธรรมที่ชัดเจน ช่วยให้นักเรียนเข้าใจสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์และกระตุ้นการคิดของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับ บุญเพ็ญ บุบผามาตะนัง (2543, หน้า 23-26) ที่กล่าวไว้ว่า การใช้สื่อประกอบการเรียนการสอนเป็นสิ่งจำเป็นที่ครูควรใช้ประกอบการสอนการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพราะจะช่วยให้ นักเรียนเข้าใจสิ่งที่ป็นนามธรรมในโจทย์มากขึ้น ช่วยในการจินตนาการ และการคิดค้นหาคำตอบ และสอดคล้องกับ ปรีชา เนาว์เย็น (2544) ที่กล่าวไว้ว่า ปัญหาปลายเปิด มีศักยภาพสูง ในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ซึ่งนักเรียนจะค้นหาด้วยความสนใจ

2.2 ขั้นที่ 2 เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม

ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน มีระดับ ความสามารถสูง ปานกลาง ค่อนข้างอ่อน และอ่อนคละกัน จากนั้นครูและนักเรียนทุกคนร่วมกันอ่าน โจทย์วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา ปลายเปิดเบื้องต้น แล้วให้นักเรียนได้ร่วมกันทำกิจกรรมเพื่อหาคำตอบด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) โดยครูตั้งประเด็นคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด และให้นักเรียนจับคู่กันภายในกลุ่มในการหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา แล้วนำวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาของกลุ่มตนเอง มาแลกเปลี่ยนภายในกลุ่มของตนเอง ทำให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็น รับฟังวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาของสมาชิกภายในกลุ่มของตนเอง เพื่อเลือกวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง ซึ่งช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนแต่ละคนเกิดแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างจากการหาวิธีการในการแก้ปัญหากลุ่มของตนเอง และได้เรียนรู้วิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย สอดคล้องกับ ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544, หน้า 35-36) ที่กล่าวไว้ว่า กิจกรรมกลุ่มจะช่วยให้แก่นักเรียนได้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งอาจได้จากแนวคิดในกลุ่มย่อย และเมื่อแต่ละกลุ่มนำเสนอ ต่อหน้าชั้นก็จะทำให้ได้แนวคิดมากขึ้น ซึ่งแตกต่างจากการแก้ปัญหาโดยคนเดียวจะทำให้ได้แนวคิดน้อยกว่า เนื่องจากสภาพปัญหาในปัจจุบันและอนาคตต้องใช้แนวคิดจากหลายคนหลายกลุ่ม จึงสามารถแก้ปัญหาให้สำเร็จได้ และสอดคล้องกับ สิริพร ทิพย์คง (2544, หน้า 80-81) ที่กล่าวไว้ว่า การส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ควรให้นักเรียนช่วยกันแก้ปัญหาเป็นกลุ่มย่อย ๆ หรือให้นำปัญหามาเอง เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ทั้งนี้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ขั้นที่ 2.1 กระตุ้น (Think)

ครูกระตุ้นคิดของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามให้นักเรียนวิเคราะห์เกี่ยวกับประเด็นการตีความ โจทย์ปัญหา สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหามีเรื่องอะไรบ้าง และมีขั้นตอนการแก้ปัญหายังไง เนื่องจากนักเรียนบางคนไม่สามารถตีความ โจทย์ปัญหาได้ ครูจึงต้องช่วยอธิบายเสริมเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา ปลายเปิด เมื่อนักเรียนเข้าใจตรงกันทั้งชั้นเรียนแล้ว ส่งผลให้นักเรียนเกิดความมั่นใจ กระตุ้นความสนใจหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา ทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจที่พยายามคิด ในการแก้สถานการณ์ปัญหาปลายเปิดนั้น เนื่องจากสาเหตุหนึ่งที่นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้เกิดจากที่นักเรียนมีความเข้าใจในด้านภาษาและการตีความของนักเรียนนั้น ค่อนข้างต่ำ ทำให้นักเรียนไม่มีแรงจูงใจในการที่จะคิดในการแก้ปัญหา สอดคล้องกับ บุญเพ็ญ บุญพามาตะนัง (2543, หน้า 23-26) ที่กล่าวไว้ว่าควรพัฒนาทักษะทางภาษา เนื่องจากโจทย์ปัญหา

ทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยข้อความและตัวเลข สาเหตุหนึ่งที่นักเรียนไม่สามารถทำโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้นั้น เนื่องจากขาดความเข้าใจทางภาษา ขาดทักษะในการอ่านการเก็บใจความและความหมายของคำต่าง ๆ

2.2.2 ขั้นที่ 2.2 ร่วมกันคิดแก้ปัญหาเป็นคู่ (Pair)

นักเรียนเข้าคู่หรือจับคู่กันภายในกลุ่มย่อย ซึ่งในแต่ละกลุ่มมีระดับความสามารถสูงปานกลาง และค่อนข้างอ่อน และอ่อนคละกัน โดยที่นักเรียนเลือกจับคู่ด้วยตนเองตามความสมัครใจในการทำกิจกรรมคู่ นักเรียนจะนำสิ่งที่ตนเองเข้าใจจากขั้นที่ 2.1 กระตุ้น (Think) มาร่วมกันหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาเป็นคู่ มีการวางแผนการทำงานร่วมกัน แลกเปลี่ยนแนวคิดในการแก้โจทย์ปัญหาร่วมกับคู่ของตนเอง ทำให้ให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดหรือวิธีการแก้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่แตกต่างไปจากแนวคิดของตนเองจากการทำใบกิจกรรมงานคู่ และนักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมการเรียนรู้อย่างทั่วถึงทุกคน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นในตนเอง กล้าแสดงออกในการแสดงความคิดเห็น และกระตือรือร้นในการรับผิดชอบงานร่วมกันให้สำเร็จ ซึ่งช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน สอดคล้องกับ สิริพร ทิพย์คง (2544, หน้า 80-81) ที่กล่าวไว้ว่า การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคควรให้นักเรียนช่วยกันแก้ปัญหาเป็นกลุ่มย่อย ๆ เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสอดคล้องกับ Kagan (1994) ที่กล่าวไว้ว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือกันเรียนรู้ว่าเป็นยุทธวิธีการสอนที่ประสบความสำเร็จที่กลุ่มย่อย ซึ่งประกอบด้วยสมาชิกที่มีความสามารถแตกต่างกันได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อทำความเข้าใจเนื้อหาสาระที่เรียนได้ดีขึ้น สมาชิกทุกคนในกลุ่มย่อยต้องรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง และช่วยเหลือสมาชิกของกลุ่มให้เรียนรู้ด้วยเพื่อการบรรลุผลสัมฤทธิ์ของกลุ่ม สมาชิกแต่ละคนต้องทำงานที่ได้รับมอบหมายจนสมาชิกทุกคนในกลุ่มมีความเข้าใจ และทำงานประสบความสำเร็จ และในขั้นนี้ครูออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนหาวิธีการในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่ในการแก้โจทย์ปัญหานั้น เปิดโอกาสนักเรียนได้คิดหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาด้วยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการแสดงความคิดเห็นร่วมกัน ทำให้เกิดแนวคิดทางคณิตศาสตร์จากการแก้สถานการณ์ปลายเปิด โดยการฝึกการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา การคิดวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน การตรวจสอบผล ตามกระบวนการแก้ปัญหา ของโพลยา โดยอภิปรายผลดังนี้

2.2.2.1 ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา (Understand the Problem)

เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำสิ่งที่ตนเองเข้าใจจากการทำความเข้าใจ วิเคราะห์ และตีความจากสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดร่วมกันทั้งชั้นเรียนมาทบทวนการตีความโจทย์ปัญหา

อีกครั้งร่วมกับคู่ของตนเองในกิจกรรมงานคู่ว่าข้อมูลสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ มีอะไรบ้าง และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยให้นักเรียนฝึกเขียนอธิบายจากสิ่งที่ตนเองเข้าใจ และจากผลการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในขั้นการทำความเข้าใจ โจทย์ปัญหาหามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.00 จากคะแนนเต็ม 10 นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์ กำหนดให้ และเงื่อนไขของโจทย์ได้ เขียนอธิบายในสิ่งที่ตนเองเข้าใจที่เกิดจากการตีความโจทย์ ปัญหา และแยกแยะส่วนประกอบต่าง ๆ ของโจทย์ปัญหาได้อย่างชัดเจน ถูกต้อง และครบถ้วน สอดคล้องกับ ครูลิก และเรย์ส (Krulik & Reys, 1980) ที่กล่าวว่า ขั้นตอนในการแก้ปัญหาคือ การทำความเข้าใจปัญหาในการแก้ปัญหานั้นจะต้องทำความเข้าใจปัญหา ซึ่งต้องพิจารณาว่าจะไรที่เป็นตัว ไม่ทราบค่ามีข้อมูลหรือเงื่อนไขอะไรบ้าง สิ่งที่โจทย์บอกนั้นมีเพียงพอในการแก้ปัญหหรือไม่ ในการพิจารณา อาจจะสร้างภาพประกอบความเข้าใจ แยกแยะส่วนต่าง ๆ ของสิ่งที่โจทย์บอก แล้วเขียนลงไปว่ามีอะไรบ้าง

2.2.2.2 ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan)

เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้คิดวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา โดยนักเรียนนำสิ่งที่ได้จาก ตอบคำถามครูในประเด็นเกี่ยวกับ ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหามี และมีขั้นตอนการแก้ปัญหามาอย่างใดอย่างหนึ่งร่วมกันทั้งชั้นเรียนมาทบทวนพิจารณาอีกครั้ง ร่วมกับคู่ของตนเองในใบกิจกรรมงานคู่ และนักเรียนต้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ แล้วนักเรียนต้องพิจารณาว่าต้องใช้ข้อมูลที่เป็นสำหรับการ แก้ปัญหามีเรื่องอะไรบ้าง และประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับอะไรบ้าง เพื่อใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ให้สำเร็จ หลังจากนั้นนักเรียนต้องวางแผนและลำดับขั้นตอนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อเป็น แนวทางในการลงมือแก้โจทย์ปัญหา ส่งผลให้นักเรียนสามารถหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาได้ อย่างหลากหลายวิธี และจากผลการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.64 จากคะแนนเต็ม 15 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนเชื่อมโยงระหว่าง ข้อมูลสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ และข้อมูลที่เป็นสำหรับการ แก้ปัญหามาใช้ในการพิจารณาในการวางแผนลำดับขั้นตอนในวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา และสามารถเขียนลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาได้ชัดเจนและหลากหลายวิธี สอดคล้องกับ ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537, หน้า 66-67) ที่กล่าวว่า การพัฒนาความสามารถในการวางแผน ถ้าโจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อนควรฝึกให้นักเรียนเขียนประโยคสัญลักษณ์และเขียนหรือพูดลำดับ ขั้นตอนการคิดอย่างคร่าว ๆ ก่อนลงมือทำ เพราะขั้นตอนดังกล่าวเป็นเสมือนการวางแผน ในการแก้ปัญหากถ้าผู้เรียนฝึกสม่ำเสมอทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถ ในการวางแผนแก้ปัญหา

2.2.2.3 ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan)

เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้ลงมือแก้โจทย์ปัญหาตามที่ตนเองได้วางแผนไว้

โดยนักเรียนเริ่มจากเขียนแสดงประโยคสัญลักษณ์ และลำดับขั้นตอนในการคำนวณที่เชื่อมโยงกับข้อมูลสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาอะไรบ้าง และลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาที่วางแผนไว้เพื่อหาคำตอบตามสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยสามารถใช้คุณสมบัติการคำนวณทางคณิตศาสตร์จนได้คำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ และจากผลการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.46 จากคะแนนเต็ม 15 นักเรียนลำดับขั้นตอนในการคำนวณหาคำตอบตามแผนที่ตนเองวางไว้ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่สามารถคำนวณได้เป็นระบบและถูกต้อง นักเรียนบางคนสามารถคำนวณได้หลากหลายวิธี แต่นักเรียนบางส่วนวางแผนลำดับขั้นตอนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่สอดคล้องตามข้อมูลสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ แต่การคำนวณตัวเลขทางคณิตศาสตร์ที่ผิดและไม่ถูกต้องตามหลักการทางคณิตศาสตร์จึงทำให้ได้คำตอบที่ผิด หรือคำนวณตัวเลขทางคณิตศาสตร์ที่ผิด และไม่ถูกต้องตามหลักการทางคณิตศาสตร์แต่ได้คำตอบที่ถูกต้อง สอดคล้องกับ ปรีชา เนาว่าเย็นผล (2537, หน้า 81-82) ที่กล่าวไว้ว่า ความสามารถในการคิดคำนวณและความสามารถในการให้เหตุผล การคิดคำนวณ นับว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญของการแก้ปัญหา เพราะถึงแม้ว่าจะทำความเข้าใจได้อย่างแจ่มชัด วางแผนการแก้ปัญหาได้เหมาะสม แต่เมื่อลงมือแก้ปัญหาแล้วคิดคำนวณไม่ถูกต้อง การแก้ปัญหานั้นก็ไม่ประสบผลสำเร็จ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะพื้นฐานในการบวก ลบ คูณ และหาร และในขั้นตอนนี้ นักเรียนสามารถวาดภาพประกอบการตีความหมายในสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบที่เป็นแผนภาพและลำดับขั้นตอนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาตามที่วางแผนไว้ ทำให้นักเรียนเห็นภาพและเข้าใจลำดับขั้นตอนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ส่งผลให้นักเรียนสามารถการแก้โจทย์ปัญหาได้ตามแผนที่วางไว้ได้ดียิ่งขึ้น แต่นักเรียนบางส่วนก็ไม่สามารถวาดภาพประกอบการแก้โจทย์ปัญหาได้ชัดเจน อาจเนื่องด้วยจากยังไม่สามารถเชื่อมโยงกับลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหที่ตนเองวางแผนไว้ หรืออาจไม่ถนัดในการวาดภาพประกอบในการการแก้โจทย์ปัญหา สอดคล้องกับ Matlin (1983, pp. 225-229) ที่กล่าวไว้ว่า การเขียนภาพ (Figure) เป็นการเขียนภาพประกอบเพื่อสร้างความเข้าใจในปัญหาการเขียนภาพจากการใช้จินตนาการ ซึ่งมีประโยชน์ในการใช้กับข้อมูลไม่มีกฎเกณฑ์ และช่วยจัดรูปแบบเก่า ๆ ในการหาสิ่งที่เป็นตัวแทนของปัญหา

2.2.2.4 ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล (Looking back)

เป็นขั้นที่ให้นักเรียนตรวจสอบผลความถูกต้องของคำตอบ โดยคำนึงถึงคำตอบนั้นว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบหรือไม่ เนื่องจากโจทย์ปัญหาเป็นสถานการณ์ปลายเปิดนั้นสามารถคิดแก้โจทย์ปัญหาได้หลากหลายวิธี ในกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้ฝึกให้นักเรียนตรวจสอบผล โดยการเขียนอธิบายวิธีการแทนคำตอบคิดย้อนกลับ โดยให้นักเรียนพิจารณาว่าคำตอบนั้น มีความสอดคล้องกับข้อมูลสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ และพิจารณาความสมเหตุสมผล ความสมบูรณ์ของคำตอบ และจากผลการทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.21 จากคะแนนเต็ม 10 นักเรียนส่วนน้อยสามารถตรวจสอบผลโดยวิธีการแทนคำตอบคิดย้อนกลับได้ค่อนข้างละเอียดสอดคล้องกับข้อมูลสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ และมีความสมบูรณ์ของคำตอบ นักเรียนบางส่วนที่ตรวจสอบผลไม่ถูกต้อง เนื่องจากตรวจสอบผลแล้วสอดคล้องกับข้อมูลสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ แต่ไม่สอดคล้องกับคำตอบที่คำนวณได้ ทำให้ตรวจสอบคำตอบผิดพลาด และนักเรียนบางส่วนไม่สามารถตรวจสอบผลได้ อาจเนื่องจากนักเรียนไม่คุ้นเคยวิธีการแทนคำตอบคิดย้อนกลับ สอดคล้องกับ เคนนีย์ (Kennedy, 1984, pp. 81-82) ที่กล่าวไว้ว่า การดำเนินการแบบย้อนกลับเป็นการดำเนินการในขั้นสุดท้ายแล้วทำย้อนกลับมาสู่ข้อความที่กำหนดเริ่มต้น ใช้ได้ดีกับการแก้โจทย์ปัญหาที่ต้องการอธิบายถึงขั้นตอนการได้มาซึ่งคำตอบ

2.2.3 ขั้นที่ 2.3 แลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share)

ขั้นนี้นักเรียนนำเสนอข้อสรุปหรือแนวคิดวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากขั้นที่ 2.2 ร่วมกันคิดแก้โจทย์ปัญหาเป็นคู่ (Pair) มาอภิปรายภายในกลุ่มของตนเอง เพื่อหาข้อสรุปและเลือกวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง กลุ่มหนึ่งอาจมีวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่มากกว่าหนึ่งวิธี โดยเขียนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่กลุ่มตัวเองเลือกเขียนลงใบกิจกรรมงานกลุ่ม นักเรียนมีการวางแผนและแบ่งหน้าที่กันในการทำงาน มีการสื่อสารระหว่างการทำงาน ของสมาชิกภายในกลุ่มให้เข้าใจตรงกัน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การตัดสินใจ และประสบความสำเร็จร่วมกัน และเกิดการเรียนรู้อย่างลึกซึ้งและคงทน สอดคล้องกับ เดวิดสัน (Davidson, 1990, pp. 4) ที่กล่าวไว้ว่า การเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์จะต้องแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ชักถามปัญหากันอย่างอิสระ อธิบายให้สมาชิกในกลุ่มได้เข้าใจถึงแนวความคิดและมโนคติของตนเองให้กระจ่างชัดขึ้น ตลอดจนได้สร้างความรู้เกี่ยวกับการเรียนรู้ของเขา

2.3 ขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในชั้นเรียน

ครูจัดลำดับกลุ่มในการนำเสนอแนวคิดวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาจากกลุ่มที่มีแนวคิดวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่คล้ายกัน และไม่ค่อยมีความซับซ้อนออกมานำเสนอวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาเป็นลำดับแรก ตามด้วยกลุ่มที่มีวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่แตกต่างและมีความซับซ้อนกว่า เพื่อให้นักเรียนเกิดการเปรียบเทียบเกี่ยวกับวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาของแต่ละกลุ่มนั้นว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร โดยลำดับประเด็นในการอภิปรายนั้นครูและนักเรียนเริ่มอภิปรายประเด็นเกี่ยวกับลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาดังแต่การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาปลายเปิดร่วมกันว่าเข้าใจในสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบหรือไม่ ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา มีเรื่องอะไรบ้าง มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร และมีการตรวจสอบผลอย่างไร หลังจากที่มีการนำเสนอวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาเสร็จครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเปรียบเทียบวิธีการในแก้โจทย์ปัญหาว่ามีวิธีการใดที่เหมือนกันหรือวิธีการใดที่แตกต่างกัน และเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ทำให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ในการอภิปรายและสื่อสารทางคณิตศาสตร์มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดวิธีการแก้ปัญหา มีความกล้าในการที่จะแสดงความคิดเห็นร่วมกันทั้งครูและนักเรียน เกิดทักษะในการสื่อสาร และการเรียนรู้โดยผ่านการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน และได้เรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับ Nohda (2000) ที่กล่าวไว้ว่า ลักษณะของชั้นเรียนที่ใช้วิธีการแบบเปิดจะมีการอภิปรายกับแนวคิดและแง่คิดที่หลากหลายของนักเรียน และการพัฒนาแนวคิดและแง่คิดที่หลากหลายนี้ผ่านประสบการณ์ร่วมกับกลุ่มเพื่อนและการแนะนำที่เหมาะสมของครู ดังนั้นชั้นเรียนที่เน้นวิธีการแบบเปิดสามารถ ทำให้เกิดการสร้างความสนใจร่วมกันในชั้นเรียนซึ่งเน้นการอภิปรายและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

2.4 ขั้นที่ 4 สรุปวิธีการแก้ปัญหาและประเด็นการเรียนรู้

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นสถานการณ์ปลายเปิดในคาบ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบนั้นกับความรู้ หลักการ หรือกฎเกณฑ์เดิมที่เคยเรียนมาก่อนโดยการสรุปเป็นหลักการ หรือกฎเกณฑ์ใหม่ตามความเข้าใจของตนเอง และหลักการทางคณิตศาสตร์ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างสร้างสรรค์ผ่านการแสดงความคิดเห็นร่วมกันทั้งชั้นเรียนด้วยมุมมองที่หลากหลาย ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และการยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน สอดคล้องกับ ไมตรี อินประสิทธิ์ (2547) ที่กล่าวว่า การได้มาซึ่งแนวทางคำตอบด้วยตนเองอย่างหลากหลาย ทำให้นักเรียนต้องสรุปคำตอบต่าง ๆ จากมุมมองเกี่ยวกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) สามารถส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ โดยการแก้ปัญหาตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา สามารถช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้เป็นอย่างดีลำดับขั้นตอน เนื่องจากนักเรียนต้องใช้ทักษะการอ่าน ตีความ ทำความเข้าใจ โจทย์ และวิเคราะห์ โจทย์ปัญหา เพื่อระบุว่าสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ หลังจากนั้นนักเรียนต้องพิจารณาว่าต้องใช้ข้อมูลที่เป็นสำหรับการแก้ปัญหามีเรื่องอะไรบ้าง และประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับอะไรบ้าง และดำเนินการวางแผนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา โดยพิจารณาว่ามีวิธีการในการแก้ปัญหาและการลำดับขั้นตอนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างไรบ้าง มีการเขียนภาพประกอบเพื่อสร้างความเข้าใจในโจทย์ปัญหา ทำให้นักเรียนเห็นลำดับขั้นตอนวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาชัดเจนขึ้น แล้วดำเนินการแก้ปัญหตามี่วางแผนไว้ เมื่อนักเรียนได้คำตอบแล้ว นักเรียนต้องมีการตรวจสอบผลคำตอบว่ามีความสอดคล้องสิ่งที่โจทย์กำหนด เงื่อนไขของโจทย์ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบหรือไม่ ความสมเหตุสมผล ความสมบูรณ์ของคำตอบ ซึ่งเป็นการฝึกให้นักเรียนจัดลำดับความคิดในการหาวิธีการในแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ และใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ในการดำเนินการสอน โดยให้นักเรียนจับคู่กันเรียนรู้ภายในกลุ่ม ช่วยกันหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาเป็นคู่ ซึ่งทำให้นักเรียนทุกคนเกิดการเรียนรู้อย่างทั่วถึง แล้วนำวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหานั้นมาอภิปรายภายในกลุ่มของตนเอง และเลือกวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมของกลุ่มตนเอง และการนำมา ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) และกระตุ้นการคิดของนักเรียนด้วยสถานการณ์ปลายเปิด ทำให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย มีแบ่งหน้าที่และช่วยเหลือกันในการทำงานมีการแลกเปลี่ยนแนวคิด ส่งเสริมความกล้าแสดงออกในการนำเสนอวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาของตนเอง ยอมรับความคิดเห็นที่แตกต่างของผู้อื่น มีอภิปรายร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปร่วมกันทั้งชั้นเรียน และสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เกิดจากการเรียนรู้กับความรู้ หลักการ หรือกฎเกณฑ์เดิมที่เคยเรียนมาก่อน โดยการสรุปเป็นหลักการ หรือกฎเกณฑ์ใหม่ตามความเข้าใจของตนเองและหลักการทางคณิตศาสตร์ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างสร้างสรรค์ ส่งผลให้สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้คิดเป็น 37.32 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.64 และพบว่าสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของ นาริรัตน์ ประสมศาสตร์ (2562) ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร หลังการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมถึงสอดคล้องกับงานวิจัยของจักรพงษ์ นาคประเสริฐ (2565) ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนที่ใช้วิธีการแบบเปิด สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากเหตุผลดังกล่าวจะเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) นั้นสามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนให้ดียิ่งขึ้น รวมถึงช่วยพัฒนาทักษะการเรียนรู้ร่วมกันได้ด้วย

ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการวิจัยและผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้สรุปข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ครูควรอธิบายกระบวนการขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนเรียนเข้าใจตรงกันอย่างชัดเจนตั้งแต่คาบแรกที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) มีกิจกรรมหลายขั้นตอน และระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนต้องใช้ระยะเวลาค่อนข้างนานและเวลาอย่างจำกัด ดังนั้นครูต้องอธิบายแต่ละขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ชัดเจน เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ครูควรให้นักเรียนตระหนักถึงการแลกเปลี่ยนแนวคิดร่วมกัน เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) นั้นกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนต้องมีการแลกเปลี่ยนแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาร่วมกัน ซึ่งนักเรียนบางคนอาจยังไม่มีความมั่นใจในการแสดงแนวคิด

หรือความคิดในวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง ครูควรกระตุ้นนักเรียนในชั้นกระบวนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการแลกเปลี่ยนแนวคิดร่วมกัน เพื่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

3. จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า ขั้นตอนการตรวจสอบผลในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้น ผู้วิจัยจะฝึกให้นักเรียนฝึกตรวจคำตอบ โดยการเขียนอธิบายวิธีการแทนคำตอบคิดย้อนกลับ ไปหาข้อมูลของโจทย์ปัญหาอย่างละเอียด ซึ่งต้องให้ระยะเวลาค่อนข้างนานสำหรับนักเรียน ในการฝึกการตรวจสอบผล เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเป็นกระบวนการที่ค่อนข้างยากสำหรับนักเรียน ดังนั้นครูจึงต้องมีการวางแผนการจัดการเรียนรู้เป็นอย่างดี โดยครูต้องศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการตรวจสอบผลที่เหมาะสมกับศักยภาพของนักเรียนแต่ละคนและระยะเวลา เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการตรวจสอบผลด้วยวิธีการที่หลากหลาย

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเฉพาะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) สำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป อาจปรับเปลี่ยนตัวแปรที่ศึกษาการศึกษาเกี่ยวกับการวัดเจตคติหลังการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อสำรวจเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และนำผลมาใช้ในการพัฒนาการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

2. การทำวิจัยครั้งต่อไปควรนำการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ไปใช้กับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์อื่น ๆ เช่น การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

3. การทำวิจัยครั้งต่อไปควรนำการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ไปใช้ในรายวิชาอื่น ๆ เช่น วิทยาศาสตร์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

- กมล ขวัญคุ้ม. (2550). การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Jigsaw) เรื่อง การเมืองการปกครอง กลุ่มสาระสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. การค้นคว้าแบบอิสระการศึกษา มหาวิทยาลัย, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). คู่มือจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กรมวิชาการ. (2541). เอกสารเสริมความรู้คณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา อันดับที่ 9 เรื่องการแก้ปัญหาลงโครงสร้าง. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ.
- กรมวิชาการ. (2545). การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 -2564). เข้าถึงได้จาก <http://www.bps.sueksa.go.t>
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. เข้าถึงได้จาก http://academic.obec.go.th/images/document/1580786328_d_1.pdf
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กฤษฎา ขุนอาจ. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับรูปแบบ SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาการสอนคณิตศาสตร์, คณะ

ศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

กองสิน อ่อนวาค. (2550). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือ. ปรินญาครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

กิตติคุณ บุตรเวียงพันธ์. (2565, 10 พฤษภาคม). ครูชำนาญการ โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม. สัมภาษณ์.

กิตติยา เกศเทศ. (2562). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนประจวบวิทยาลัย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, แขนงวิชาหลักสูตรและการสอน, สาขาวิชาศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

จักรพงษ์ นาคประเสริฐ. (2565). ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนที่ใช้วิธีการแบบเปิด. วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, 1(2), 109-120.

จันจิรา หมุดหวน. (2552). การศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการทำงานกลุ่ม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โครงการจัดการ เรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

จันทร์ชลี มาพุทธ. (2544). ปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา โรงเรียนสาธิตพิบูลบำเพ็ญ (รายงานการวิจัย). ชลบุรี: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

จารุวรรณ สอนแปง. (2559). วิธีการปฏิบัติในการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในชั้นเรียนที่สอนด้วยวิธีการแบบเปิด. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จิระประภา คำภาเกะ. (2563). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา แผน ก แบบ ก 2, ภาควิชาคณิตศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

จิราวดี เกย์. (2560). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ SSCS เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

จุฑารัตน์ คุยบุตร. (2551). การพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ เรื่องการบวก การลบ การคูณ การหารจำนวนนับ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. การค้นคว้าแบบอิสระการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

เจนสมุทร แสงพันธ์. (2550). การศึกษาการให้เหตุผลทางเรขาคณิตในการแก้ปัญหาปลายเปิด: เน้นการแก้ปัญหาในกลุ่มย่อย. เชียงใหม่: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชญานิศา นมัสิตา. (2565, 5 พฤษภาคม). ครูชำนาญการ โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม. สัมภาษณ์.

ชญานิษฐ์ พุกเถื่อน. (2536). การศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นประถมศึกษา สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดพิษณุโลก. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดและประเมินผล, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชนิดาภา บุญประสม. (2554). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่เรียนรู้ร่วมกันแบบเพื่อนคู่คิดในรายวิชาโครงสร้างข้อมูล หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงวิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ชรินทร์ สงสกุล. (2559). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

ชูศรี วงศ์รัตน์. (2546). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: เทพเนรมิตการพิมพ์.

ณัฐชัญญา อินทุลงษ์. (2559). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เจตคติต่อคณิตศาสตร์และพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ณัฐกุล นินนานนท์. (2562). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- ณัฐพล เลิศนัน. (2562). การศึกษายุทธวิธีในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์หนึ่งขั้นตอน ที่เกี่ยวกับ การบวก การลบ การคูณและการหารของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6. ปรินญา ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ณิศรา สุทธิสังข์. (2556). หน้าที่ของกระบวนการนามธรรมเพื่อสร้างความคิดรวบยอดของนักเรียน ผ่านกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนที่ใช้การศึกษาชั้นเรียน และวิธีการแบบเปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ทองศักดิ์ รัตอัน. (2556). ผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์เสริมด้วยวิธีการ แบบเปิด ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- ทพวงมหาวิทยาลัย. (2524). การพัฒนาการสอนและการผลิตอุปกรณ์การสอน. กรุงเทพฯ: ทพวงมหาวิทยาลัย.
- ทองหล่อ วงษ์อินทร์. (2537). การวิเคราะห์ความรู้เฉพาะด้านกระบวนการในการคิดแก้ปัญหาและเม ตาคอกนิชันของนักเรียนมัธยมศึกษาผู้ชำนาญและไม่ชำนาญในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทานตะวัน สีดา. (2564). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแบบ เปิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด, 15(2), 79-90.
- ทิพย์รัตน์ มังกรทอง. (2558). การศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้วิชาชีพวิทยาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบ เสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิชาการสาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 8(1), 842-85.
- ทิตนา แยมมณี และคณะ. (2545). กระบวนการเรียนรู้ ความหมายแนวทางการพัฒนาและปัญหาข้อ งใจ. กรุงเทพฯ : บริษัท พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.
- ทิตนา แยมมณี. (2547). ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แยมมณี. (2550). การสอนจิตวิทยาการเรียนรู้ เรื่องศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการ จัด กระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

- ทิตนา แวมมณี. (2552). *ศาสตร์การสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แวมมณี. (2552). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แวมมณี. (2554). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 14). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แวมมณี. (2555). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แวมมณี. (2558). *ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 19). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เทพบุตร หาญมนตรี. (2563). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคเพื่อนคู่คิดเพื่อส่งเสริมความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด*, 16(1), 35-45.
- ชนวัฒน์ ทองมา. (2561). "มุมห้องเรียน : แหล่งการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบโมบายล์เรียนรู้ในยุคดิจิทัล. *Journal of Education Studies*, 46(1), Article 17.
- ชนวัฒน์ ทองมา. (2561). แหล่งการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบแบบ โมบายล์เรียนรู้ในยุคดิจิทัล. *Journal of Educations studies, Chulalongkorn University*, 46(1), 251-256.
- ชนัยกานต์ ชีแก้ว (2563). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี STAR ร่วมกับ เทคนิคคู่คิด ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นงลักษณ์ จิมทัต. (2561). การสร้างกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบอุปนัยร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด เรื่อง เลขยกกำลังสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นฤมล อินทร์ประสิทธิ์. (2552). *การศึกษาชั้นเรียน (Lesson Study) นวัตกรรมเพื่อพัฒนาครูและนักเรียน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- นฤกัญญา เจริญเกียรติบรร. (2547). *การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือ*. สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- นาริรัตน์ ประสมศาสตร์. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วารสารศึกษาศาสตร์ มมร, 7(2), 495-508.
- นิลดา ชูพันธุ์. (2565). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นิศากร บุญเสนา. (2555). ผลของการใช้การศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด ที่มีต่อนักศึกษาปฏิบัติการสอนในสถานศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- บุญชม ศรีสะอาด และบุญส่ง นิลแก้ว. (2535). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 6). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2537). การพัฒนาการสอน (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2537). การพัฒนาการสอน. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุญเพ็ญ บุปผาตะนัง. (2543). บัญญัติ 9 ประการของการพัฒนาการแก้โจทย์ปัญหา คณิตศาสตร์. วารสารการศึกษา กทม, 23(7), 23-26.
- ปฏิภาณ ชาติวิวัฒนาการ. (2563). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคแบบ STAD ร่วมกับ เทคนิคKWL ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ปรวี อ่อนสะอาด. (2556). การศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนการสอนแบบกลุ่มช่วยรายบุคคล (TAI) กับการสอนปกติ. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2537). การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ในประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะ และวิทยวิธีทางวิชาคณิตศาสตร์ หน่วยที่ 12-15. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2544). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. คุุณิพนธ์การศึกษาคณะศึกษาศาสตร์, สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- ปรีชา พิมพ์แก้ว. (2550). การศึกษาลักษณะของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในการ
แก้ปัญหาปลายเปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์
ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปริญญ พายุบุตร. (2557). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียน
ด้วยวิธีการแบบเปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์
ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปวิณ ไวยโคก. (2565). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับ
เทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think - Pair - Share) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และ
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิจัย
ทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 17(2), 105-117.
- ปิยวรรณ ผลรัตน์. (2560). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง อสมการ โดยใช้รูปแบบ SSCS ร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
ธนบุรี.
- แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (2566-2570). (2565, 1, พฤศจิกายน). ราชกิจจานุ
เบกษา. หน้า 121-125.
- พรพงศ์ นวลศิริ. (2562). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ
ร่วมมือเทคนิคการแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปี
ที่ 2. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์,
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2521). การเปรียบเทียบการสอนคณิตศาสตร์ โดยวิธีการทดลองกับวิธีสอน
แบบปกติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, แผนก
มัธยมศึกษา, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2544). การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรง
พิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่
3) พ.ศ. 2553. (2553, 22, กรกฎาคม). ราชกิจจานุเบกษา. หน้า 8-10.
- พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542. (2542, 15, กรกฎาคม). ราชกิจจานุเบกษา. หน้า
13-14.

- พัชรินทร์ ทิตะยา. (2562). การพัฒนาความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ TAI ของนักเรียน ประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, วิทยาลัยครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- พัทธยากร บุสสยา. (2559). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- พิชิต ฤทธิ์จัญญ. (2545). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิชิต ฤทธิ์จัญญ. (2545). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: แฮสส์ ออฟเคอร์มิสท์.
- พิมพ์พันธุ์ ปันแสน. (2556). ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ของครูเพื่อการสอนเรื่องการคูณจำนวนเต็มลบในชั้นเรียนที่ใช้วัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พิไลวรรณ ขาวบุญตัน. (2551). การสร้างบทเรียนการแสวงหาเว็บเชิงคิดวิเคราะห์ โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบเพื่อนคู่คิด เรื่อง เศรษฐกิจพอเพียง. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์, ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ภัทรพงศ์ กุลลีดา. (2562). การพัฒนาทักษะการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่ใช้การศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ภูวง ปรากฏผล. (2555). ความเชื่อของครูเกี่ยวกับธรรมชาติของคณิตศาสตร์ กรณีศึกษาครูที่ใช้การศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- มัญชุพร กัลยาสนธิ์. (2565). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการสอนแบบเปิด (Open Approach) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ ศรีนครินทร์วิโรฒ, 23(1), 19-36.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2546). การปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนโดยเน้นกระบวนการทางคณิตศาสตร์. ขอนแก่น: ขอนแก่นการพิมพ์.

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2547). การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ของญี่ปุ่น.

ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2557). กระบวนการแก้ปัญหาในคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน. ขอนแก่น:

ศูนย์วิจัยคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2558). การใช้วิธีการพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนแบบ *Open Approach*

เพื่อส่งเสริมการพัฒนาวิชาชีพครูคณิตศาสตร์แบบ *Lesson Study Approach*. ขอนแก่น:

มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์และคณะ. (2558). การใช้หนังสือเรียนคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหา

ของนักเรียน. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์และสุดดา ลอยฟ้า. (2547). การพัฒนาวิชาชีพครูแนวใหม่เพื่อส่งเสริมการ

เรียนรู้คณิตศาสตร์. ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

รอฮานี ปู่ตะ. (2561). ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดรวมกับการศึกษาชั้นเรียน

ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียน

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและ

การสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

รัชณี ภูพชรกุล. (2551). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น

ประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างวิธีสอนแบบนิรนัยร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคเพื่อน

คู่คิดและวิธีสอนแบบปกติ, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัย

ทักษิณ.

รัศมิ ลิพิมพ์สอ. (2553). ผลของการเรียนแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ที่เน้นเทคนิค เค ดับเบิลยู ดี แอล

และแบบฝึกทักษะต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต,

สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์.

ฤชมน ชนาเมธิสกร. (2559). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการ

แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Polya ร่วมกับการ

เรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค STAD กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ. วิทยานิพนธ์การศึกษ

มหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

- ลักขณา สิริวัฒน์. (2557). *จิตวิทยาสำหรับครู*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์
- วันัญชนา เจริญดี. (2555). *การพัฒนาการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการแบบเปิดสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2541). *การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: เลิฟแอนด์เพรส.
- วันเพ็ญ จันทร์เจริญ. (2542). *การเรียนการสอนปัจจุบัน*. สกลนคร: ฝ่ายโครงการเอกสารและตำราสถาบันราชภัฏสกลนคร.
- วายุคล รบศึก. (2550). *การศึกษายาทบาทของครูที่ใช้การผสมผสานการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่สอน โดยใช้วิธีการแบบเปิด*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วาสุกี ใจจันทร์. (2555). *การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนภายใต้บริบทของศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด*. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎี, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: ตาตา พับลิเคชั่น.
- วิภาวดี วงศ์เลิศ. (2544). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียเรื่อง "เซต" ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบคู่คิดอภิปราย*. วิทยานิพนธ์ กศ. (การมัธยมศึกษา), บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิมล ล้มเศรษฐี. (2537). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้หนังสือการ์ตูนเป็นอุปกรณ์การสอนกับการสอนปกติในโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*. วิทยานิพนธ์ศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. (2545). *การพัฒนาการเรียนการสอน*. มหาสารคาม: คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วิมลยุพา คงภักดี. (2561). *การศึกษาศาสนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด*. วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ, 11(2), 86-101.
- วิไล ทองแผ่. (2547). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. ลพบุรี: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.
- วิไลวรรณ ชูปิ่น. (2563). *ผลการจัดการเรียนการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-pair-share) ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและสมรรถนะด้านการสื่อสารทาง*

คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชา
หลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

วิไลวรรณ สุระวนิชกุล. (2562). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้การ
จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์
ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์, คณะ
ศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

เวชฤทธิ์ อังคนะภัทรขจร. (2554). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์. ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา. เอกสารการสอน.

เวชฤทธิ์ อังคนะภัทรขจร. (2555). ครบเครื่องเรื่องความรู้สำหรับครูคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: จรัสสินท
วงศ์การพิมพ์.

ศิริพงษ์ กัลยาณหริต, สรารัตน์ ฉลองกลาง, อภิญญา จำปาหวาย, อัสราพร ทองเจริญ. (2549). การ
เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนา
โดยรูปแบบการสอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้และการสอนแบบวิธีการแบบเปิด ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองยางพิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา. สารนิพนธ์ปริญญา
การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ศิริพัฒน์ คงศักดิ์. (2550). การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง เวลา ของ
นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล และการจัดการ
เรียนรู้ตามแนว สสวท.. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและ
การนิเทศ, ภาควิชาหลักสูตรและวิธีสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ศิริมา วงษ์สกุลดี. (2558). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยการเรียนรู้เชิงรุก ที่มีต่อ
ความสามารถในการแก้ปัญหา และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์, คณะ
ศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2563). ค่าสถิติพื้นฐานคะแนน O - NET มัธยมศึกษาปีที่ 3 ปี
การศึกษา 2563. เข้าถึงได้จาก <http://www.niets.or.th/>

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2564). ค่าสถิติพื้นฐานคะแนน O - NET มัธยมศึกษาปีที่ 3 ปี
การศึกษา 2564. เข้าถึงได้จาก <http://www.niets.or.th/>

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2565). ค่าสถิติพื้นฐานคะแนน O - NET มัธยมศึกษาปีที่ 3 ปี
การศึกษา 2565. เข้าถึงได้จาก <http://www.niets.or.th/>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการ

เรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). เข้าถึงได้จาก <https://www.scimath.org/ebook-mathematics/item/8380-2560-2551-8380>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). *สรุปผลการวิจัย*

TIMSS 2015. เข้าถึงได้จาก <http://timssthailand.ipst.ac.th/timss/reports>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). *คู่มือการใช้*

หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). เข้าถึงได้จาก

<https://www.scimath.org/ebook-mathematics/item/8378-2560-2551>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). *ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์*.

กรุงเทพฯ: ครูสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). *ครูคณิตมืออาชีพ 2*. กรุงเทพฯ: สห

มิตรพรินต์ แอนด์พับลิชชิ่ง.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *การศึกษาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนไทย*

การพัฒนา-ผลกระทบ - ภาวะถดถอยในปัจจุบัน. กรุงเทพฯ: ชัคเชสพับลิเคชั่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2565). *การแถลงข่าวผลการประเมิน PISA*

2022. เข้าถึงได้จาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/news-21/>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์*

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์*

(พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ครูสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*.

กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

สมเดช บุญประจักษ์. (2550). *เอกสารประกอบการสอนรายวิชาหลักการคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ:

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.

สมเดช บุญประจักษ์. (2550). *เรขาคณิต*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี.

สมนึก กัททิษณี. (2549). *การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5)*. กอสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมนึก กัททิษณี. (2555). *การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 8)*. กอสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมบัติ กาญจนารักพงศ์. (2547). *29 เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายการเรียนรู้แบบ*

ร่วมมือ. กรุงเทพฯ: 21 เซ็นจูรี.

สมพงษ์ สิงทะพล. (2543). *รูปแบบการสอน*. นครราชสีมา: สถาบันราชภัฏนครราชสีมา.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2553). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 4). ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2556). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย Statistical methods for research* (พิมพ์ครั้งที่ 6). ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สัมพันธ์ ถิ่นเวียงทอง. (2555). *การสื่อสารกลุ่มย่อยทางคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนภายใต้บริบทของการศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด*. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักบริหารงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2558). *แนวทางการจัดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นสมรรถนะวิชาชีพ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สายพิน ล้าเลิศ. (2558). *คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการ RMT ร่วมกับแนวคิดการเสริมต่อการเรียนรู้ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์, ภาควิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติสำนักนายกรัฐมนตรื. (2559). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560 – 2564*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติสำนักนายกรัฐมนตรื.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2567* (พิมพ์ครั้งที่ 1) กรุงเทพฯ: פרקหวานกราฟฟิค.

สิริพร ทิพย์คง. (2536). *ทฤษฎีและวิธีการสอนวิชาคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เอกสารการสอน.

สิริพร ทิพย์คง. (2544). *การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สิริพร ทิพย์คง. (2544). *การวิจัยการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2521 - 2542*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิริพร ทิพย์คง. (2544). *หนังสือเสริมประสบการณ์ วิชาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เรื่อง การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ (Problem Solving)*. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหนังสือ.

สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว).

สิริพันธุ์ จันทราศรี. (2557). *การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในชั้นเรียน ที่สอนด้วยวิธีการแบบเปิด*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษา

ศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
 สุขสมพร อาโนทัย. (2550). การศึกษาบทบาทของครูในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่ใช้ปัญหาปลายเปิด.

วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์,
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุจิตรา จันกวด. (2561). ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น
 มัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนสหวิทยาเขตศรีวิเชียร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา
 มัธยมศึกษา เขต 40. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, แขนงวิชาหลักสูตรและการสอน,
 สาขาวิชาศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สุดาลักษณ์ เข้มพรหมมา. (2548). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของ
 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนกลุ่มบูรพา สังกัดกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์
 ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สุนทรีย์ สมมะโน. (2553). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการ
 เรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษา
 ปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์, ภาควิชาหลักสูตร
 การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุบรรณ ตั้งศรีเสรี. (2556). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบค้นพบจากการชี้แนะ
 ร่วมกับเทคนิค (Think - Pair - Share) ที่มีต่อความสามารถในการสื่อสารและความสามารถในการ
 เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ครุศา
 สตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์, ภาควิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุ
 ศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพัตรา จอมคำสิงห์. (2552). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงานที่มีต่อ
 ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์ของ
 นักเรียน มัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์
 มหาวิทยาลัย.

สุกัตตรา เหง้าไอสา. (2566). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ตรรกศาสตร์
 เบื้องต้น โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับแบบฝึกทักษะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.
 วารสารราชภัฏสุรินทร์วิชาการ, 1(4), 39-52.

สุมนหา สิงห์ษา. (2557). ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดย
 ใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชา
 หลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- สุดดา ลอยฟ้า และไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2547). การพัฒนาวิชาชีพครูแนวใหม่เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์. *KKU Journal of Mathematics Education*, 1(1), 18-29.
- สุวรรณรักษ์ หงษ์สุต. (2562). การศึกษาระดับการคิดเกี่ยวกับการคูณกับการแก้ปัญหทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ปรินญาครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
- สุวรรณิ เปลี่ยนรัมย์. (2556). การใช้หนังสือเรียนคณิตศาสตร์ของครูในบริบทการศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด. คุชฌีนิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุวัฒน์ พุทธเมธา. (2523). การเรียนการสอนปัจจุบัน. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). 21 วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาระบวนการคิด. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์.
- เสรี ทองลอย. (2549). เตรียมสอบชิงแชมป์การคิดและการแก้ปัญหา ระดับป.3-4. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.
- อรสุดา สุขสวัสดิ์. (2562). การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค STAD ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อการเรียนบัญชีของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- อรสุทธิ คงมา. (2553). การส่งเสริมกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านโคกสยา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามหาสารคาม เขต 1 โดยใช้วิธีการแบบเปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและการประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อริษา คำโหมด. (2562). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหของโพลยา (Polya). วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา, 13(2), 95-105.
- อรุณี สุพรรณพงศ์. (2545). การพัฒนาชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์แบบสรรค์สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยวิธีสอนแบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง เรื่อง เส้นตรงและมุม ความยาว พื้นที่ และปริมาตร ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อลงกรณ์ ดำรงไทย (2563). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด.
 วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิต
 วิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อัญชญา โพธิ์พลากร. (2545). การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหา ทาง
 คณิตศาสตร์ด้วยการเรียนแบบร่วมมือ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปริญญาบัตรการศึกษา
 มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อัมพร ม้าคนอง. (2553). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ.
 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคนอง. (2554). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ (พิมพ์
 ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัมพร ม้าคนอง. (2557). คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
 มหาวิทยาลัย.

อัสมาอี หะยีดาเฮร์. (2560). ผลของการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อความสามารถในการแก้
 โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร
 มหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อารียา สุริยนต์. (2556). การพัฒนายุทธวิธีเชิงความตระหนักในการคิดของนักเรียนระหว่างกา
 รแก้ปัญหาในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีการแบบเปิดในบริบทการศึกษาชั้นเรียน. ดุษฎีนิพนธ์
 ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อารีย์ พันธมณี. (2534). จิตวิทยาการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

อุษา ภิรมย์รักษ์. (2562). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยการจัดการ
 เรียนรู้แบบ การสอนแนะให้รู้ คิด (CGI) ร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think - Pair - Share) ของ
 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, ภาควิชาหลักสูตรและวิธี
 สอน, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Anderson, K.B., & Pingry, R.E. (1973). *Problem-solving in Mathematics.: Its Theory and Practice*.
 Washington, D.C.: The National Council of Teachers of Mathematics.

Artzt, A. F; & Newman, C. M. (1990). Cooperative Learning. *The Mathematics Teacher*, 83(6),
 488-452.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology : A Cognitive View*. New York : Holt Rinehart and

Winstion, Inc.

Becker, J. P., & Shimada, S. (1997). *The open-ended approach: A new proposal for teaching mathematics*. Reston: National Council of Teachers of Mathematics.

Bell, F H. (1978). *Teaching and Learning Mathematics in Secondary School*. Dubuque, Iowa: WMC. Brown.

Bitter, G. G.; & Hatfield, M. M.; & Edwards, N. T. (1989). *Mathematics Methods for the Elementary and Middle School: A Comprehensive Approach*. Boston: Allyn and Bacon.

Bloom, B. S. (1976). *Handbook on Formative and Summative Evaluation Learning*. New York: McGraw-Hill Book Co.

Byerley, R. A. (2002). Using Multimedia and "Active Learning" Techniques to "Energize" An Introductory Engineering Thermodynamics Class. *Frontiers in Education Conference*.

Carroll, J. B. (1971). A Model of School Learning. In *Learning Theory and Practice* by Paul E. Johnson. New York: Thomas Y. Cowell C.

Lester, C., & O' Daffer. (1987). *How to evaluate progress in problem solving*. New York : The National Council of Teachers of Mathematics.

Charles, R., Lester, F., & O'Daffer, P. (1987). *How to Evaluate Progress in Problem Solving*. Virginia: National Council of Teacher of Mathematics. U.S.A.

Randal; C., & Lester, F. K. (1982). *Teaching Problem Solving. What, why, & how*. California: Dale Seymour Publications.

Cruickshank, D. E., & Sheffield, L. J. (1992). *Teaching and Elementary and Middle School Mathematics*. New York: Macmillan Publishing Company.

Davidson, N. (1990). *Small group cooperlative learning in mathematics in teachingand learning mathematics in the 1990s, 1990 yearbook*. edited by Thomas J. Cooney and Christian R. Hirsch. Virginia: The National Council of Teacher of Mathematics.

Dunn, Rita. (1972). *Team Learning and Circles of Knowledge, Practical Approaches to Individualizing*. West Nyack, New York: Packer Publishing Company Inc.,

Eysenck, H. J. Wurzburg, W. A., & Berne, R. M. (1972). *Encyclopedia psychology*. London: Search Press.

Fandanu, N. R., Ikhsan, M., & Bahrnun. (2018). *The development of learning instruments based on an Open-ended approach to improve students' problem-solving skill*. doi :10.1088/1742-

6596/1088/1/012038

- Gagné, E. D. (1985). *The cognitive psychology of school learning*. Boston, MA: Little, Brown and Company.
- Gannon, K. E.; & Ginsberg, H. P. (1985). Children's Learning Difficulties in Mathematics. *Education and Urban Society*, 17, 405-416.
- Gesit Puspa Pamungkas. (2021). The Influence of Open - Ended Learning Model on Mathematical Problem Solving Ability. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 5(3), 395- 402.
- Good, C. V. (1959). *Dictionary of education*. New York: Mc Graw - Hill
- Guilford & Hoepfner, R. (1971). *The Analysis of Intelligence*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Hartfield, M. M., Noney, E., & Bitter, G. G. (1993). *Mathematics Method for the Elementary and Middle Schools*. Boston: Allynand Bacon, Inc.
- Hopkins, C., Gifford, S., & Pepperell, S. (1999). *Mathematics in the Primary School: A Sense of Progression*. London: Fulton.
- Inprasit, M. (2011). One feature of adaptive lesson Study in Thailand: Designing learning unit. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 34(1), 47-66.
- Inprasitha, M. (2010). One feature of adaptive lesson study in Thailand: Designing learning unit. In *Proceeding of the 45th Korean National Meeting of Mathematics Education* (pp. 193-206). Gyeongju: Dongkook University.
- Inprasitha, M., & Isoda, M. (Eds.) (2011). *Mathematics for Elementary School: Grade 2-6*. Khonkaen: Klangnana Vitaya.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. (1974). Instructional goal structure: Cooperative, competitive, or individualistic. *Review of Educational Research*, 44, 213-240.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Holubec, E. J. (1994). *The new circles of learning cooperation in the classroom and school*. Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Smith, K. A. (1991). *Active: Learning : Cooperation in the College Classroom*. Edina, MN: Interaction Book Company.
- Kagan, S. (1994). *Cooperative Learning*. San Clemente, CA: Resources for Teachers, Inc.
- Kagan, S., & Kagan, M. (1998). *Multiple Intelligences*. California: Kagan Cooperative Learning.

- Kennedy, L. M., & Tipp, S. (1994). *Guiding Children's Learning of Mathematics*. 4th ed. Belmont, California: Wadsworth Publishing.
- Kennedy, L. M. (1984). *Guiding Children's Learning of Mathematics*. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company, Inc.
- Krulik, S., & Reys, R. E. (1980). *Problem Solving in School Mathematics*. Reston, Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics, Inc.
- Krulik, S., & Rudnick, J. A. (1987). *Problem Solving. A Handbook for Teachers*. 2nd ed. Boston: Allyn and Bacon, Inc.
- Lyman, F.T. (1981). *The Responsive Classroom Discussion: The Inclusion of all Students*. In A. Anderson (Ed.), *Mainstreaming Digest* (pp.109-113). College Park: University of Maryland Press.
- Lyman, F. (1987). *Think-Pair-Share : An Expanding Technique : MAA-CIE News*. V.1 pp. 1 - 2.
- Mariamah, M., Muslim, M., Gunawan, G., & Suratman, A. H. (2021). *The Effectiveness of Think Pair Share (TPS) Integrated Problem-Solving Learning of Students' Mathematic Ability*. doi:10.1088/1742-6596/1933/1/012073
- Maddox, H. (1963). *How to Study*. London: Wyman Ltd.
- Matlin, M. (1983). *Cognition*. New York : Holt, Rinehart and Winston.
- Merliss, G., & Noel, D. (2003). *Experimenting with Open-ended Question: one Teaching Pair's Experience*. Retrieved from <http://masscharterschools.org>
- Millis, B. J.; & Cottell, P. G. (1998), *Cooperative Learning for Higher Education Faculty*. U.S.A. Phoenix: Oryx Press.
- Mohammad, Al-Absi. (2013). The Effect of Open-ended Tasks –as an assessment tool- on Fourth Graders' Mathematics Achievement, and Assessing Students' Perspectives about it. *Jordan Journal of Educational Sciences*, 9(3), 345-351.
- Ningsih, Y., Andika, R., Sari, I. K., Ahmad, S., & Kenedi, A. K. (2019). *The application think pair share in learning mathematic*. doi:10.1088/1742-6596/1321/2/022092.
- Nohda, N. (2000). Teaching by Open-Approach Method in Japanese Mathematics Classroom. In T. Nakahara & M. Koyama (Eds.). *Proceedings of the 24th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (PME24)*. Vol.1. (pp. 39-53). Hiroshima, Japan: Hiroshima University.

- Nohda, N. (n.d.). A study of “open approach” method in school mathematics teaching: Focus on mathematical problem solving activities & emclesh. Ibaraki: Institute of Education, University of Tsukuba
- Polya, G. (1957). *How to solve It*. New York: Doubleday & Company
- Polya, G. (1957). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (2nd ed.). New York: Doubleday & Company.
- Polya, G. (1973). *How to solve it*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Polya, G. (1980). *Problem Solving in School Mathematics. 1980. Yearbook*. Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.
- Polya, G. (1985). *How To Solve it*. New Jersry: Princeton University Press.
- Rewat, D.S.; & Cupta, S.L. (1970). Education Wastage at the Primary Level. *A Handbook For Teachers*. New Delhi: S.K. Kitchula at Nalanda Press.
- Rifa’i, A., & Lestari, H P. (2018). *The effect of Think - Pair - Share (TPS) using scientific approach on students’ self-confidence and mathematical problem – solving*. doi :10.1088/1742-6596/983/1/012084
- Stigler, J., & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap: Best ideas from the world’s teachers for improving education in the classroom*. New York: The Free Press.
- Thongma, T. (2018). Mathematics learning resources for mobile learning in digital age (in Thai). *Journal of Educations studies, Chulalongkorn University*, 46(1), 251-256.
- Wiison, J. W. (1971). *Evaluation of learning in secondary school mathematics. In handbook on formative and summative evaluation of student learning. Edited by Benjamin S. Bloom*. U.S.A.: Mc Graw – Hill.



The logo of Mahachulalongkornrajavidyalaya University is a circular emblem. It features a central five-petaled flower (Chakrasana) with a flame-like shape in the center. The text "มหาวิทยาลัยบูรพา" (Mahavithayalai Burapha) is written in Thai script along the top inner edge, and "BURAPHA UNIVERSITY" is written in English along the bottom inner edge. The entire logo is rendered in a light yellow/gold color.

ภาคผนวก ก

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ช่วยตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้
ความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และแบบทดสอบ
วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุภูมิ เขตจัตุรัส	อาจารย์ประจำภาควิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ ดร. พาวา พงษ์พันธุ์	ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบาเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา
นางนงนุช ฐากุลธนศ	ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม
นางนิตินันท์ รักแพทย์	ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม
นายลิขิต พรหมพลเมือง	ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนกัลยาณวัตร

ที่ อว ๘๑๓๗/๒๒๔



บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๓

๑๔ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๖

เรื่อง ขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย

เรียน คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. คำโครงการวิทยานิพนธ์ (ฉบับย่อ)

๒. เครื่องมือวิจัย

ด้วย นายเอกพงษ์ เหมะจุลิน รหัสประจำตัวนิสิต ๖๓๙๒๐๔๓๐ นิสิตหลักสูตรการศึกษา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติคำโครงการวิทยานิพนธ์ เรื่อง
“ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด
(Think - Pair - Share) ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒” โดยมี ดร.คมสัน ตรีพิบูลย์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ นั้น
ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดของท่าน คือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุภูมิ เขตจตุรัส สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์สูง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย
ทั้งนี้ สามารถติดต่อณ สิต ดังรายนามข้างต้นได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๒-๒๔๗๕๖๘๖ หรือที่ E-mail:
63920430@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา จะเป็นประโยชน์

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

สำเนาเรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุภูมิ เขตจตุรัส

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๑, ๗๐๕, ๗๐๗

E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน มหาวิทยาลัยบูรพา บัณฑิตวิทยาลัย โทร. ๒๕๖๐ ต่อ ๓๐๕, ๗๐๗

ที่ ยบ ๘๐๓๗/๐๓๕๕

วันที่ ๑๕ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๖

เรื่อง ขอเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา

ด้วย นายเอกพงษ์ เนเมธุลิน รหัสประจำตัวนิสิต ๖๓๒๒๐๐๔๓๐ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเข้าโครงการวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think - Pair - Share) ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒" โดยมี ดร.คนสัน ศรีใหญ่ชัย เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือการวิจัย นั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดของท่าน คือ ดร.พาวา พงษ์พันธุ์ ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นผู้มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการวิจัยดังกล่าว อย่างดียิ่ง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย ดังเอกสารแนบ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตตั้งรายนามข้างต้นได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๒-๒๕๗๕๖๘๖ หรือที่ E-mail: 63920430@uobu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุจี โยเนมกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำเนาเรียน ดร.พาวา พงษ์พันธุ์



ที่ อว ๘๑๓๗/๒๒๕

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๓

๑๔ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๖

เรื่อง ขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนกุเวียงวิทยาคม จังหวัดขอนแก่น

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. คำโครงการวิทยานิพนธ์ (ฉบับย่อ)
๒. เครื่องมือวิจัย

ด้วย นายเอกพงษ์ เหมะจุลิน รหัสประจำตัวนิสิต ๖๓๙๒๐๔๓๐ นิสิตหลักสูตรการศึกษา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติคำโครงการวิทยานิพนธ์ เรื่อง
“ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด
(Think - Pair - Share) ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒” โดยมี ดร.คมสัน ศรีไพบุลย์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ นั้น
ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดของท่าน คือ
คุณนงนุช ฐากุลเนศ และคุณนิตินันท์ รักแพทย์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้
ความสามารถ และประสบการณ์สูง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ สามารถติดต่อ
นิสิต ดังรายนามข้างต้นได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๒-๒๔๗๕๖๘๖ หรือที่ E-mail: 63920430@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจิ ไชยมงคล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

สำเนาเรียน ๑. คุณนงนุช ฐากุลเนศ
๒. คุณนิตินันท์ รักแพทย์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๑, ๗๐๕, ๗๐๗

E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th



ที่ อว ๘๑๓๗/๒๒๖

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๓

๑๔ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๖

เรื่อง ขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนกัลยาณวัตร จังหวัดขอนแก่น

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. คำโครงการวิทยานิพนธ์ (ฉบับย่อ)

๒. เครื่องมือวิจัย

ด้วย นายเอกพงษ์ เหมะจุลิน รหัสประจำตัวนิสิต ๖๓๙๒๐๔๓๐ นิสิตหลักสูตรการศึกษา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติคำโครงการวิทยานิพนธ์ เรื่อง
“ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด
(Think - Pair - Share) ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒” โดยมี ดร.คมสัน ศรีไพบุลย์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ นั้น
ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดของท่าน คือ
คุณลิขิต พรหมพลเมือง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์สูง
เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ สามารถติดต่อ นิสิต ดังรายนามข้างต้นได้ที่หมายเลข
โทรศัพท์ ๐๙๒-๒๔๗๕๖๘๖ หรือที่ E-mail: 63920430@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

สำเนาเรียน คุณลิขิต พรหมพลเมือง
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๓๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๑, ๗๐๕, ๗๐๗
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th



ที่ อว ๘๑๓๗/๑๖๒๕

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.สิงหาคบทางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๖ กันยายน ๒๕๖๖

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนกุเวงวิทยาคม จังหวัดขอนแก่น

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (หาคุณภาพ)

ด้วย นายเอกพงษ์ เหมะธูลิน รหัสประจำตัวนิสิต ๖๓๙๒๐๔๓๐ นิสิตหลักสูตรการศึกษา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของ
การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด
(Think - Pair - Share) ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒” โดยมี ดร.คมสัน ตรีไพบูลย์ เป็นประธานกรรมการควบคุม
วิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการหาคุณภาพจากเครื่องมือวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังกล่าวข้างต้น
ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒/๖ ภาคเรียนที่ ๒ ปีการศึกษา ๒๕๖๖ จำนวน
๓๖ คน ระหว่างวันที่ ๑ - ๑๗ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๖ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังกล่าวข้างต้น ได้ที่
หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๒-๒๔๗๕๖๘๖ หรือที่ E-mail: 63920430@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

มณฑนา รังสิโยภาส

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑนา รังสิโยภาส)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๑, ๗๐๕ และ ๗๐๗

E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th



ที่ อว ๘๑๓๗/๑๖๒๖

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๖ กันยายน ๒๕๖๖

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนภูเวียงวิทยาคม จังหวัดขอนแก่น

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายเอกพงษ์ เหมะรุสิน รหัสประจำตัวนิสิต ๖๓๙๒๐๔๓๐ นิสิตหลักสูตรการศึกษา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติจากโครงการวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของ
การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด
(Think - Pair - Share) ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒” โดยมี ดร.คมสัน ตรีโพบูลย์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์
และเสนอโรงเรียนของท่านในการเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตตั้งรายนามข้างต้น
ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒/๑ ภาคเรียนที่ ๒ ปีการศึกษา ๒๕๖๖ จำนวน
๓๖ คน ระหว่างวันที่ ๒๗ พฤศจิกายน - ๒๙ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ ทั้งนี้ สามารถติดต่อให้นิสิตตั้งรายนามข้างต้น
ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๙๒-๒๔๗๕๖๘๖ หรือที่ E-mail: 63920430@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

มณฑาทิ รังสิโยภัส
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑาทิ รังสิโยภัส)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๑, ๗๐๕ และ ๗๐๗
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th

The logo of Mahachulalongkornrajavidyalaya University is a circular emblem. It features a central five-pointed star (pentagram) with a flame-like shape at its base. The star is surrounded by a circular border containing the university's name in Thai script at the top and in English at the bottom. The entire logo is rendered in a light yellow color.

ภาคผนวก ข

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)
- ตัวอย่างผลงานนักเรียน
- แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก

เวลา 16 ชั่วโมง

รายวิชา คณิตศาสตร์ รหัสวิชา ค22102

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ภาคเรียนที่ 2

ปีการศึกษา 2566

เรื่องที่สอน การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก

เวลา 2 คาบ

ครูผู้สอน นายเอกพงษ์ เหมะธูลิน

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐานการเรียนรู้

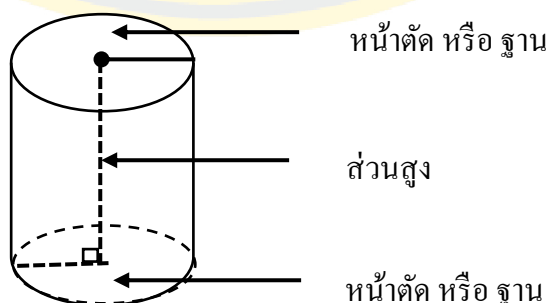
ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

ตัวชี้วัด

ค 2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึม และทรงกระบอกในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

2. สาระสำคัญ

ทรงกระบอก (Cylinder) คือ รูปเรขาคณิตสามมิติที่มีฐานสองฐานเป็นวงกลมที่เท่ากันทุกประการ และอยู่บนระนาบที่ขนานกัน และเมื่อตัดรูปเรขาคณิตสามมิติด้วยระนาบที่ขนานกับฐานแล้วจะได้หน้าตัดเป็นวงกลมที่เท่ากันทุกประการกับฐานเสมอ



พื้นที่ผิว (Surface area) ปริมาณที่แสดงถึงขอบเขตเนื้อที่ของพื้นผิวหรือรูปร่างสองมิติ โดยพื้นที่ผิวของปริซึมตรงและทรงกระบอกตรงสามารถหาได้จากผลบวกของพื้นที่ฐานทั้งสอง และพื้นที่ของด้านข้าง

การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก

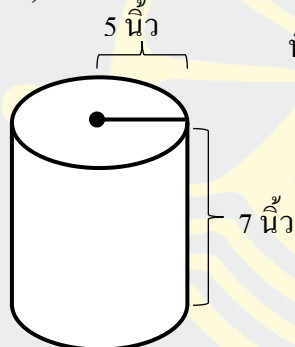
$$\begin{aligned}\text{พื้นที่ผิวของทรงกระบอก} &= \text{พื้นที่หน้าตัดทั้งสอง} + \text{พื้นที่ผิวด้านข้าง} \\ &= [2 \times (\text{พื้นที่วงกลม})] + \text{พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก} \\ &= 2\pi r^2 + 2\pi rh\end{aligned}$$

เมื่อ r แทนรัศมีของวงกลมที่เป็นฐานของทรงกระบอก

h แทนความสูงของทรงกระบอก

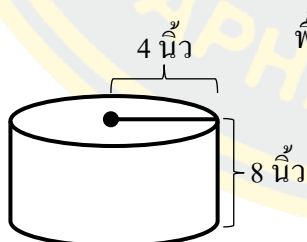
ตัวอย่าง จงหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอกที่กำหนดให้ ต่อไปนี้

- 1) ถังเก็บน้ำทรงกระบอกสูง ที่มีรัศมียาว 5 นิ้ว และมีความสูง 7 นิ้ว (กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)



$$\begin{aligned}\text{พื้นที่ผิวของทรงกระบอก} &= 2\pi r^2 + 2\pi rh \\ &= 2(3.14)(5^2) + 2(3.14)(5)(7) \\ &= 157 + 219.8 \\ &= 376.8 \text{ ตารางนิ้ว}\end{aligned}$$

- 2) ถังเก็บน้ำทรงกระบอกสูง ที่มีรัศมียาว 4 นิ้ว และมีความสูง 8 นิ้ว (กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)



$$\begin{aligned}\text{พื้นที่ผิวของทรงกระบอก} &= 2\pi r^2 + 2\pi rh \\ &= 2(3.14)(4^2) + 2(3.14)(4)(8) \\ &= 100.48 + 200.96 \\ &= 301.44 \text{ ตารางนิ้ว}\end{aligned}$$

3. สารการเรียนรู้

การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

- หาพื้นที่ผิวของทรงกระบอกได้ (K)
- ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก ในการแก้ปัญหาได้ (P)
- มีความรับผิดชอบ มีความสนใจและซักถาม มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน (A)

5. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด Think-Pair-Share)

ขั้นที่ 1 เตรียมความรู้และกระตุ้นการเรียนรู้

1) ครูทบทวนความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาในคาบนี้ด้วยการตั้งคำถาม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับทรงกระบอก และการหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก โดยมีประเด็นคำถาม ดังนี้

- ทรงกระบอก มีลักษณะอย่างไร

(แนวคำตอบ: รูปเรขาคณิตสามมิติที่มีฐานสองฐานเป็นวงกลมที่เท่ากันทุกประการและอยู่บนระนาบที่ขนานกัน และเมื่อตัดรูปเรขาคณิตสามมิติด้วยระนาบที่ขนานกับฐานแล้วจะได้หน้าตัดเป็นวงกลมที่เท่ากันทุกประการกับฐานเสมอ)

- เราพบทรงกระบอกในชีวิตประจำวันจากอะไรบ้าง

(แนวคำตอบ: ปลากระป๋อง แกนกระดาดยทึชชู แท็งก์น้ำ ครอบป้องกันผลไม้)

- การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก มีสูตรว่าอย่างไร

(แนวคำตอบ: $\text{พื้นที่ผิวของทรงกระบอก} = 2\pi r^2 + 2\pi rh$ เมื่อ r แทนรัศมีของวงกลมที่เป็นฐานของทรงกระบอก และ h แทนความสูงของทรงกระบอก)

- การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่เราพบเห็นอย่างไรบ้าง

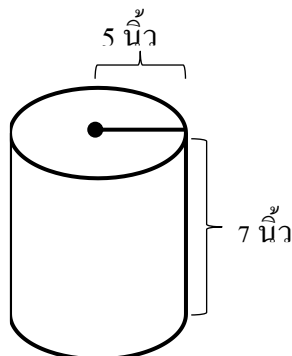
(แนวคำตอบ: การทาสีแท็งก์น้ำทรงกระบอก โดยต้องคำนวณพื้นที่ของฐาน และพื้นที่ผิวข้างของทรงกระบอก เพื่อประกอบการตัดสินใจว่าต้องใช้สีมากน้อยเพียงใด เป็นต้น)

2) ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาโดยการฉาย Power Point เรื่อง การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก บนจอฉายภาพ Projector ดังนี้

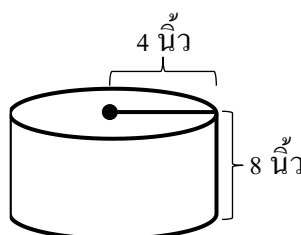
สถานการณ์ปัญหา

ตุ๊กตาต้องการทาสีแท่งปูนทรงกระบอก ซึ่งมีหน้าตัดและความสูงที่ต่างกัน ดังรูป โดยทาสีรอบพื้นผิวของแท่งปูนทรงกระบอกทั้งหมด และปริมาณของสี 1 ถัง สามารถใช้ทาสีพื้นผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว

แบบที่ 1 แท่งปูนทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 5 นิ้ว และสูง 7 นิ้ว



แบบที่ 2 แท่งปูนทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 4 นิ้ว และสูง 8 นิ้ว



ตุ๊กตาควรเลือกทาสีแท่งปูนทรงกระบอกแบบใด จึงจะคุ้มค่ากับการทาสีที่สุด เพราะเหตุใด (กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)

ขั้นที่ 2 เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม

ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน มีระดับ ความสามารถสูง ปานกลาง ค่อนข้างอ่อน และอ่อนคละกัน จากนั้นครูและนักเรียนทุกคนร่วมกันอ่านและวิเคราะห์โจทย์ปัญหาเบื้องต้น แล้วให้ตัวแทนนักเรียนออกมารับใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การหาพื้นผิวของทรงกระบอก ใบกิจกรรมงานคู่และใบกิจกรรมงานกลุ่ม รูปทรงกระบอก สื่อวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการแก้โจทย์ปัญหา และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อหาวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดคู่คิด (Think-Pair-Share) ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 2.1 กระตุ้น (Think)

1) ครูกระตุ้นคิดของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามให้นักเรียนวิเคราะห์เกี่ยวกับประเด็น การตีความโจทย์ปัญหา สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้โจทย์ปัญหา และมีขั้นตอนการแก้ปัญหายังไงบ้าง ดังนี้

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้มีอะไรบ้าง

(แนวคำตอบ: (1) แท่งปูนทรงกระบอก แบบที่ 1 โดยมีรัศมีที่ฐาน 5 นิ้ว และสูง 7 นิ้ว และแท่งปูนทรงกระบอก แบบที่ 2 โดยมีรัศมีที่ฐาน 4 นิ้ว และสูง 8 นิ้ว

(2) กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

(แนวคำตอบ: (1) ต้องหาสิรอปพื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกทั้งหมด
(2) ปริมาตรของสี 1 ถัง สามารถใช้ทาสิรอปพื้นที่ผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบคืออะไรบ้าง

(แนวคำตอบ: ผู้กตควรเลือกทาสีแท่งปูนทรงกระบอกแบบใด จึงคุ้มค่ากับการทาสีที่สุด เพราะเหตุใด)

- ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้โจทย์ปัญหา

(แนวคำตอบ : 1) การหาพื้นที่ผิวและพื้นที่ผิวข้างของทรงกระบอก
(2) การหาพื้นที่ของวงกลมและพื้นที่ของสี่เหลี่ยมมุมฉาก
(3) การหาความยาวของเส้นรอบวงของวงกลม
(4) การแก้สมการ และการเปรียบเทียบ)

- มีขั้นตอนการแก้ปัญหายังไง

(แนวคำตอบ : (1) วาดภาพแท่งปูนทรงกระบอกตามสิ่งที่โจทย์กำหนดและเงื่อนไขของโจทย์
(2) หาพื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแต่ละแท่งก่อน
(3) นำพื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกทั้งสองแท่งไปเปรียบเทียบปริมาณของสี 1 ถัง สามารถใช้ทาสิรอปพื้นที่ผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการทาสีมากที่สุด)

ขั้นที่ 2.2 ร่วมกันคิดแก้ปัญหาคู่ (Pair)

นักเรียนเข้าคู่หรือจับคู่กันเพื่อร่วมกันลงมือวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา และอภิปรายร่วมกันเป็นคู่โดยการแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาในงานกิจกรรมคู่ เพื่อหาแนวคิดหรือวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมของที่สุดของกลุ่มตนเอง

ขั้นที่ 2.3 แลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share)

นักเรียนแต่ละคู่มือมีการแลกเปลี่ยนแนวคิด หรือวิธีการแก้โจทย์ปัญหาภายในกลุ่มของตนเอง และเลือกวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง โดยการแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาในใบกิจกรรมงานกลุ่ม

ขั้นที่ 3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในชั้นเรียน

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอแนวคิดหรือวิธีการแก้สถานการณ์ปัญหาของกลุ่มตนเองที่บันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก

2) นักเรียนร่วมกันอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดระหว่างกลุ่ม โดยมีประเด็นคำถาม ดังนี้

- จากการนำเสนอแนวคิดหรือวิธีการแก้สถานการณ์ปัญหา มีแนวคิดหรือวิธีการแก้สถานการณ์ปัญหาใดบ้างที่มีความเหมือนกัน
 - มีแนวคิดหรือวิธีการแก้สถานการณ์ปัญหาของกลุ่มใดที่แตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ
 - พื้นที่ผิวทั้งหมดของแท่งปูนทรงกระบอกแต่ละแบบที่ตารางนี้
 - จากการอภิปรายถึงเก็บน้ำทรงกระบอกแบบใดที่ทาสี 1 ถึง ได้คุ้มค่าที่สุด
- เพราะเหตุใด

ขั้นที่ 4 สรุปวิธีการแก้ปัญหาและประเด็นการเรียนรู้

1) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเชื่อมโยงแนวคิด โดยมีประเด็นคำถาม ดังนี้

- นักเรียนคิดว่า ข้อมูลหรือความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับคณิตศาสตร์เรื่องใดบ้างที่มีความจำเป็น และสามารถนำไปใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหานี้ได้

- (แนวคำตอบ: (1) การหาพื้นที่ผิวและพื้นที่ผิวข้างของทรงกระบอก,
- (2) การหาพื้นที่ของวงกลมและพื้นที่ของสี่เหลี่ยมมุมฉาก
- (3) การหาความยาวของเส้นรอบวงของวงกลม
- (4) การแก้สมการ และการเปรียบเทียบ

- แนวคิดหรือวิธีการแก้สถานการณ์ปัญหาใด ที่มีความสมเหตุสมผลมากที่สุด เพราะเหตุใด

(แนวคำตอบ: นักเรียนหาพื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแต่ละแท่งก่อน

$$\begin{aligned}
 \text{พื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 1} &= 2\pi r^2 + 2\pi rh \\
 &= 2(3.14)(5^2) + 2(3.14)(5)(7) \\
 &= 157 + 219.8 \\
 &= 376.8 \text{ ตารางนิ้ว}
 \end{aligned}$$

จะได้พื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 1 เท่ากับ 376.8 ตารางนิ้ว

$$\begin{aligned}
 \text{พื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 2} &= 2\pi r^2 + 2\pi rh \\
 &= 2(3.14)(4^2) + 2(3.14)(4)(8) \\
 &= 100.48 + 200.9 \\
 &= 301.44 \text{ ตารางนิ้ว}
 \end{aligned}$$

จะได้พื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 2 เท่ากับ 301.44 ตารางนิ้ว

นำไปเปรียบเทียบกับปริมาณของสี 1 ถัง สามารถใช้สีทาพื้นผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว ดังนั้น ตึกควรเลือกทาสีแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 2 ที่มีพื้นที่ผิว เท่ากับ 301.44 ตารางนิ้ว ซึ่งจะมีความคุ้มค่าในการทาสีปริมาณ 1 ถัง มากที่สุด เพราะจะทำให้สามารถทาสีได้รอบพื้นผิวของแท่งปูนทรงกระบอกทั้งหมด และปริมาณของสีพอดีกับพื้นที่ผิวของแท่งปูนที่ต้องการจะทา

การตรวจสอบผล

พื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 1 เท่ากับ 376.8 ตารางนิ้ว ปริมาณของสี 1 ถัง สามารถใช้สีทาพื้นผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว หากผลต่างระหว่าง ปริมาณของสี 1 ถัง ที่สามารถใช้ทาพื้นผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว กับพื้นที่ผิวของแท่งปูน

ดังนั้น พื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 1 เท่ากับ $376.8 > 350$ ตารางนิ้ว ปริมาณของสีที่ใช้ทาจึงไม่พอดีกับพื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 1 พื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 2 เท่ากับ $301.44 < 350$ ตารางนิ้ว ปริมาณของสีที่ใช้ทาจึงพอดีกับพื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 2

2) สิ่งที่ได้เรียนรู้จากวิธีการแก้ปัญหามีอะไรบ้าง

6. สื่อ/นวัตกรรมที่ใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน คณิตศาสตร์ เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (อจท.)
- 2) ใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก ใบกิจกรรมงานคู่ และใบกิจกรรมงานกลุ่ม
- 3) รูปทรงกระบอก กลุ่มละ 2 อัน กระดาษขนาด A4 กลุ่มละ 2 แผ่น กรรไกรกลุ่ม 1 เล่ม
- 4) สื่อ Power Point เรื่อง การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก

7. การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K) 1. หาพื้นที่ผิว ของทรงกระบอกได้ (K)	การสังเกตจาก การตอบคำถาม	แบบประเมิน การตอบคำถาม	ร้อยละ 70 ขึ้นไป
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) 2. ประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่องการหาพื้นที่ผิว ของทรงกระบอก ในการแก้ปัญหาได้ (P)	การตรวจ ใบกิจกรรม	แบบประเมิน ใบกิจกรรม	ระดับดีขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะ อันพึงประสงค์ (A) 3. มีความรับผิดชอบ มีความสนใจ และซักถาม มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ในชั้นเรียน (A)	การสังเกตจาก พฤติกรรม ในขณะที่ทำ กิจกรรม การเรียนรู้	แบบประเมิน คุณลักษณะอัน พึงประสงค์	ระดับดีขึ้นไป



สื่อ/แหล่งเรียนรู้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก
ใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก

ใบกิจกรรมงานคู่ ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่...../...../.....
 ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

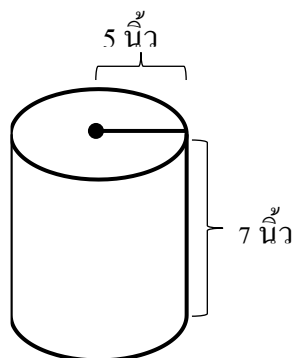
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก
ใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก

คำสั่ง ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ แล้วดำเนินการแก้ปัญหา และตอบคำถาม

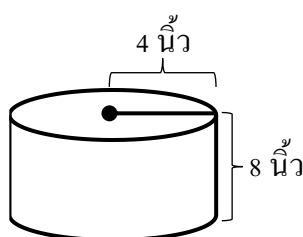
สถานการณ์ปัญหา

ตุ๊กตาต้องการทาสีแท่งปูนทรงกระบอก ซึ่งมีหน้าตัดและความสูงที่แตกต่างกัน
 ดังรูป โดยทาสีรอบพื้นผิวของแท่งปูนทรงกระบอกทั้งหมด และปริมาณของสี 1 ถัง
 สามารถใช้ทาสีพื้นผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว

แบบที่ 1 แท่งปูนทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 5 นิ้ว และสูง 7 นิ้ว



แบบที่ 2 แท่งปูนทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 4 นิ้ว และสูง 8 นิ้ว



ตุ๊กตาควรเลือกทาสีแท่งปูนทรงกระบอกแบบใด จึงจะคุ้มค่ากับการทาสีที่สุด
 เพราะเหตุใด (กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด

แสดงวิธีทำ.....

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร

[illegible]

ใบกิจกรรมงานกลุ่ม..... เลขที่สมาชิกในกลุ่ม

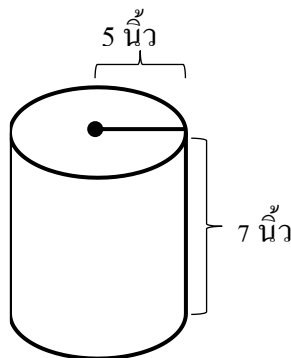
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก
ใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก

คำสั่ง ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ แล้วดำเนินการแก้ปัญหา และตอบคำถาม

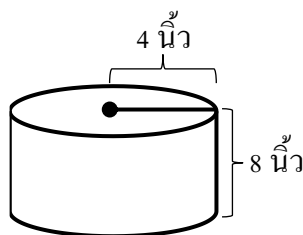
สถานการณ์ปัญหา

ตุ๊กตาต้องการทำสีแท่งปูนทรงกระบอก ซึ่งมีหน้าตัดและความสูงที่แตกต่างกัน ดังรูป โดยทาสีรอบพื้นผิวของแท่งปูนทรงกระบอกทั้งหมด และปริมาณของสี 1 ถัง สามารถใช้ทาสีพื้นผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว

แบบที่ 1 แท่งปูนทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 5 นิ้ว และสูง 7 นิ้ว



แบบที่ 2 แท่งปูนทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 4 นิ้ว และสูง 8 นิ้ว

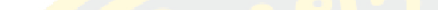


ตุ๊กตาควรเลือกทาสีแท่งปูนทรงกระบอกแบบใด จึงจะคุ้มค่ากับการทาสีที่สุด เพราะเหตุใด (กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)

ใบกิจกรรมงานกลุ่ม..... เลขที่สมาชิกในกลุ่ม/...../.....

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งที่โจทก์กำหนดให้



- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

。 。

ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

- มีขั้นตอนการแก้ปัญหายังไร

A large, faint watermark of the University of the Pacific seal is visible in the background. The seal is circular with a yellow border and contains the text "UNIVERSITY OF THE PACIFIC" in a circular arrangement. The center of the seal features a stylized design. The watermark is positioned such that it covers the top half of the page, with the text "UNIVERSITY OF THE PACIFIC" clearly legible across the top.

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด

แสดงวิธีทำ.....

The logo of Burapha University is a circular emblem. It features a central design with a lotus flower and a swastika, which is a common religious symbol in Buddhism. The text "BURAPHA UNIVERSITY" is written in a circular path around the central design. The logo is rendered in a light blue color.

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร

[illegible]

แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้สำหรับครู

1. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก
และมีการวัดและประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้ (K P A) โดยใช้เครื่องมือวัดแบบ
ต่างๆ ที่ได้ระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า

1. ด้านความรู้ (K)

นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมิน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 71.42

2. ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)

นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมิน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 82.14

3. ด้านคุณลักษณะ (A)

นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมิน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 96.42

2. ปัญหา / อุปสรรค

ด้านผู้เรียน

นักเรียนสามารถตีความโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับข้อมูลสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เงื่อนไขของโจทย์
และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ โดยครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับสูตรการหาพื้นที่วงกลม สูตรการหาความยาว
ของเส้นรอบวงของวงกลม สูตรการหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก และเชื่อมโยงเข้าสู่สูตรการหา
พื้นที่ผิวข้างของทรงกระบอก เพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดเกี่ยวกับที่มาของสูตรพื้นที่ผิวข้าง
และเกิดความเข้าใจอย่างคงทน ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ในขั้นที่ 1 เตรียมความรู้และกระตุน
การเรียนรู้ไปใช้ในการคิดวางแผนแก้ปัญหา และสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง
แต่การตรวจสอบผลนักเรียนส่วนน้อยที่สามารถตรวจสอบผลได้ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ค่อนข้างยาก
สำหรับนักเรียน

ด้านผู้สอน

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนนี้เป็นคาบที่แก้ปัญหาที่มีสื่ออุปกรณ์ที่ช่วยการคิด
แก้ปัญหา เช่น กรรไกร กระดาษเอสี่ ไม้บรรทัด ซึ่งนักเรียนยังไม่ค่อยใช้สื่อให้เกิดประสิทธิภาพ
สูงสุดในการแก้โจทย์ปัญหาให้เท่าที่ควร ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนใช้สื่อให้เกิดประสิทธิภาพ
มากกว่านี้ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

ด้านการจัดกิจกรรม

ในกิจกรรมบางขั้นตอนนักเรียนค่อนข้างใช้เวลาในการทำกิจกรรมนาน ครูต้องหาจุดบกพร่องเพื่อนำมาแก้ไขในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต่อไป อาจจะเป็นการกระตุ้นโดยการแนะนำในจุดที่นักเรียนมองข้าม เพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการแก้โจทย์ปัญหาและเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพขึ้น

3. ข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข

ครูควรกระชับเวลาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการแจ้งลำดับถัดไปว่าเป็นขั้นตอนอะไรของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และในขั้นนั้นต้องทำอะไรบ้างในทุกคาบ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน และเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ และต้องเน้นฝึกให้นักเรียนคิดการตรวจสอบผล เพราะส่วนใหญ่ยังไม่สามารถตรวจสอบผลคำตอบได้เท่าที่ควร

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายเอกพงษ์ ห่มะธูลิน)

...../...../.....

ลำดับ เลขที่	รายการประเมิน												รวม คะแนน	ร้อยละ	สรุปผล
	ตอบคำถามได้ ตรงประเด็น				ความ กระตือรือร้น และ การซักถาม				มีส่วนร่วม ในการตอบ คำถาม						
4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1				
15															
16															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายเอกพงษ์ เหมะรุลีน)

...../...../.....

เกณฑ์การตอบคำถามของนักเรียน

ประเด็นที่ ประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
1. ตอบคำถาม ได้ตรงประเด็น	ตอบประเด็น คำถามของครู ได้ถูกต้อง ทุกประเด็น	ตอบประเด็น คำถามของครู ส่วนมากได้ ถูกต้อง	ตอบประเด็น คำถามของครู ได้ถูกต้อง บางประเด็น	ตอบประเด็น คำถามของครู ไม่ตรงประเด็น
2. ความ กระตือรือร้น และการซักถาม	มีความกระตือรือร้น ในการซักถาม ในประเด็นที่ตนเอง สงสัยหรือไม่เข้าใจ อย่างสม่ำเสมอ	มีความกระตือรือร้น ในการซักถาม ในประเด็นที่ตนเอง สงสัยหรือไม่เข้าใจ ค่อนข้างสม่ำเสมอ	มีความกระตือรือร้น ในการซักถาม ในประเด็นที่ตนเอง สงสัยหรือไม่เข้าใจ เป็นบางครั้ง	ไม่ซักถาม ในประเด็น ที่ตนเองสงสัย หรือไม่เข้าใจ
3. การมีส่วน ร่วมในการตอบ คำถาม	มีส่วนร่วม ในการตอบ ประเด็นคำถามของ ครูถามอย่าง สม่ำเสมอ	มีส่วนร่วม ในการตอบ ประเด็นคำถาม ของครูค่อนข้าง สม่ำเสมอ	มีส่วนร่วม ในการตอบ ประเด็นคำถาม ของครูเป็น บางครั้ง	ไม่มีส่วนร่วม ในการตอบ ประเด็นคำถาม ของครู

*เกณฑ์การผ่าน ต้องได้ ร้อยละ 70 ขึ้นไป

ลำดับ	รายการประเมิน								รวมคะแนน	ระดับคุณภาพ	สรุปผล
	การทำ ความเข้าใจ โจทย์ปัญหา		การคิด วางแผน แก้ปัญหา		การ ดำเนินการ ตามแผน		การ ตรวจสอบ ผล				
	1	0	1	0	1	0	1	0			
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายเอกพงษ์ เหมะรุลีน)

...../...../.....

เกณฑ์การประเมินใบกิจกรรม (การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์)

ประเด็นที่ประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	
	นักเรียนแสดงพฤติกรรม ตามที่ต้องการ (1)	นักเรียนไม่แสดงพฤติกรรม ตามที่ต้องการ (0)
1. การทำความเข้าใจ โจทย์ปัญหา	ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ ถูกต้องครบถ้วนทั้งหมด	ไม่ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ หรือระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ ได้ไม่ถูกต้อง
2. การคิดวางแผน แก้ปัญหา	ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการ และข้อมูลที่จำเป็นสำหรับใช้ ในการแก้ปัญหา มีการลำดับ ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่ คำตอบที่ถูกต้อง เป็นขั้นตอน และอธิบายรายละเอียดได้ชัดเจน	ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการ และข้อมูลที่จำเป็นสำหรับใช้ ในการแก้ปัญหา มีการลำดับ ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา ที่นำไปสู่คำตอบที่ไม่ถูกต้อง ไม่เป็นขั้นตอน และไม่อธิบาย รายละเอียด
3. การดำเนินการตาม แผน	ดำเนินการแก้ปัญหตาม ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่นำไปสู่ คำตอบที่ถูกต้อง อธิบาย รายละเอียดได้ชัดเจน ตามลำดับวิธีการแก้ปัญหา ที่วางแผนไว้ทั้งหมด	ดำเนินการแก้ปัญหตาม ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา ที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง อธิบายรายละเอียดได้ไม่ชัดเจน และไม่เป็นตามลำดับวิธีการ แก้ปัญหที่วางแผนไว้ทั้งหมด
4. การตรวจสอบผล	สามารถแสดงการตรวจสอบ คำตอบได้อย่างละเอียด และถูกต้อง	ไม่ระบุวิธีการตรวจสอบ คำตอบหรือสามารถแสดง การตรวจสอบคำตอบได้ แต่ไม่ถูกต้อง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ (*เกณฑ์การผ่าน ต้องได้ ระดับดีขึ้นไป)

คะแนน	ระดับคุณภาพ	คะแนน	ระดับคุณภาพ
4	ดีมาก	2	พอใช้
3	ดี	1	ปรับปรุง

ลำดับที่	รายการประเมิน												รวมคะแนน	ระดับคุณภาพ	สรุปผล
	มีความรับผิดชอบ				ความสนใจและการซักถาม				มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน						
	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1			
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายเอกพงษ์ เหมะธูลิน)

...../...../.....

**เกณฑ์การประเมินความรับผิดชอบ ความสนใจ การซักถาม
และการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม**

รายการ ประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ต้องปรับปรุง (1)
1. มีความ รับผิดชอบ	ส่งงานที่ได้รับ มอบหมายตรง ตามกำหนดเวลา และถูกต้อง ทุกครั้ง	ส่งงานที่ได้รับ มอบหมายตาม กำหนดเวลา และถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	ส่งงานที่ได้รับ มอบหมายช้ากว่า กำหนด และถูกต้องเป็น ส่วนน้อย	ส่งงานที่ได้รับ มอบหมาย เป็นบางครั้ง
2. ความสนใจ และการซักถาม	มีการถาม ในประเด็น ที่ตนเองไม่เข้าใจ หรือสงสัยทุกครั้ง และกล้าแสดง ความคิดเห็น	มีการถาม ในประเด็น ที่ตนเองไม่เข้าใจ หรือสงสัยเป็นส่วน ใหญ่และกล้าแสดง ความคิดเห็น	มีการถาม ในประเด็น ที่ตนเองไม่เข้าใจ หรือสงสัยเป็น บางครั้ง และไม่ค่อยกล้า แสดงความคิด เห็น	ไม่ถาม ในประเด็น ที่ตนเอง ไม่เข้าใจ หรือสงสัย และไม่กล้า แสดงออก
3. มีส่วนร่วม ในการทำ กิจกรรมในชั้น เรียน	ร่วมมือ และช่วยเหลือ เพื่อนในการทำ กิจกรรมกลุ่ม สม่ำเสมอ	ร่วมมือ และช่วยเหลือ เพื่อนในการทำ กิจกรรมกลุ่มเป็น ส่วนใหญ่	ร่วมมือ และช่วยเหลือ เพื่อนในการทำ กิจกรรมกลุ่ม เป็นบางครั้ง	ไม่ให้ ความร่วมมือ ในขณะทำ กิจกรรม

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ (*เกณฑ์การผ่าน ต้องได้ ระดับดีขึ้นไป)

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
10-12	ดีมาก
7-9	ดี
5-6	พอใช้
3-4	ปรับปรุง

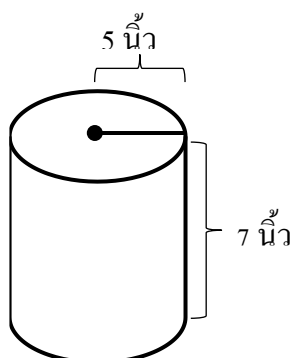
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก
ใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก

คำสั่ง ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ แล้วดำเนินการแก้ปัญหา และตอบคำถาม

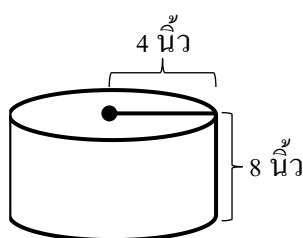
สถานการณ์ปัญหา

ตุ๊กตาต้องการทาสีแท่งปูนทรงกระบอก ซึ่งมีหน้าตัดและความสูงที่แตกต่างกัน
ดังรูป โดยทาสีรอบพื้นผิวของแท่งปูนทรงกระบอกทั้งหมด และปริมาตรของสี 1 ถัง
สามารถใช้ทาสีพื้นผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว

แบบที่ 1 แท่งปูนทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 5 นิ้ว และสูง 7 นิ้ว



แบบที่ 2 แท่งปูนทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 4 นิ้ว และสูง 8 นิ้ว



ตุ๊กตาควรเลือกทาสีแท่งปูนทรงกระบอกแบบใด จึงจะคุ้มค่ากับการทาสีที่สุด
เพราะเหตุใด (กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- 1) แท่งปูนทรงกระบอก แบบที่ 1 โดยมีรัศมีที่ฐาน 5 นิ้ว และสูง 7 นิ้ว
และแท่งปูนทรงกระบอก แบบที่ 2 โดยมีรัศมีที่ฐาน 4 นิ้ว และสูง 8 นิ้ว
- 2) กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

- 1) ต้องหาสี่รอบพื้นผิวของแท่งปูนทรงกระบอกทั้งหมด
- 2) ปริมาณของสี 1 ถัง สามารถใช้ทาสีพื้นผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

ผู้แก้ควรเลือกหาสีแท่งปูนทรงกระบอกแบบใด จึงจะคุ้มค่ากับการทาสีที่สุด เพราะเหตุใด

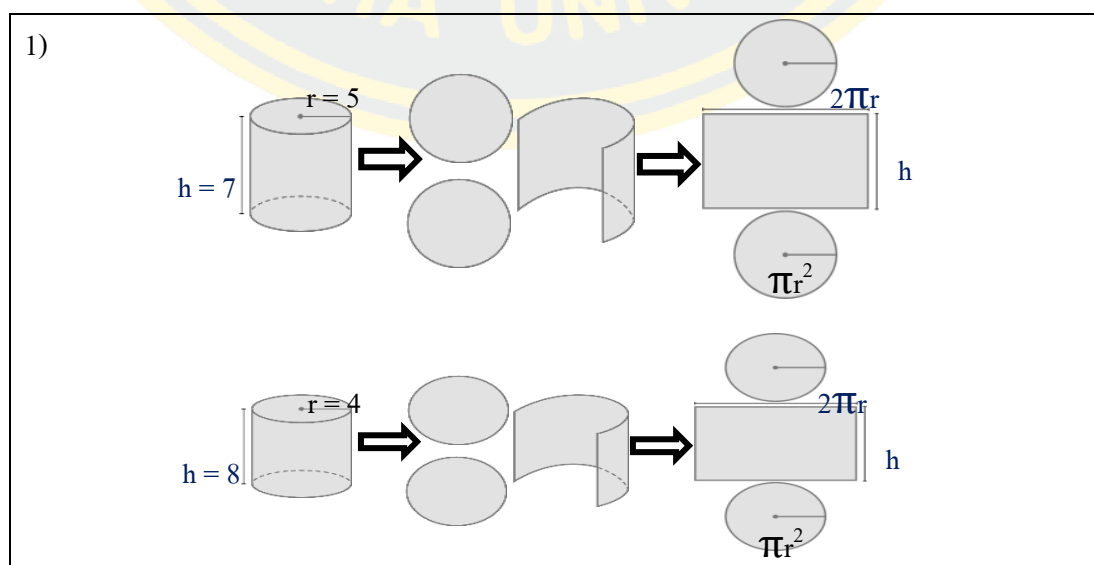
ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

- มีขั้นตอนการแก้ปัญหายังไง

- 1) วาดภาพแท่งปูนทรงกระบอกตามสิ่งที่โจทย์กำหนดและเงื่อนไขของโจทย์
- 2) หาพื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแต่ละแท่งก่อน
- 3) นำพื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกทั้งสองแท่งไปเปรียบเทียบปริมาณของสี 1 ถัง สามารถใช้ทาสีพื้นผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการทาสีมากที่สุด

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด



แสดงวิธีทำ

2)

$$\begin{aligned}
 \text{พื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 1} &= 2\pi r^2 + 2\pi rh \\
 &= 2(3.14)(5^2) + 2(3.14)(5)(7) \\
 &= 157 + 219.8 \\
 &= 376.8 \text{ ตารางนิ้ว}
 \end{aligned}$$

จะได้พื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 1 เท่ากับ 376.8 ตารางนิ้ว

$$\begin{aligned}
 \text{พื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 2} &= 2\pi r^2 + 2\pi rh \\
 &= 2(3.14)(4^2) + 2(3.14)(4)(8) \\
 &= 100.48 + 200.96 \\
 &= 301.44 \text{ ตารางนิ้ว}
 \end{aligned}$$

จะได้พื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 2 เท่ากับ 301.44 ตารางนิ้ว

3) พื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกทั้งสองแท่งไปเปรียบเทียบกับปริมาณของสี 1 ถึงสามารถใช้ทาสีพื้นผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการทาสีมากที่สุด

ดังนั้น ตักตอควรเลือกทาสีแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 2 จึงจะคุ้มค่ากับการทาสีที่สุด เพราะมีพื้นที่ผิวไม่เกิน ปริมาณของสี 1 ถึง ที่สามารถใช้ทาสีพื้นผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล**-วิธีการตรวจสอบผลอย่างไร**

พื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 1 เท่ากับ 376.8 ตารางนิ้ว

ปริมาณของสี 1 ถึง สามารถใช้สีทาพื้นผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว

หาผลต่างระหว่าง ปริมาณของสี 1 ถึง ที่สามารถใช้ทาสีพื้นผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว กับพื้นที่ผิวของแท่งปูน

ดังนั้น พื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 1 เท่ากับ $376.8 > 350$ ตารางนิ้ว ปริมาณของสีที่ใช้ทาจึงไม่พอดีกับพื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 1
พื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 2 เท่ากับ $301.44 < 350$ ตารางนิ้ว ปริมาณของสีที่ใช้ทาจึงพอดีกับพื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกแบบที่ 2

ตัวอย่างผลงานนักเรียน

1. กิจกรรมงานคู่-กิจกรรมงานกลุ่ม (กลุ่ม A)

กิจกรรมงานคู่ที่ 1 (กลุ่ม A)

ใบกิจกรรมงานคู่ ชื่อ-สกุล ชั้น.๒.๒/๑..เลขที่.๔๗..... /๑๖...../๒๕๖๖
 ชื่อ-สกุล ชั้น.๒.๒/๑..เลขที่.๔๘.....

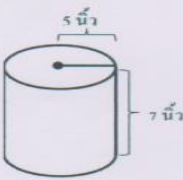
หน่วยการเรียนรู้ที่ ๓ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก
ใบกิจกรรมที่ ๑ เรื่อง การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก

คำสั่ง ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ แล้วดำเนินการแก้ปัญหา และตอบคำถาม

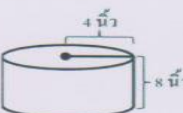
สถานการณ์ปัญหา

ตุ๊กตาต้องการทำถังเก็บน้ำทรงกระบอก ซึ่งมีหน้าตัดและความสูงที่แตกต่างกัน ดังรูป โดยหาซื้อแผ่นผิวของถังเก็บน้ำทรงกระบอกทั้งหมด และสี ๑ ถัง สามารถใช้ทำถังเก็บน้ำได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว

แบบที่ ๑ ถังเก็บน้ำทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 5 นิ้ว และสูง 7 นิ้ว



แบบที่ ๒ ถังเก็บน้ำทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 4 นิ้ว และสูง 8 นิ้ว



ตุ๊กตาควรเลือกทำถังเก็บน้ำทรงกระบอกแบบใด จึงจะคุ้มค่ากับการทำมากที่สุด เพราะเหตุใด (กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งที่ย่อยกำหนดให้

1. สี 1 ถัง ทาได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว
2. สีทาสีผนังทึบภายนอก รั้วสีเทาเข้ม 5 นิ้ว สีขาว 7 นิ้ว
3. สีทาสีผนังทึบภายนอกแบบที่ 2 5 นิ้ว สีเทาเข้ม 4 นิ้ว สีขาว 8 นิ้ว

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

1. สี 1 ถัง ทาได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว
2. สีทาสีผนังทึบภายนอกแบบที่ 1 รั้วสีเทาเข้ม 5 นิ้ว สีขาว 7 นิ้ว
3. สีทาสีผนังทึบภายนอกแบบที่ 2 รั้วสีเทาเข้ม 4 นิ้ว สีขาว 8 นิ้ว

- สิ่งที่ย่อยต้องการทราบมีอะไรบ้าง

การทาสีผนังทึบภายนอกแบบที่ 1 รั้วสีเทาเข้ม 5 นิ้ว สีขาว 7 นิ้ว

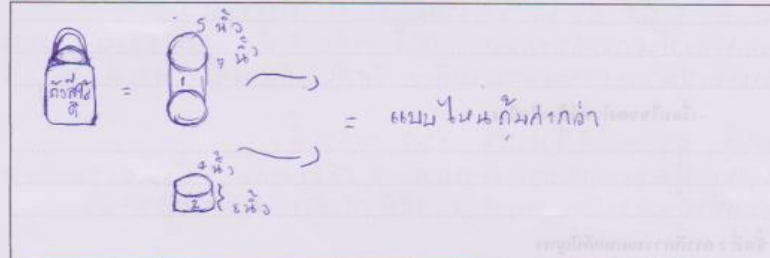
ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

- มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร

1. หาพื้นที่ของผนังทึบภายนอก
2. หาพื้นที่ของผนังทึบภายนอกแบบที่ 2
3. นำทั้ง 2 แบบมาเปรียบเทียบกันว่าแบบไหนดีกว่ากัน

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด



แสดงวิธีทำ พ.ท. พื้นที่วงกลม 1 = คือวงกลม พ.ท. 5 + พ.ท. 2 นิ้ว

$$= 2 \cdot \pi r^2 + 2 \cdot \pi r \cdot h$$

$$= \pi r \times [(2h) + (2r)]$$

$$= (3.14 \times 5) \times [(2 \times 5) + (2 \times 3)]$$

$$= 15.7 \times (10 + 6)$$

$$= 15.7 \times 16$$

$$= 251.2 \text{ ซม. ตารางนิ้ว}$$

พ.ท. ด้านกระบอก

$$= 2 \cdot \pi r \cdot h$$

$$= \pi r \times [(2r) + (2h)]$$

$$= (3.14 \times 4) \times [(2 \times 4) + (2 \times 3)]$$

$$= 12.56 \times 14$$

$$= 175.84 \text{ ซม. ตารางนิ้ว}$$

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

ตรวจสอบพื้นที่หน้าตัดของกระบอก

- มีวิธีการตรวจสอบอย่างไร

นำเอาแผ่นกระดาษ

$$\text{ที่ } 374.9 - \text{ที่ } 390 = 15.1 \text{ (พท.)}$$

$$\text{ที่ } 330 - \text{ที่ } 301.44 = 28.56 \text{ (นิ้ว)}$$

กิจกรรมงานคู่ที่ 2 (กลุ่ม A)

ใบกิจกรรมงานคู่ ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก

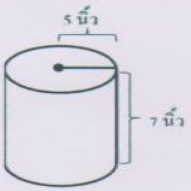
ใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก

คำสั่ง ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ แล้วดำเนินการแก้ปัญหา และตอบคำถาม

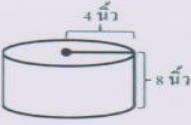
สถานการณ์ปัญหา

ศึกษาต้องการหาพื้นที่แห่งปูนทรงกระบอก ซึ่งมีหน้าตัดและความสูงที่แตกต่างกัน ดังรูป โดยหาสิรรอบพื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกทั้งหมด และสี 1 ถึง สามารถใช้หาพื้นที่ผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว

แบบที่ 1 แท่งปูนทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 5 นิ้ว และสูง 7 นิ้ว



แบบที่ 2 แท่งปูนทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 4 นิ้ว และสูง 8 นิ้ว



ศึกษาควรเลือกหาพื้นที่แห่งปูนทรงกระบอกแบบใด จึงจะคุ้มค่ากับการหาพื้นที่ที่สุด เพราะเหตุใด (กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา

- สิ่งที่ย่อยกำหนดให้

1. หาข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่และประชากรของท้องถิ่น และ 3 ตัว สามารถใช้ทำพื้นที่ได้ไม่เกิน 350 ตารางกิโลเมตร
2. แผนที่ 1 แผนที่ของพื้นที่ของท้องถิ่น โดยให้มีพื้นที่ 5 จังหวัด และ 7 จังหวัด
3. แผนที่ 2 แผนที่ของพื้นที่ของท้องถิ่น โดยให้มีพื้นที่ 4 จังหวัด และ 3 จังหวัด

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

1. หาข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่และประชากรของท้องถิ่น และ 3 ตัว สามารถใช้ทำพื้นที่ได้ไม่เกิน 350 ตารางกิโลเมตร
2. แผนที่ 1 แผนที่ของพื้นที่ของท้องถิ่น โดยให้มีพื้นที่ 5 จังหวัด และ 7 จังหวัด
3. แผนที่ 2 แผนที่ของพื้นที่ของท้องถิ่น โดยให้มีพื้นที่ 4 จังหวัด และ 3 จังหวัด
4. ทำข้อสอบด้วยตัวเองตามข้อที่กำหนด

- สิ่งที่ย่อยต้องการทราบมีอะไรบ้าง

1. หาข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่และประชากรของท้องถิ่น และ 3 ตัว สามารถใช้ทำพื้นที่ได้ไม่เกิน 350 ตารางกิโลเมตร

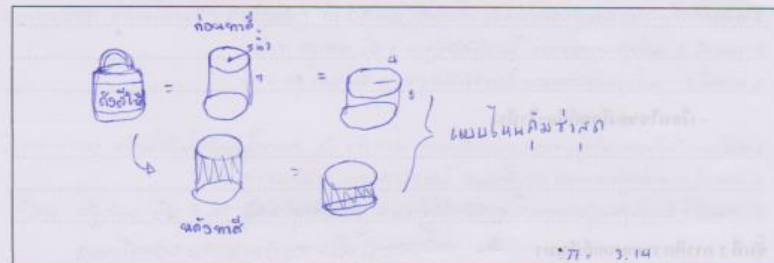
ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

- มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร

1. หาพื้นที่ของพื้นที่ของท้องถิ่น และ 3 ตัว สามารถใช้ทำพื้นที่ได้ไม่เกิน 350 ตารางกิโลเมตร
2. แผนที่ 1 แผนที่ของพื้นที่ของท้องถิ่น โดยให้มีพื้นที่ 5 จังหวัด และ 7 จังหวัด
3. แผนที่ 2 แผนที่ของพื้นที่ของท้องถิ่น โดยให้มีพื้นที่ 4 จังหวัด และ 3 จังหวัด

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด



แสดงวิธีทำ: พ.ท. ของแท่งทรงกระบอก ๑ = สอดเข้า พ.ท. สูง + พ.ท. ถังหัว

$$= 2\pi r^2 + 2\pi r h$$

$$= \pi r \times [(2r) + (2h)]$$

$$= (3.14 \times 5) \times [(2 \times 5) + (2 \times 7)]$$

$$= 15.7 \times (10 + 14)$$

$$= 15.7 \times 24$$

$$= 376.8 \text{ ตารางนิ้ว}$$

พ.ท. ของแท่งทรงกระบอก ๒ = สอดเข้า พ.ท. สูง + พ.ท. ถังหัว

$$= 2\pi r^2 + 2\pi r h$$

$$= \pi r \times [(2r) + (2h)]$$

$$= (3.14 \times 4) \times [(2 \times 4) + (2 \times 9)]$$

$$= 12.56 \times 24$$

$$= 301.44 \text{ ตารางนิ้ว}$$

∴ สอดเข้า พ.ท. สูง + พ.ท. ถังหัว

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบอย่างไร

การตรวจสอบโดยใช้หน่วย

$$\text{ที่ } 376.8 - \text{ที่ } 350 = 26.8 \text{ (ทศ.)}$$

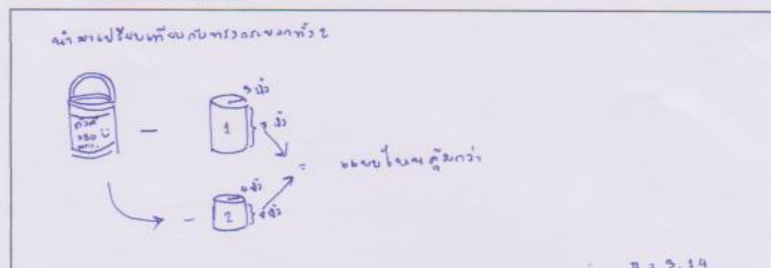
$$\text{ที่ } 350 - \text{ที่ } 301.44 = 48.56 \text{ (ทศ.)}$$

ใบกิจกรรมงานกลุ่มที่ A...เลขที่สมาชิกในกลุ่ม ... ๑๑.๑๖.๑๒.๑๕

15 / 6.๑ / ๒๕๖๔

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด



แสดงวิธีทำ: พ.ท. ปริมาตรของรูป ๑ คือ ปริมาตรของรูป ๑ + พ.ท. ปริมาตร

$$= \pi r^2 + \pi r h$$

$$= \pi r \times [(r) + (h)]$$

$$= (3.14 \times 5) \times [(2 \times 5) + (2 \times 7)]$$

$$= 15.7 \times (10 + 14)$$

$$= 15.7 \times 24$$

$$= 376.8 \text{ ตารางนิ้ว}$$

พ.ท. ปริมาตรของรูป ๒ คือ ปริมาตรของรูป ๒ + พ.ท. ปริมาตร

$$= \pi r^2 + \pi r h$$

$$= \pi r \times [(r) + (h)]$$

$$= (3.14 \times 4) \times [(2 \times 4) + (2 \times 9)]$$

$$= 12.56 \times 26$$

$$= 301.44 \text{ ตารางนิ้ว}$$

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล : ตรวจสอบคำตอบที่ได้จากภาพวาดของรูป ๑ และ ๒

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร

นำคำตอบที่ได้มาเทียบกับ

$$(1) 376.8 - (2) 350 = 26.8 \text{ (จาก)}$$

$$(3) 350 - (4) 301.44 = 48.56 \text{ (ผลต่าง)}$$

2. กิจกรรมงานคู่-กิจกรรมงานกลุ่ม (กลุ่ม B)

กิจกรรมงานคู่ที่ 1 (กลุ่ม B)

ใบกิจกรรมงานคู่ ชื่อ-สกุล ชั้น ๑/๑ เลขที่ ๑ ๑๖/๕๐/๕๖
ชื่อ-สกุล ชั้น ๑/๑ เลขที่ ๑๑

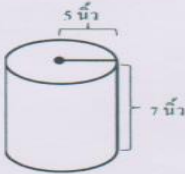
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก
ใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก

คำสั่ง ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ แล้วดำเนินการแก้ปัญหา และตอบคำถาม

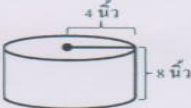
สถานการณ์ปัญหา

ตุ๊กตาต้องการทำสี่เหลี่ยมทรงกระบอก ซึ่งมีหน้าตัดและความสูงที่แตกต่างกัน
ดังรูป โดยหาอัตราส่วนพื้นที่ผิวของทรงกระบอกทั้งหมด และสี่ ๑ ถึง สามารถใช้หา
พื้นที่ผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว

แบบที่ 1 ทรงกระบอกโดยมีรัศมีที่ฐาน 5 นิ้ว และสูง 7 นิ้ว



แบบที่ 2 ทรงกระบอกโดยมีรัศมีที่ฐาน 4 นิ้ว และสูง 8 นิ้ว



ตุ๊กตาควรเลือกทำสี่เหลี่ยมทรงกระบอกแบบใด จึงจะคุ้มค่ากับกำไรหาที่ที่สุด
เพราะเหตุใด (กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งที่ย่อยกำหนดให้

จุดประสงค์ของทาสีเพื่อปรับปรุงทัศนียภาพ

แผนที่ 1 ร 3.5 น. ค. 7 น. ได้เงิน 3.14

แผนที่ 2 ร 3.4 น. ค. 8 น.

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

จุดประสงค์ของทาสีเพื่อปรับปรุงทัศนียภาพ

แผนที่ 1 ร 3.5 น. ค. 7 น. สี 1 สีสามารถได้ 250 บาท

แผนที่ 2 ร 3.4 น. ค. 8 น. สี 2 สีสามารถได้ 250 บาท

- สิ่งที่ย่อยต้องการทราบมีอะไรบ้าง

จุดประสงค์ของทาสีเพื่อปรับปรุงทัศนียภาพ

ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

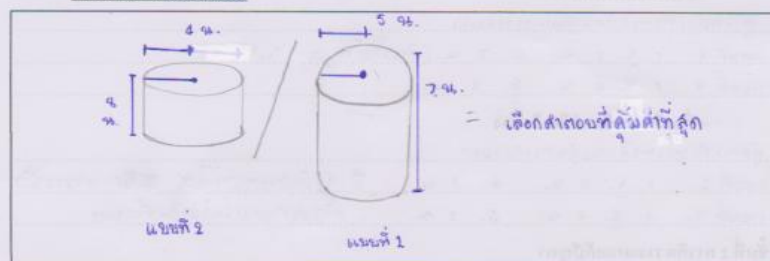
- มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร

1. หาพื้นที่ของภาพ

2. เลือกสีที่จะใช้

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบความคิด



แสดงวิธีทำ 1. พื้นที่ของถังบนที่ 1 = ส่วนของถังบนที่ 1 + พื้นที่ผิวข้าง

$$= 2\pi r^2 + 2\pi r h$$

$$= 2(3.14)(5^2) + 2(3.14)(5)(7)$$

$$= 157 + 219.8$$

$$= 376.8 \text{ ตารางเมตร}$$

2. พื้นที่ของถังบนที่ 2 = ส่วนของถังบนที่ 2 + พื้นที่ผิวข้าง

$$= 2\pi r^2 + 2\pi r h$$

$$= 2(3.14)(4^2) + 2(3.14)(4)(9)$$

$$= 100.48 + 226.08$$

$$= 326.56 \text{ ตารางเมตร}$$

ดังนั้น พื้นที่ของถังบนที่ 2 < พื้นที่ของถังบนที่ 1

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร

บนที่ 1 $376.8 > 350$ ตารางเมตร ไม่พอ

บนที่ 2 $326.56 < 350$ ตารางเมตร พอ

กิจกรรมงานคู่ที่ 2 (กลุ่ม B)

ใบกิจกรรมงานคู่

ชื่อ-สกุล

ชั้น ๕/๑ เลขที่ ๑๕

๑๕ / ๕.๑ / ๒๕๖๔

ชื่อ-สกุล

ชั้น ๕/๑ เลขที่ ๒๒

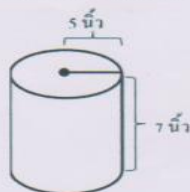
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก
ใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก

คำสั่ง ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ แล้วดำเนินการแก้ปัญหา และตอบคำถาม

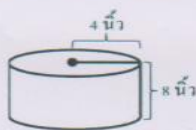
สถานการณ์ปัญหา

ตุ๊กตาต้องการทำถังเก็บน้ำทรงกระบอก ซึ่งมีหน้าตัดและความสูงที่แตกต่างกัน
ดังรูป โดยหาพื้นที่ผิวของถังเก็บน้ำทรงกระบอกทั้งหมด และหา ๑ ถัง สามารถใช้ทำ
พื้นที่ผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว

แบบที่ 1 ถังเก็บน้ำทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 5 นิ้ว และสูง 7 นิ้ว



แบบที่ 2 ถังเก็บน้ำทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 4 นิ้ว และสูง 8 นิ้ว



ตุ๊กตาควรเลือกทำถังเก็บน้ำทรงกระบอกแบบใด จึงจะคุ้มค่ากับค่าวัสดุที่สุด
เพราะเหตุใด (กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งที่ย่อยกำหนดให้

ศึกษาโจทย์การหาพื้นที่

โจทย์ที่ 1. หัวยี่สิบสองเหลี่ยมด้านเท่า ด้าน 5 นิ้ว สูง 4.3 นิ้ว
 โจทย์ที่ 2. หัวยี่สิบสองเหลี่ยมด้านเท่า ด้าน 4 นิ้ว สูง 3 นิ้ว (กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

ศึกษาโจทย์การหาพื้นที่
 โจทย์ที่ 1. หัวยี่สิบสองเหลี่ยมด้านเท่า ด้าน 5 นิ้ว สูง 4.3 นิ้ว
 โจทย์ที่ 2. หัวยี่สิบสองเหลี่ยมด้านเท่า ด้าน 4 นิ้ว สูง 3 นิ้ว (กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)

- สิ่งที่ย่อยต้องการทราบมีอะไรบ้าง

ศึกษาโจทย์การหาพื้นที่ของรูปทรงเรขาคณิต ซึ่งกำหนดให้พื้นที่

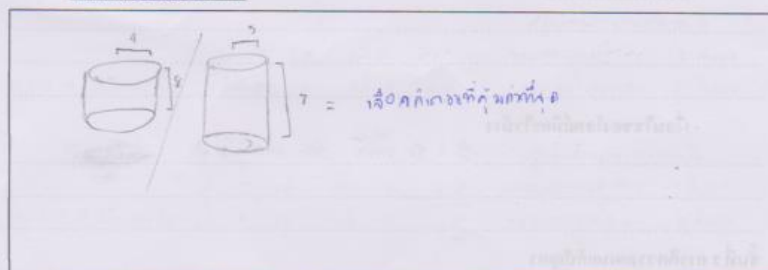
ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

- มีขั้นตอนการแก้ปัญหายังไง

เขียนโจทย์การหาพื้นที่

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด



แสดงวิธีทำ แนวที่ 1 พื้นที่ผิวของทรงกระบอก = พื้นผิวของฐาน + พื้นผิวข้าง
 $= 2\pi r^2 + 2\pi rh$ การวางมือ
 $= 2(3.14 \times 4^2) + 2(3.14 \times 4 \times 8)$
 $= 100.48 + 200.96$
 $= 301.44$ ตารางนิ้ว

แนวที่ 2 พื้นที่ผิวของทรงกระบอก = พื้นผิวของฐาน + พื้นผิวข้าง
 $= 2\pi r^2 + 2\pi rh$
 $= 2(3.14)(4^2) + 2(3.14)(4)(8)$
 $= 100.48 + 200.96$
 $= 301.44$ ตารางนิ้ว

ทั้ง 2 แนวเลือกค่าจากรัศมีค่าที่ ๘

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบอย่างไร

จำนวนที่ถูกต้อง
 คือ 1 ตัว สามารถทำได้ 301.44 ตารางนิ้ว
 แนวที่ 1 สามารถทำได้ 301.44 ตารางนิ้ว
 แนวที่ 2 สามารถทำได้ 301.44 ตารางนิ้ว
 แนวที่ 1 และ แนวที่ 2 หมายความว่าเหมือนกัน
 สรุปได้ว่า แนวที่ 2 ใช้ได้ค่าที่ถูกต้อง

กิจกรรมงานกลุ่ม (กลุ่ม B)

ใบกิจกรรมงานกลุ่ม...๕... เลขที่สมาชิกในกลุ่ม ๑/๑๑/๒๒ ๑๕/๑๑/๒๒

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

แนว 1 ด้าน 5 ซม. และด้าน 7 ซม.
แนว 2 ด้าน 4 ซม. และด้าน 3 ซม.
(กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

สิ่งที่ได้ หรือ กำหนดไว้ / 1 กว
ต้องการหาค่าอะไร
(กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

ศึกษาด้วยวิธีการหาค่าและคำนวณหาค่าที่ต้องการหาค่าตามโจทย์

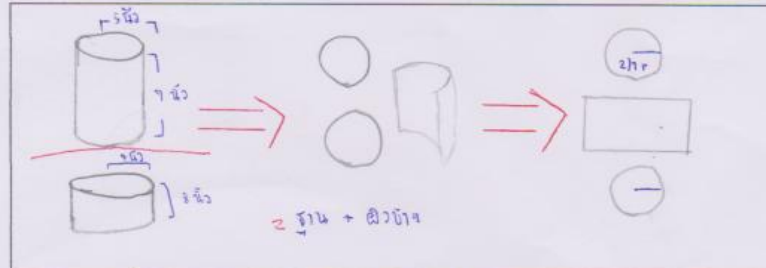
ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

- มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร

1. หาพื้นที่ของวงกลม
2. หาค่าพื้นที่ + พื้นที่ของวงกลม

ใบกิจกรรมงานกลุ่มที่ ๒ เลขที่สมาชิกในกลุ่ม ๑/๑/๑๖/๒๒ ๗๕ ๖๕ ๑/๒๕๖๔
 ชั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด



แสดงวิธีทำ 1. พื้นที่ผิวของทึบรูปทรงกระบอกของขนาดที่ 1 = ฐาน + ผิวข้าง

$$= 2\pi r^2 + \pi r h$$

$$= 2(3.14)(5^2) + 2(3.14)(5)(7)$$

$$= 157 + 219.8$$

$$= 376.8 \text{ ตารางนิ้ว}$$

2. พื้นที่ผิวของทึบรูปทรงกระบอกของขนาดที่ 2 = ฐาน + ผิวข้าง

$$= 2\pi r^2 + 2\pi r h$$

$$= 2(3.14)(4^2) + 2(3.14)(4)(3)$$

$$= 100.48 + 200.96$$

$$= 301.44 \text{ ตารางนิ้ว}$$

∴ ผลลัพธ์การเปรียบเทียบขนาดที่ 1

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร

ผลลัพธ์ที่คำนวณได้

ขนาดที่ 1. ได้ผลลัพธ์เท่ากับ 376.8 ตารางนิ้ว

ขนาดที่ 2. ได้ผลลัพธ์เท่ากับ 301.44 ตารางนิ้ว

มี 1 คน ทดสอบได้เกิน 350 ตารางนิ้ว

ขนาดที่ 1. ทดสอบได้ 376.8 > 350 ตารางนิ้ว สรุป สหกรณ์ทำไม่พอ

ขนาดที่ 2. ทดสอบได้ 301.44 < 350 ตารางนิ้ว สรุป สหกรณ์ทำพอ

3. กิจกรรมงานคู่-กิจกรรมงานกลุ่ม (กลุ่ม C)

กิจกรรมงานคู่ที่ 1 (กลุ่ม C)

ใบกิจกรรมงานคู่ ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....
ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

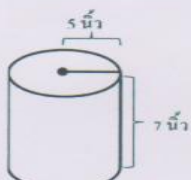
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก
ใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก

คำสั่ง ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ แล้วดำเนินการแก้ปัญหา และตอบคำถาม

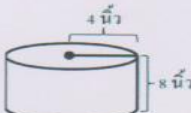
สถานการณ์ปัญหา

ตุ๊กตาต้องการหาพื้นที่ของแท่งปูนทรงกระบอก ซึ่งมีหน้าตัดและความสูงที่แตกต่างกัน ดังรูป โดยหาสิรรอบพื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกทั้งหมด และสี 1 ถึง สามารถใช้หาพื้นที่ผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว

แบบที่ 1 แท่งปูนทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 5 นิ้ว และสูง 7 นิ้ว



แบบที่ 2 แท่งปูนทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 4 นิ้ว และสูง 8 นิ้ว



ตุ๊กตาควรเลือกหาพื้นที่ของแท่งปูนทรงกระบอกแบบใด ซึ่งจะคุ้มค่ากับการหาพื้นที่ที่สุด เพราะเหตุใด (กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งที่ย่อยกำหนดให้

1. หาหาผลบวกของ ๑๓๐... คือ มีสิ่งที่จะใส่ไว้ ๑๓๐... ๒. วิจัยผลบวก ๑๓๐... ๓. วิจัย
2. หาหาผลบวกของ ๑๓๐... คือ มีสิ่งที่จะใส่ไว้ ๑๓๐... 4. วิจัยผลบวก ๑๓๐... ๕. วิจัย

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

ต้องนำสิ่งที่จะใส่ไว้ ๑๓๐... คือ มีสิ่งที่จะใส่ไว้ ๑๓๐...
จากสิ่งที่จะใส่ไว้ ๑๓๐... คือ มีสิ่งที่จะใส่ไว้ ๑๓๐...

- สิ่งที่ย่อยต้องการทราบมีอะไรบ้าง

สิ่งที่ต้องการทราบมีอะไรบ้าง... คือ มีสิ่งที่จะใส่ไว้ ๑๓๐... คือ มีสิ่งที่จะใส่ไว้ ๑๓๐...

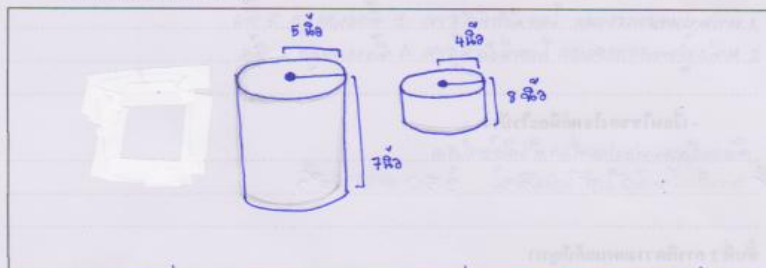
ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

- มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร

1. หาหาผลบวกของ ๑๓๐... คือ มีสิ่งที่จะใส่ไว้ ๑๓๐...
2. หาหาผลบวกของ ๑๓๐... คือ มีสิ่งที่จะใส่ไว้ ๑๓๐...
๓. หาหาผลบวกของ ๑๓๐... คือ มีสิ่งที่จะใส่ไว้ ๑๓๐...

ขั้นที่ 3 การคำนวณการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด



แสดงวิธีทำ 1. พื้นที่ผิวของผนังจากฐานถึงด้านบนของผนัง 1 = พื้นที่ผิวข้าง + พื้นที่ผิวหัว

$$= 2\pi r^2 + 2\pi rh$$

$$= 2(3.14)(5^2) + 2(3.14)(5)(7)$$

$$= 157 + 219.8$$

$$= 376.8 \text{ ตารางดี.ม.}$$

2. พื้นที่ผิวของผนังจากฐานถึงด้านบนของผนัง 2

$$= \text{พื้นที่ผิวข้าง} + \text{พื้นที่ผิวหัว}$$

$$= 2\pi r^2 + 2\pi rh$$

$$= 2(3.14)(4^2) + 2(3.14)(4)(3)$$

$$= 100.48 + 75.36$$

$$= 175.84 \text{ ตารางดี.ม.}$$

พื้นที่ผิวทั้งหมด = พื้นที่ผิวของผนังจากฐานถึงด้านบนของผนัง 1 + ผนัง 2

$$\text{ผนัง 1 } 350 - 376.8 = -26.8 \text{ (เสียพื้นที่)}$$

$$\text{ผนัง 2 } 350 - 175.84 = 174.16 \text{ (พื้นที่)}$$

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร

$$\text{ผนัง 1 } 350 - 376.8 = -26.8 \text{ (เสียพื้นที่)}$$

$$\text{ผนัง 2 } 350 - 175.84 = 174.16 \text{ (พื้นที่)}$$

กิจกรรมงานคู่ที่ 2 (กลุ่ม C)

ใบกิจกรรมงานคู่ ชื่อ-สกุล..... ชั้น 2/1 เลขที่ 29 15/09/2564
ชื่อ-สกุล..... ชั้น 2/1 เลขที่ 29

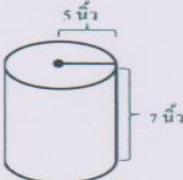
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก
ใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง การหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอก

คำสั่ง ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ แล้วดำเนินการแก้ปัญหา และตอบคำถาม

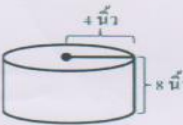
สถานการณ์ปัญหา

ตุ๊กตาต้องการหาดีแท่งปูนทรงกระบอก ซึ่งมีหน้าตัดและความสูงที่แตกต่างกัน
ดังรูป โดยหาดีรอบพื้นที่ผิวของแท่งปูนทรงกระบอกทั้งหมด และสี 1 ถึง สามารถใช้หาดี
พื้นผิวได้ไม่เกิน 350 ตารางนิ้ว

แบบที่ 1 แท่งปูนทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 5 นิ้ว และสูง 7 นิ้ว



แบบที่ 2 แท่งปูนทรงกระบอก โดยมีรัศมีที่ฐาน 4 นิ้ว และสูง 8 นิ้ว



ตุ๊กตาควรเลือกหาดีแท่งปูนทรงกระบอกแบบใด จึงจะคุ้มค่ากับค่ารหาดีที่สุด
เพราะเหตุใด (กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

1. สี่เหลี่ยม สี่เหลี่ยมจัตุรัส มีด้านยาว 350 นิ้ว
2. แบ่งที่ 1 แบ่งเป็น 4 ส่วน 5 นิ้ว ส่วน 7 นิ้ว
3. แบ่งที่ 2 แบ่งเป็น 4 ส่วน 4 นิ้ว ส่วน 8 นิ้ว
4. กำหนดให้ 1 และ 2

- เรือนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

1. สี่เหลี่ยม สี่เหลี่ยมจัตุรัส มีด้านยาว 350 นิ้ว
2. แบ่งที่ 1 แบ่งเป็น 4 ส่วน 5 นิ้ว ส่วน 7 นิ้ว
3. แบ่งที่ 2 แบ่งเป็น 4 ส่วน 4 นิ้ว ส่วน 8 นิ้ว
4. กำหนดให้ 1 และ 2

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

1. ถึงสองเหลี่ยมแบ่งเป็น 4 ส่วนจะเท่าไร
2. กำหนดให้ 1 และ 2

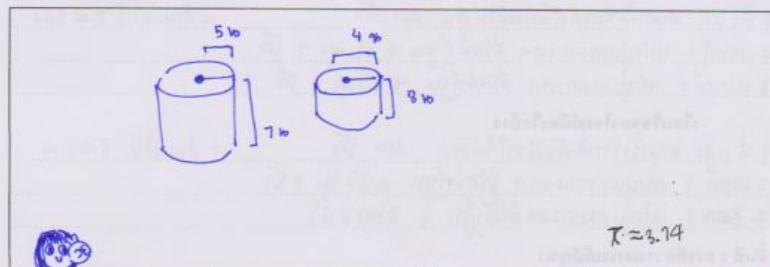
ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

- มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร

1. แบ่งเป็น 4 ส่วน 5 นิ้ว ส่วน 7 นิ้ว
2. แบ่งเป็น 4 ส่วน
3. แบ่งเป็น 4 ส่วน 4 นิ้ว ส่วน 8 นิ้ว

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด



แสดงวิธีทำ 1. พหุนามของทรงกระบอกนอก = พื้นที่ฐาน + พื้นที่ผิวข้าง

$$= 2\pi r^2 + 2\pi rh$$

$$= 2(3.14)(5)(5) + 2(3.14)(5)(7)$$

$$= 157 + 219.8$$

$$= 376.8 \text{ ตารางนิ้ว}$$

2 พหุนามของทรงกระบอกใน = พื้นที่ฐาน + พื้นที่ผิวข้าง

$$= 2\pi r^2 + 2\pi rh$$

$$= 2(3.14)(4)(4) + 2(3.14)(4)(8)$$

$$= 100.48 + 200.96$$

$$= 301.44 \text{ ตารางนิ้ว}$$

พื้นที่ต่าง = พื้นที่ของทรงกระบอกนอก - พื้นที่ของทรงกระบอกใน

แทนที่ 1 $350 - 376.8 = -26.8$ (ลบค่า)

แทนที่ 2 $350 - 301.44 = 48.56$ (บวก) $\Rightarrow$ ควรเลือกทรงกระบอกนอกแทนที่ 2.

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบอย่างไร

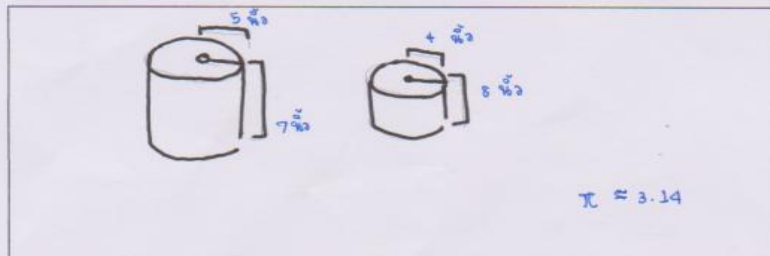
แทนที่ 1 $350 - 376.8 = -26.8$ (ลบค่า)

แทนที่ 2 $350 - 301.44 = 48.56$ (บวก)

ใบกิจกรรมงานกลุ่มที่ C... เลขที่สมาชิกในกลุ่ม ... 10, 13, 23, 24 ... 15 / ธ.ค. / 2566

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด



แสดงวิธีทำ 1. พื้นที่ผิวของรูปทรงกระบอก = ผลรวมของพื้นที่ผิวข้าง + พื้นที่ผิวหัว

$$= 2\pi r^2 + 2\pi rh$$

$$= 2(3.14)(5)^2 + 2(3.14)(5)(7)$$

$$= 157 + 219.8$$

$$= 376.8 \text{ ตารางเซนติเมตร}$$
2. พื้นที่ผิวของรูปทรงกระบอก = ผลรวมของพื้นที่ผิวข้าง + พื้นที่ผิวหัว

$$= 2\pi r^2 + 2\pi rh$$

$$= 2(3.14)(4)^2 + 2(3.14)(4)(8)$$

$$= 100.48 + 200.96$$

$$= 301.44 \text{ ตารางเซนติเมตร}$$
พื้นที่ผิวที่น้อยกว่า - พื้นที่ผิวของรูปทรงกระบอกแบบที่ 1 และ 2 แบบที่ 2
แบบที่ 1: $350 - 376.8 = -26.8$ (เสียเงิน)
แบบที่ 2: $350 - 301.44 = 48.56$ (คุ้ม) * ควรเลือกทำรูปทรงกระบอกแบบที่ 2

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร

แบบที่ 1 $350 - 376.8 = -26.8$ (เสียเงิน)
 แบบที่ 2 $350 - 301.44 = 48.56$ (คุ้ม)

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

โรงเรียนกุเวียงวิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น

ชื่อ-นามสกุล.....เลขที่.....ชั้น.....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้ผู้จัดสร้างขึ้น เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)
ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ
ดังตารางต่อไปนี้

องค์ประกอบ	ประกอบด้วยข้อที่	รวม (จำนวนข้อ)
1. ความรู้ความจำ (Computation)	1	1
2. ความเข้าใจ (Comprehension)	2, 3, 4, 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17	10
3. การนำไปใช้ (Application)	5, 9, 10, 14, 15, 18, 20	7
4. การวิเคราะห์ (Analysis)	6, 19	2
รวม		20

2. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก มีทั้งหมด 6 หน้า จำนวน 20 ข้อ
ข้อละ 1 คะแนน ใช้เวลาทำ 60 นาที

- ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล เลขที่ และชั้น ลงในแบบทดสอบให้เรียบร้อย
- ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวลงในกระดาษคำตอบ
- ห้ามใช้เครื่องคิดคำนวณและเครื่องมือสื่อสารทุกชนิดในระหว่างการสอบ

นายเอกพงษ์ เหมะธูลิน

นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

1) ข้อใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้อง

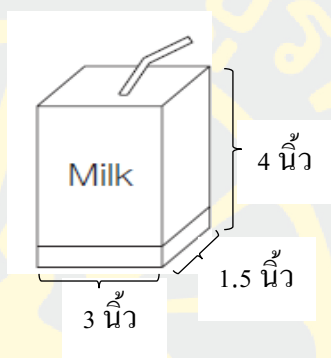
1. รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากประกอบด้วยรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าขนาดเท่ากัน 2 รูป และรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากขนาดเท่ากัน 3 รูป

2. รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากประกอบด้วยรูปห้าเหลี่ยมด้านเท่าขนาดเท่ากัน 2 รูป และหน้าข้างรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากขนาดเท่ากัน 5 รูป

3. มีปริซึมตรงมีส่วนประกอบ ได้แก่ ยอด สัน ส่วนสูง หน้าข้าง ฐาน และเซนทรอยด์

4. รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากประกอบด้วยรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก 6 รูป

2) นมกล่องนี้มีพื้นที่ผิวกี่ตารางเซนติเมตร



1. 24 ตารางนิ้ว

2. 36 ตารางนิ้ว

3. 45 ตารางนิ้ว

4. 52 ตารางนิ้ว

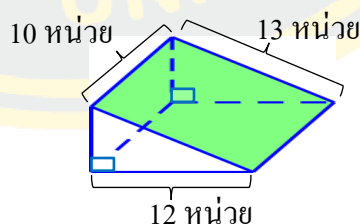
3) ถ้าพื้นที่ผิวของลูกบาศก์เป็น 96 ตารางนิ้ว แล้วลูกบาศก์นี้จะมีคามยาวด้านละกี่นิ้ว

1. 4 นิ้ว

2. 5 นิ้ว

3. 16 นิ้ว

4. 25 นิ้ว



4) ปริซึมนี้มีพื้นที่ผิวตรงกับข้อใด

1. 200 ตารางหน่วย

2. 300 ตารางหน่วย

3. 360 ตารางหน่วย

4. 400 ตารางหน่วย

5) แม่ต้องการทำกล่องกระดาษทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยใช้กระดาษกาวปิดรอยต่อให้ได้กล่องมีขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร สูง 8 เซนติเมตร และมีฝากล่องพอดีขอบ แม่จะต้องใช้ กระดาษทำกล่องอย่างน้อยกี่ตารางเซนติเมตร

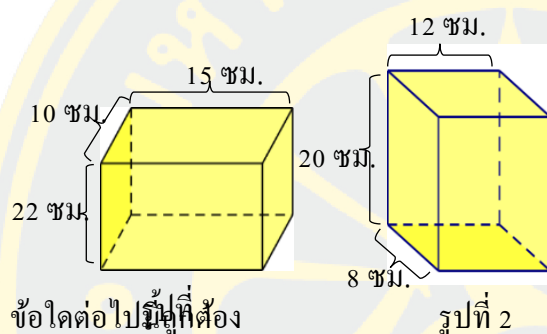
1. 600 ตารางเซนติเมตร

2. 700 ตารางเซนติเมตร

3. 800 ตารางเซนติเมตร

4. 900 ตารางเซนติเมตร

6) เด็กชายเอกต้องการห่อกล่องของขวัญ 2 ใบ โดยห่อปิดทุกด้านของกล่อง ดังรูป



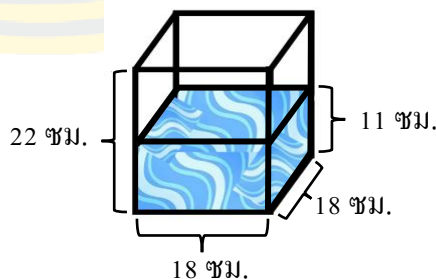
1. ขนาดของกระดาษกระดาษที่ใช้ห่อกล่องของขวัญรูปที่ 1 มากกว่าขนาดของกระดาษกระดาษที่ใช้ห่อกล่องของขวัญรูปที่ 2

2. ขนาดของกระดาษที่ใช้ห่อกล่องของขวัญ รูปที่ 2 มากกว่าขนาดของกระดาษที่ใช้ห่อกล่องของขวัญรูปที่ 1

3. เด็กชายเอกควรเลือกห่อกล่องของขวัญ รูปที่ 1 เพราะจะได้ประหยัดกว่า

4. ขนาดของกระดาษที่ใช้ห่อกล่องของขวัญ รูปที่ 1 และรูปที่ 2 ไม่แตกต่างกัน

7) ถังน้ำรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากมีฐานยาวด้านนละ 18 เซนติเมตร สูง 22 เซนติเมตร ถ้าใส่น้ำลงในถังสูง 11 เซนติเมตร ปริมาตรของน้ำในถังเป็นเท่าไร

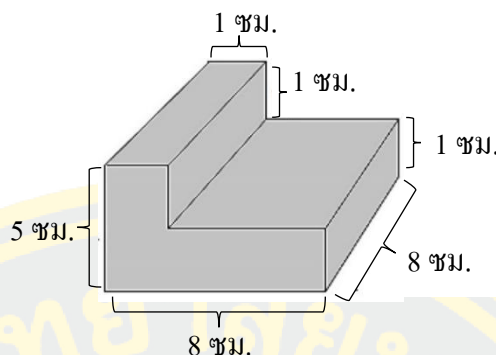


1. 3,560 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. 3,564 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3. 3,565 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4. 3,570 ลูกบาศก์เซนติเมตร



8) จากรูป รูปทรงที่กำหนดให้มีปริมาตรเท่าไร

1. 96 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. 108 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. 120 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. 132 ลูกบาศก์เซนติเมตร

9) อ่างเก็บน้ำทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากยาว 20 เมตร และกว้าง 12 เมตร ถ้าต้องการเก็บน้ำไว้ในอ่าง 1,920 ลูกบาศก์เมตร ระดับน้ำจะต้องสูงจากก้นอ่างกี่เมตร

1. 5 เมตร
2. 6 เมตร
3. 8 เมตร
4. 9 เมตร

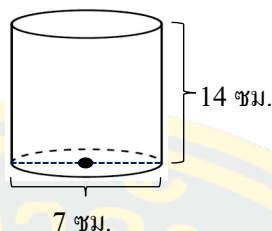
10) พิมพ์สั่งทำกล่องใส่ขนมเค้กที่มีขนาดดังรูป โดยให้ข้างกล่องและฝากล่องห่างจากตัวเนื้อเค้ก 1 เซนติเมตร ทุกด้าน กล่องขนมเค้กจะมีปริมาตรเท่าไร



1. 150 ลบ.ซม.
2. 200 ลบ.ซม.
3. 210 ลบ.ซม.
4. 240 ลบ.ซม.

11) ทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลางของฐานยาว 7 เซนติเมตร และสูง 14 เซนติเมตร ทรงกระบอกนี้มีพื้นที่ผิวข้างตรงกับข้อใด

(กำหนดให้ $\pi \approx \frac{22}{7}$)



1. 308 ตารางเซนติเมตร

2. 345 ตารางเซนติเมตร

3. 420 ตารางเซนติเมตร

4. 550 ตารางเซนติเมตร

12) ครอบงวนน้ำอ้ดลมทรงกระบอกมีพื้นที่ผิวข้าง 308 ตารางเซนติเมตร ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของฐานยาว 7 เซนติเมตร ครอบงวนน้ำอ้ดลมนี้มีความสูงกี่เซนติเมตร (กำหนดให้ $\pi \approx \frac{22}{7}$)

1. 5.25 เซนติเมตร

2. 10 เซนติเมตร

3. 12 เซนติเมตร

4. 14 เซนติเมตร

13) ครอบงวนสี่ทรงกระบอกมีรัศมีของฐานยาว 7 เซนติเมตร สูง 35 เซนติเมตร ครอบงวนสี่จะมีพื้นที่ผิวภายนอกทั้งหมดเท่าไร (กำหนดให้ $\pi \approx \frac{22}{7}$)

1. 1,540 ตารางเซนติเมตร

2. 1,694 ตารางเซนติเมตร

3. 1,704 ตารางเซนติเมตร

4. 1,848 ตารางเซนติเมตร

14) แทงค้่นน้ำคอนกรีตของโรงเรียนทรงกระบอกจำนวน 2 ถัง มีเส้นผ่านศูนย์กลางของฐานยาว 2 เมตรและสูง 5 เมตร ต้องการทาสีภายนอกทั้งหมด โดยต้องจ่ายค่าทาสี ตารางเมตรละ 70 บาท อยากทราบว่าจะต้องเสียค่าทาสีประมาณกี่บาท โดยที่ไม่ทาสิบริเวณก้นถังด้านนอก

1. 2,280 บาท

2. 2,100 บาท

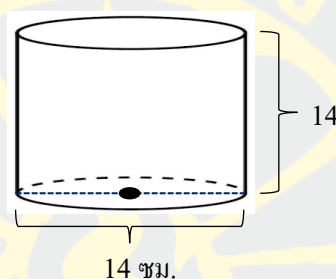
3. 3,040 บาท

4. 33,00 บาท

15) ถังใส่ข้าวเปลือกทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลางของฐานยาว 6 เมตร สูง 9 เมตร ต้องการทาสีภายนอกทั้งหมดยกเว้นปากถัง จะต้องใช้สีกี่แกลลอน ถ้าสี 1 แกลลอน ทาได้ 44 ตารางเมตร

(กำหนดให้ $\pi \approx \frac{22}{7}$)

1. 4 แกลลอน
2. 4.5 แกลลอน
3. 5 แกลลอน
4. 5.5 แกลลอน



16) ทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลางของฐานยาว 14 เซนติเมตร และมีความสูง 14 เซนติเมตร ทรงกระบอกนี้มีปริมาตรตรงกับข้อใด

1. 686π ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. 690π ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. 695π ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. 698π ลูกบาศก์เซนติเมตร

17) ถังน้ำทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของฐานยาว 14 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร

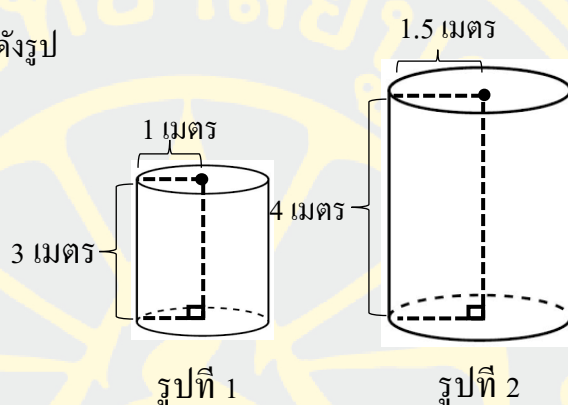
ใส่น้ำเพียงหนึ่งในสี่ของถัง ปริมาตรของน้ำในถังมีกี่ลูกบาศก์เมตร (กำหนดให้ $\pi \approx \frac{22}{7}$)

1. 140 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. 770 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. 1,440 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. 3,080 ลูกบาศก์เซนติเมตร

18) แท่งค้ำน้ำทรงกระบอกขนาดใหญ่ มีรัศมีของฐานยาว 7 เมตร สูง 7.5 เมตร ถ้าตักใส่น้ำในแท่งค้ำน้ำนี้ 693 ลูกบาศก์เมตร ผิวน้ำจะอยู่ต่ำกว่าปากแท่งค้ำน้ำกี่เมตร (กำหนดให้ $\pi \approx \frac{22}{7}$)

1. 1.5 เมตร
2. 2 เมตร
3. 2.5 เมตร
4. 3 เมตร

19) เติมน้ำให้เต็มถึงเก็บน้ำ ดังรูป



พิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. ปริมาณของน้ำในถังเก็บน้ำรูปที่ 1 และถังเก็บน้ำรูปที่ 2 รวมกันเท่ากับ 12π ลูกบาศก์เมตร

ข. ปริมาณของน้ำในถังเก็บน้ำรูปที่ 2 เป็นสองเท่าของปริมาณของน้ำในถังเก็บน้ำรูปที่ 1

ข้อใดถูกต้อง

1. ข้อ ก. และข้อ ข. ถูกต้อง
2. ข้อ ก. และข้อ ข. ไม่ถูกต้อง
3. ข้อ ก. ถูกต้อง และข้อ ข. ไม่ถูกต้อง
4. ข้อ ก. ไม่ถูกต้อง และข้อ ข. ถูกต้อง

20) ถักดัดกระดาษทำกล่องใส่ขนมเค้กเป็นรูปทรงกระบอก โดยที่ขนมเค้กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว สูง 2.5 นิ้ว ถักต้องทำกล่องที่มีปริมาตรเท่าใด โดยให้ข้างกล่องและฝากล่องห่างจาก

ตัวเนื้อเค้ก 1.5 นิ้วทุกด้าน (กำหนดให้ $\pi \approx \frac{22}{7}$)

1. 154 ลูกบาศก์นิ้ว
2. 169 ลูกบาศก์นิ้ว
3. 160 ลูกบาศก์นิ้ว
4. 256 ลูกบาศก์นิ้ว

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น

ชื่อ-นามสกุล.....เลขที่.....ชั้น.....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

2. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัย (แสดงวิธีทำ) มีทั้งหมด 10 หน้า จำนวน 5 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน ใช้เวลาทำ 60 นาที

3. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล เลขที่ และชั้น ลงในแบบทดสอบให้เรียบร้อย

4. ให้นักเรียนแสดงวิธีคิดหรือวิธีทำลงในแบบทดสอบ ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา (Polya) 4 ขั้นตอน ดังนี้

4.1 ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา (2 คะแนน)

4.2 ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา (3 คะแนน)

4.3 ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน (3 คะแนน)

4.4 ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล (2 คะแนน)

รวม 50 คะแนน

5. ห้ามใช้เครื่องคิดคำนวณและเครื่องมือสื่อสารทุกชนิดในระหว่างการสอบ

นายเอกพงษ์ เหมะภูลิน

นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

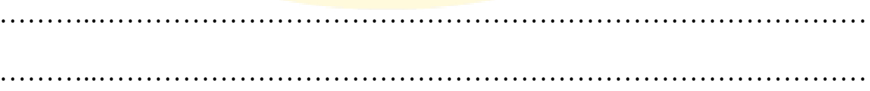
วาดภาพประกอบการคิด

แสดงวิธีทำ.....

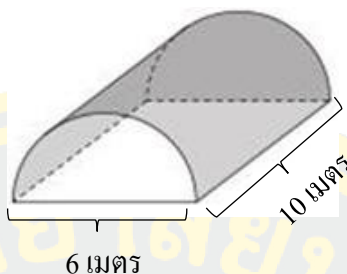
A large, faint, light blue watermark of the University of Birmingham logo is centered in the background. The logo is circular, featuring a stylized sunburst or wheel design in the center, surrounded by the text 'UNIVERSITY OF BIRMINGHAM' in a circular arrangement.

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร



2) หลังคาผ้าใบของเต็นท์มีลักษณะเป็นทรงกระบอกผ่าครึ่งคลุมพื้นดินได้กว้าง 6 เมตร ยาว 10 เมตร จะต้องใช้ผ้าใบทำหลังคาอย่างน้อยกี่ตารางเมตร โดยที่คลุมรอบเต็นท์ทั้งหมด (กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)



ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

- มีขั้นตอนการแก้ปัญหอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด

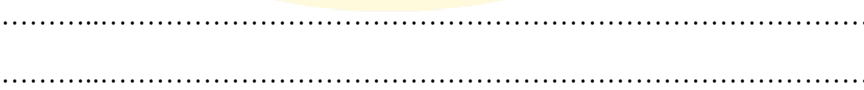
วิทยาลัยสงฆ์

แสดงวิธีทำ.....



ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร



3) ปิ๊บน้ำมันพืชทรงสี่เหลี่ยมใบหนึ่งมีฐานเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสยาวด้านละ 30 เซนติเมตร ปิ๊บสูง 50 เซนติเมตร บรรจุน้ำมันพืชไว้เต็มปิ๊บพอดี ถ้าต้องการบรรจุน้ำมันพืชใส่ถุง ถุงละ 0.75 ลิตร จนนมดปิ๊บ จะได้น้ำมันพืชอย่างมากกี่ถุง

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

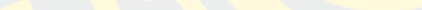
- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

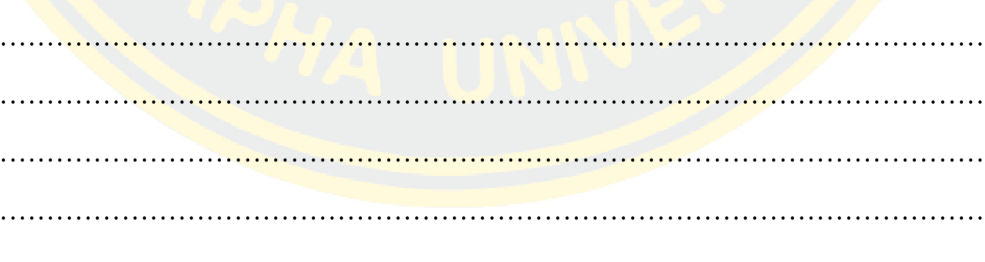


- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง



ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

- มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร



Alpha University

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด

วิทยาลัยสงฆ์

แสดงวิธีทำ.....



ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

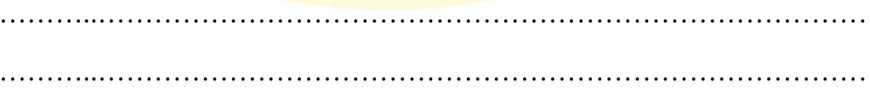
วาดภาพประกอบการคิด

แสดงวิธีทำ

A large, faint, light blue watermark of the University of Birmingham logo is centered in the background. The logo is circular, featuring a stylized sunburst or wheel design in the center, with the words "UNIVERSITY OF BIRMINGHAM" written around the perimeter.

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร



ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด

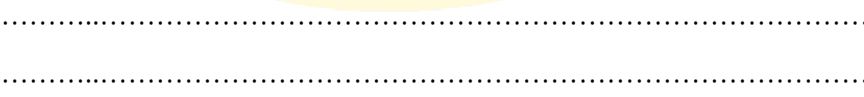
วิทยาลัยสงฆ์

แสดงวิธีทำ.....



ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร



เฉลยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น

ชื่อ-นามสกุล.....เลขที่.....ชั้น.....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)
ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

2. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัย (แสดงวิธีทำ) มีทั้งหมด 10 หน้า จำนวน 5 ข้อ
ข้อละ 4 คะแนน ใช้เวลาทำ 60 นาที

3. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล เลขที่ และชั้น ลงในแบบทดสอบให้เรียบร้อย

4. ให้นักเรียนแสดงวิธีคิดหรือวิธีทำลงในแบบทดสอบ ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพล
ยา (Polya) 4 ขั้นตอน ดังนี้

4.1 ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา (2 คะแนน)

4.2 ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา (3 คะแนน)

4.3 ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน (3 คะแนน)

4.4 ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล (2 คะแนน)

รวม 50 คะแนน

5. ห้ามใช้เครื่องคิดคำนวณและเครื่องมือสื่อสารทุกชนิดในระหว่างการสอบ

นายเอกพงษ์ เหมะภูลิน

นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

1) ห้องเรียนกว้าง 6 เมตร ยาว 9 เมตร สูง 4 เมตร ต้องการทาสีห้องเรียนใหม่ (ไม่ทาสีเพดาน และพื้นห้อง) จะต้องจ่ายเงินค่าทาสีกี่บาท เมื่อค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

1) ห้องเรียนกว้าง 6 เมตร ยาว 9 เมตร สูง 4 เมตร

2) ค่าทาสีตารางเมตรละ 50 บาท

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

ไม่ทาสีเพดาน และพื้นห้อง

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

ค่าใช้จ่ายในการทาสีห้องเรียน

ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

- มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร

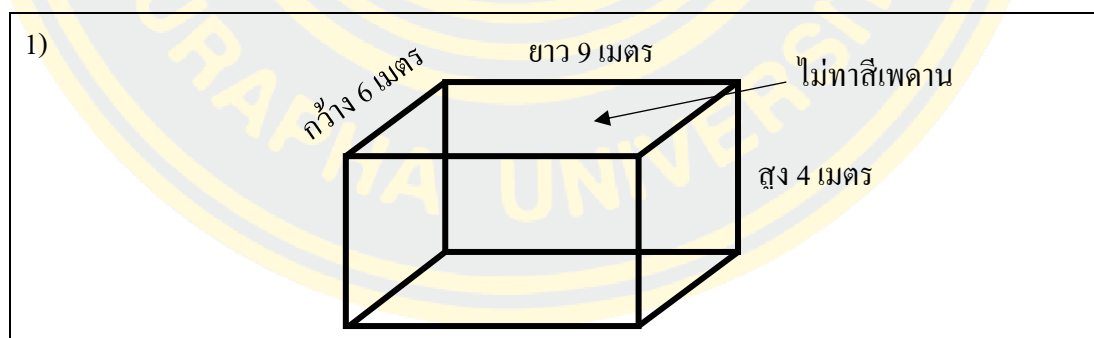
1) วาดรูปห้องเรียนขนาดตามสิ่งที่โจทย์กำหนดและเงื่อนไขของโจทย์

2) หาพื้นที่ผิวข้างของห้องเรียน (ผนังห้องเรียน)

3) คำนวณราคาค่าทาสีต่อตารางเมตร

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด



แสดงวิธีทำ

2) พื้นที่ผิวข้างของห้องเรียน (ผนังห้องเรียน) = กว้าง × ยาว

$$= (6 \times 4 \times 2) + (9 \times 4 \times 2)$$

$$= 48 + 72$$

$$= 120 \text{ ตารางเมตร}$$

จะได้ พื้นที่ทั้งหมดที่ใช้ในการทาสีผนังห้องเรียนเท่ากับ 120 ตารางเมตร

$$\begin{aligned} 3) \text{ ค่าใช้จ่ายในการทาสีผนังห้องเรียน} &= \text{พื้นที่ผนังห้องทั้งหมด} \times \text{ราคาค่าสีต่อตารางเมตร} \\ &= 120 \times 50 = 6,000 \text{ บาท} \end{aligned}$$

ดังนั้น จะต้องจ่ายเงินค่าทาสีผนังห้องเรียน เท่ากับ 6,000 บาท

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร

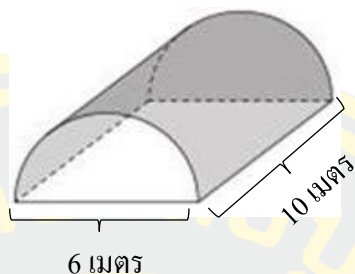
$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายในการทาสีผนังห้องเรียน} &= \text{พื้นที่ผนังห้องทั้งหมดที่ใช้ในการทาสี} \times \text{ราคา} \\ &\hspace{15em} \text{ค่าทาสีต่อตารางเมตร} \end{aligned}$$

$$\frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการทาสีผนังห้องเรียน}}{\text{ราคาค่าทาสีต่อตารางเมตร}} = \text{พื้นที่ผนังห้องทั้งหมดที่ใช้ในการทาสี}$$

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ผนังห้องทั้งหมดที่ใช้ในการทาสี} &= 6,000 \div 50 \\ &= 120 \text{ ตารางเมตร} \end{aligned}$$

ดังนั้น พื้นที่ผนังห้องทั้งหมดที่ใช้ในการทาสีเท่ากับ 120 ตารางเมตร

- 2) หลังคาผ้าใบของเต็นท์มีลักษณะเป็นทรงกระบอกผ่าครึ่งคลุมพื้นดิน ได้กว้าง 6 เมตร ยาว 10 เมตร จะต้องใช้ผ้าใบทำหลังคาอย่างน้อยกี่ตารางเมตร โดยที่คลุมรอบเต็นท์ทั้งหมด (กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$)



ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- 1) หลังคาผ้าใบของเต็นท์ที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกผ่าครึ่งคลุมพื้นดิน ได้กว้าง 6 เมตร ยาว 10 เมตร
- 2) กำหนดให้ $\pi \approx 3.14$

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

ผ้าใบของเต็นท์คลุมรอบเต็นท์ทั้งหมด

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

ต้องใช้ผ้าใบทำหลังคาเต็นท์อย่างน้อยกี่ตารางเมตร

ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

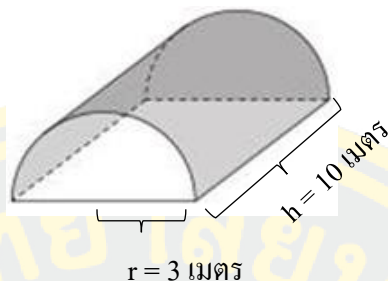
- มีขั้นตอนการแก้ปัญหายังไร

- 1) วาดรูปเต็นท์ตามสิ่งที่โจทย์กำหนดและเงื่อนไขของโจทย์
- 2) หารัศมีของประตูเต็นท์รูปทรงกระบอก
- 3) หาพื้นที่ผิวข้างของเต็นท์รูปทรงกระบอกที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกผ่าครึ่ง
- 4) หาพื้นฐานของเต็นท์ทั้งสองด้านที่คิดพื้นที่ฐานเป็นครึ่งวงกลม (ประตูเต็นท์)
- 5) นำพื้นที่ผิวข้างและพื้นที่ฐานของเต็นท์รูปทรงกระบอกมารวมกันเท่ากับขนาดของผ้าใบ เต็นท์

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด

1)



แสดงวิธีทำ

$$\begin{aligned}
 2) \text{ พื้นที่ผิวข้างของเต็นท์} &= \frac{2\pi rh}{2} \\
 &= \frac{2(3.14)(3)(10)}{2} \\
 &= 94.2 \text{ ตารางเมตร}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \text{ พื้นฐานของเต็นท์} &= \frac{2\pi r^2}{2} \\
 &= \frac{2(3.14)(3)^2}{2} \\
 &= 14.13 \text{ ตารางเมตร}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น จะต้องใช้ผ้าใบทำหลังคาอย่างน้อยเท่ากับ $94.2 + 14.13 = 108.33$ ตารางเมตร

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร

$$\begin{aligned}
 1) \text{ พื้นที่ผิวข้างของเต็นท์รูปทรงกระบอก} &= 2\pi rh = 2(3.14)(3)(10) \\
 &= 188.4 \text{ ตารางเมตร} \\
 2) \text{ พื้นฐานของทรงกระบอก} &= \pi r^2 = (3.14)(3)^2 \\
 &= 28.26 \text{ ตารางเมตร}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ผ้าใบที่ใช้ทำหลังคาเต็นท์เท่ากับ $216.66 \div 2 = 108.33$ ตารางเซนติเมตร

3) ปิ๊บน้ำมันพืชทรงสี่เหลี่ยมใบหนึ่งมีฐานเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสยาวด้านละ 30 เซนติเมตร
 ปิ๊บสูง 50 เซนติเมตร บรรจุน้ำมันพืชไว้เต็มปิ๊บพอดี ถ้าต้องการบรรจุน้ำมันพืชใส่ถุง
 ถุงละ 0.75 ลิตร จนหมดปิ๊บ จะได้น้ำมันพืชอย่างมากที่สุดกี่ถุง

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- 1) ปิ๊บน้ำมันพืชทรงสี่เหลี่ยมใบหนึ่งมีฐานเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสยาวด้านละ 30 เซนติเมตร
 ปิ๊บสูง 50 เซนติเมตร
- 2) ถุงน้ำมันพืชขนาด 0.75 ลิตร

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

ถุงน้ำมันพืชแต่ละถุงต้องบรรจุน้ำมันพืชใส่ถุง ถุงละ 0.75 ลิตร จนหมดปิ๊บ

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

ถ้าต้องการบรรจุน้ำมันพืชใส่ถุง ถุงละ 0.75 ลิตร จนหมดปิ๊บ จะได้น้ำมันพืชอย่างมากที่สุดกี่ถุง

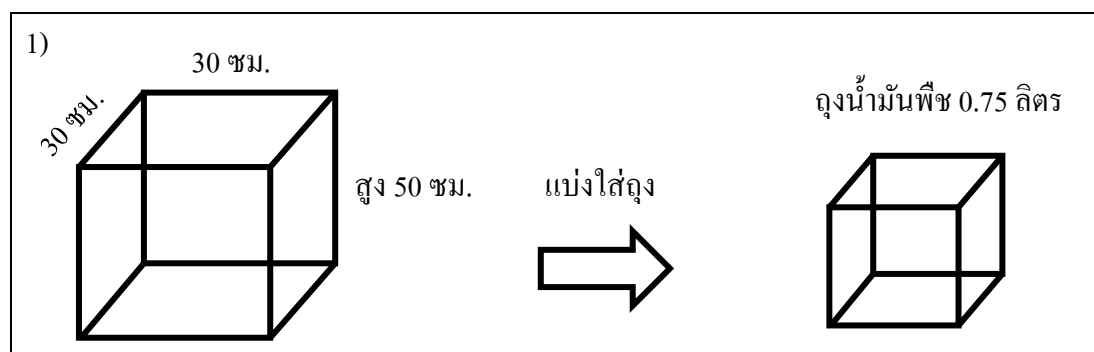
ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

- มีขั้นตอนการแก้ปัญหายังไง

- 1) วาดรูปปิ๊บน้ำมันพืชทรงปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉากจากขนาดและถุงน้ำมันพืชตามสิ่งโจทย์
 กำหนดวาดรูปเด่นที่ และเงื่อนไขของโจทย์
- 2) หาปริมาตรของน้ำมันพืชที่บรรจุในปิ๊บเต็มถึง
- 3) เปลี่ยนหน่วยปริมาตร 0.75 ลิตร เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร (1 ลิตร = 1,000 ลูกบาศก์
 เซนติเมตร) $0.75 \text{ ลิตร} = 750 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$
- 4) แบ่งน้ำมันพืชใส่ถุงละ 750 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยหลักการหาร หรือการแบ่งเป็น
 จำนวนที่เท่า ๆ กัน

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด



แสดงวิธีทำ

$$\begin{aligned}
 2) \text{ ปริมาตรของปืบ} &= \text{พื้นที่ฐาน} \times \text{สูง} \\
 &= 30 \times 30 \times 50 \\
 &= 45,000 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}
 \end{aligned}$$

จะได้ ปริมาตรน้ำมันในปืบเต็มถึงเท่ากับ 45,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$\begin{aligned}
 3) \text{ แบ่งน้ำมันใส่ถุง ถุงละ } 0.75 \text{ ลิตร} \\
 1 \text{ ลิตร} &= 1,000 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \\
 0.75 \text{ ลิตร} &= 0.75 \times 1,000 \\
 &= 750 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}
 \end{aligned}$$

จะได้ว่า แบ่งน้ำมันใส่ถุง ถุงละ 750 ลูกบาศก์เซนติเมตร

นั่นคือ $45,000 \div 750 = 60$ ถุง

ดังนั้นถ้าต้องการบรรจุน้ำมันพืชใส่ถุง ถุงละ 0.75 ลิตร จนหมดปืบ จะได้น้ำมันพืชอย่างมาก 60 ถุง

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

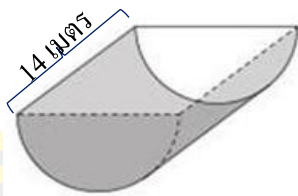
- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร

แบ่งแบ่งน้ำมันใส่ถุง ถุงละ 0.75 ลิตร = 750 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ปริมาณต่อ 1 ถุง $\times$ จำนวนถุง = ปริมาณของน้ำมันทั้งหมดในปืบ

$750 \times 60 = 45,000$ ลูกบาศก์เซนติเมตรซึ่งเท่ากับปริมาณของน้ำมันทั้งหมดในปืบ

4) พ่อต้องการสร้างบ่อเลี้ยงปลาซีเมนต์ที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกผ่าครึ่ง ยาว 14 เมตร ดังรูป



พ่อจะต้องขุดลึกลงไปกี่เมตร จึงจะสามารถเติมน้ำได้อย่างน้อย 792 ลูกบาศก์เมตร

(กำหนดให้ $\pi \approx \frac{22}{7}$)

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- 1) พ่อต้องการสร้างบ่อเลี้ยงปลาซีเมนต์ที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกผ่าครึ่ง ยาว 14 เมตร
- 2) สามารถเติมน้ำได้อย่างน้อย 792 ลูกบาศก์เมตร
- 3) กำหนดให้ $\pi \approx \frac{22}{7}$

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

บ่อเลี้ยงปลาซีเมนต์สามารถเติมน้ำได้อย่างน้อย 792 ลูกบาศก์เมตร

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

พ่อจะต้องขุดลึกลงไปกี่เมตร จึงจะสามารถเติมน้ำได้อย่างน้อย 792 ลูกบาศก์เมตร

ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

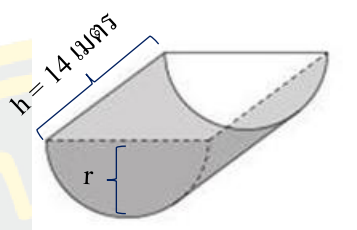
- มีขั้นตอนการแก้ปัญหายังไร

- 1) วาดรูปบ่อเลี้ยงปลาซีเมนต์ตามสิ่งโจทย์กำหนดวาดรูปเด่นที่ และเงื่อนไขของโจทย์
- 2) หาจากปริมาตรของทรงกระบอกแล้วหารครึ่ง เพราะบ่อเลี้ยงปลามีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกผ่าครึ่ง
- 3) แก่สมการหาความลึกของสระ ซึ่งความลึกของบ่อเลี้ยงปลา คือ รัศมีของหน้าตัดของบ่อเลี้ยงปลาทรงกระบอกผ่าครึ่ง

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด

1)



r คือ ความลึกของบ่อเลี้ยงปลา

แสดงวิธีทำ

$$\begin{aligned}
 2) \text{ ปริมาตรของน้ำที่เต็มลงไปเต็มสระ} &= \frac{\pi r^2 h}{2} \\
 792 &= \frac{22(r^2)(14)}{2} \\
 r^2 &= 36 \\
 r &= 6, -6 \text{ เมตร}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นพ่อจะต้องขุดลึกลงไป 6 เมตร จึงจะสามารถเติมน้ำได้อย่างน้อย 792 ลูกบาศก์เมตร

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาตรของน้ำที่เต็มลงไปเต็มบ่อเลี้ยงปลา} &= \frac{\pi r^2 h}{2} \\
 &= \frac{22(6^2)(14)}{2} \\
 &= 792 \text{ ลูกบาศก์เมตร}
 \end{aligned}$$

5) แท่งเหล็กรูปทรงกระบอก ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ฐาน 16 เซนติเมตร สูง 35 เซนติเมตร นำแท่งเหล็กนี้ไปหลอมเป็นแท่งเหล็กทรงปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีที่ฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ยาวด้านละ 2 เซนติเมตร และความสูง 4 เซนติเมตร จะได้แท่งเหล็กปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก ได้อย่างน้อยกี่แท่ง (กำหนดให้ $\pi \approx \frac{22}{7}$)

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- 1) แท่งเหล็กรูปทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ฐาน 16 เซนติเมตร สูง 35 เซนติเมตร
- 2) ทรงปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีที่ฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสยาวด้านละ 2 เซนติเมตร และความสูง 4 เซนติเมตร
- 3) นำแท่งตะกั่วนี้ไปหลอมเป็นแท่งเหล็กทรงปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีที่ฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสยาวด้านละ 2 เซนติเมตร และความสูง 4 เซนติเมตร
- 4) กำหนดให้ $\pi \approx \frac{22}{7}$

- เงื่อนไขของโจทย์มีอะไรบ้าง

ตะกั่วที่นำไปหลอมต้องเป็นแท่งเหล็กทรงปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีที่ฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสยาวด้านละ 2 เซนติเมตร และความสูง 4 เซนติเมตร

- สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบมีอะไรบ้าง

แท่งเหล็กรูปทรงกระบอกไปหลอมเป็นแท่งเหล็กปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉากได้มากที่สุดกี่อัน

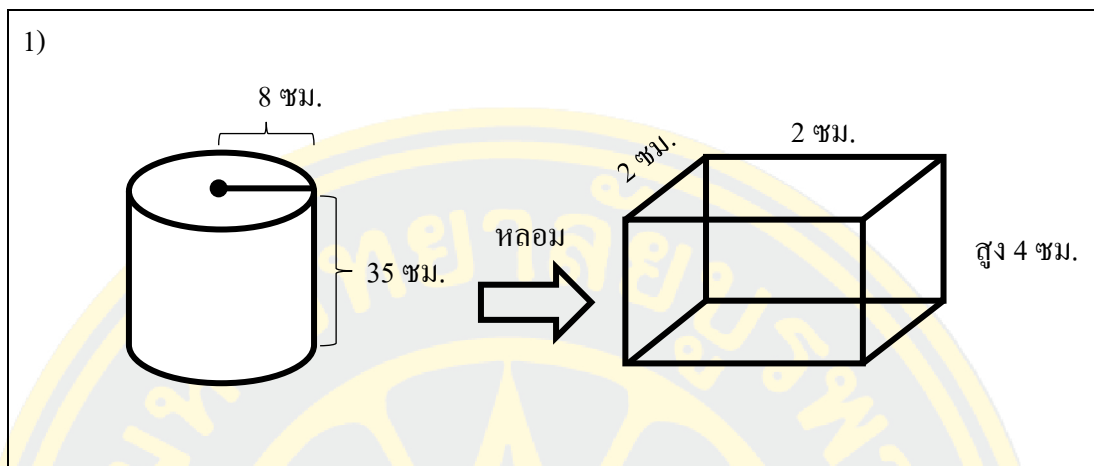
ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนแก้ปัญหา

- มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร

- 1) วาดรูปแท่งเหล็กทรงกระบอก และแท่งเหล็กทรงปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉากขนาดตามสิ่งโจทย์กำหนดวาดรูปพื้นที่ และเงื่อนไขของโจทย์
- 2) หาปริมาตรของแท่งเหล็กทรงกระบอก และแท่งเหล็กทรงปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก
- 3) แบ่งปริมาตรเหล็กที่ได้จากการหลอมแท่งเหล็กทรงกระบอก ตามปริมาตรของแท่งเหล็กสี่เหลี่ยมปริซึมมุมฉากที่ต้องการหลอมด้วยปริมาตรที่เท่า ๆ กัน โดยหลักการหารหรือการแบ่งเป็นจำนวนที่เท่า ๆ กัน

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน

วาดภาพประกอบการคิด



แสดงวิธีทำ

$$\begin{aligned}
 2) \text{ ปริมาตรแท่งเหล็กทรงกระบอก} &= \pi r^2 h \\
 &= \left(\frac{22}{7}\right)(8)^2(35) \\
 &= 7,040 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}
 \end{aligned}$$

จะได้ปริมาตรแท่งเหล็กทรงกระบอกเท่ากับ 7,040 ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาตรแท่งเหล็กทรงปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก} &= \text{ด้าน} \times \text{ด้าน} \times \text{สูง} \\
 &= 2 \times 2 \times 4 \\
 &= 16 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}
 \end{aligned}$$

จะได้ปริมาตรแท่งเหล็กทรงปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉากต่อหนึ่งแท่ง 16 ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$\begin{aligned}
 3) \text{ นำแท่งเหล็กทรงกระบอกไปหลอมเป็นแท่งเหล็กทรงปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก} \\
 \text{จำนวนแท่งเหล็กทรงปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{ปริมาตรแท่งเหล็กทรงกระบอก} \div \text{ปริมาตรแท่งเหล็กทรงปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉากต่อ} \\
 &\quad \text{หนึ่งแท่ง}
 \end{aligned}$$

$$= 7,040 \div 16$$

$$= 440 \text{ เล่ม}$$

ดังนั้น หลอมเป็นแท่งเหล็กทรงปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีพื้นฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสได้อย่างน้อย 440 แท่ง

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

- มีวิธีการตรวจสอบผลอย่างไร

ปริมาตรแท่งเหล็กทรงปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก = แท่งเหล็กทรงปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก x

ปริมาตรของแท่งเหล็กทรงปริซึม

สี่เหลี่ยมมุมฉาก หนึ่งแท่ง

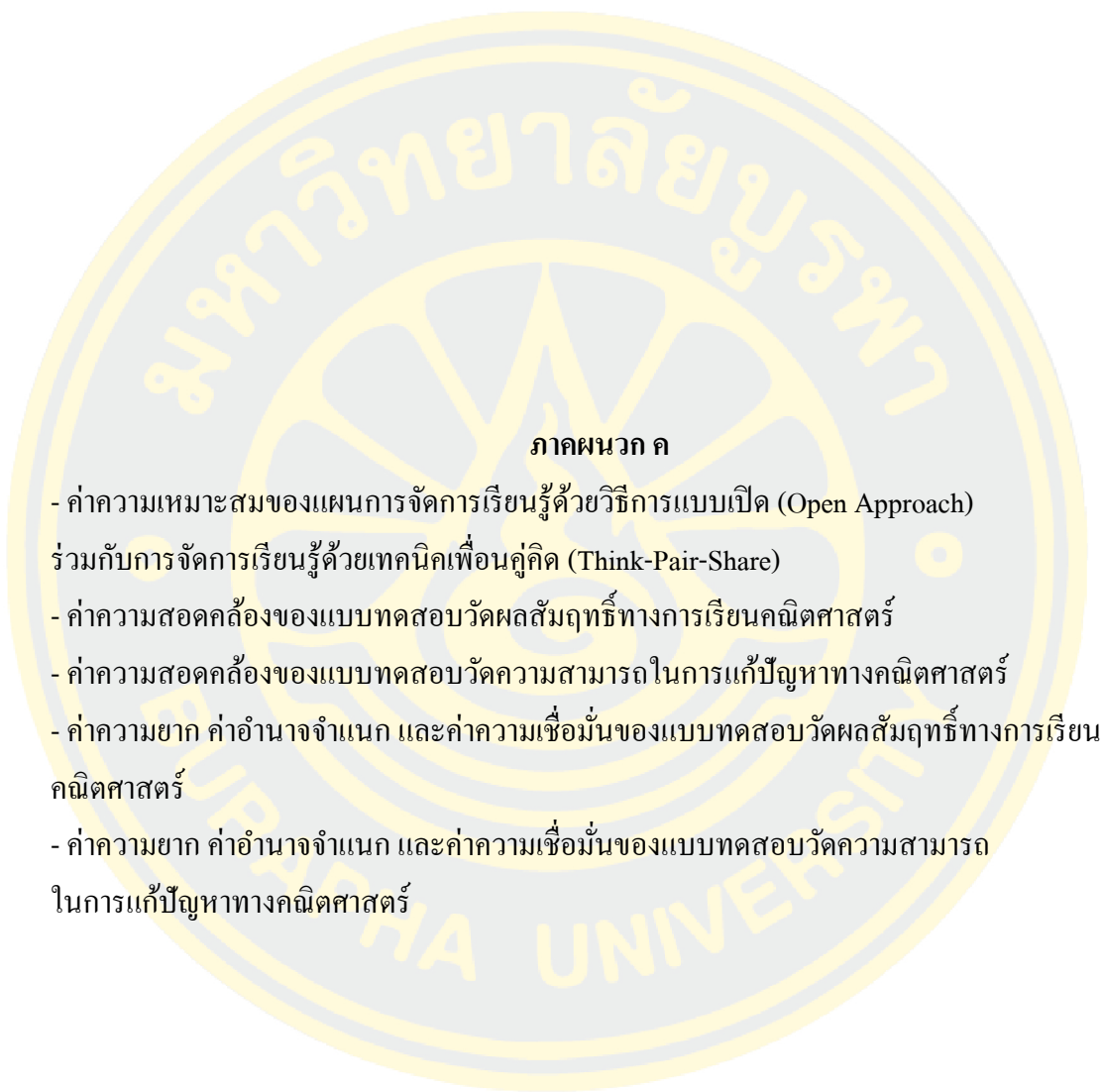
7,040

= 440 x 16 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7,040

= 7,040 ลูกบาศก์เซนติเมตร



The logo of Mahachulalongkornrajavidyalaya University is a circular emblem. It features a central five-pointed star (pentagram) with a smaller five-pointed star inside it. The text "มหาวิทยาลัยบูรพา" (Mahachulalongkornrajavidyalaya University) is written in Thai script around the top inner edge of the circle, and "BUENHUA UNIVERSITY" is written in English around the bottom inner edge. The logo is rendered in a light yellow/gold color.

ภาคผนวก ค

- ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)
- ค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
- ค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
- ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
- ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ตารางภาคผนวก ค-1 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	1	2	3	4	5			
1. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด								
1.1 สอดคล้องกับ สาระสำคัญ	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
1.2 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	5	4	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
1.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญ								
2.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับ สาระการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 พัฒนานักเรียน ด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ และเจตคติ	4	4	4	4	4	4.00	0	เหมาะสม มาก
3.2 สอดคล้องกับ เนื้อหา	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มาก
3.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
3.4 สอดคล้องกับ การวัดและประเมินผล	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก

ตารางภาคผนวก ค-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่			
	1	2	3	4	5			
4. ตารางการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับสาระ / มาตรฐานการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)	5	4	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
5.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.4 ส่งเสริมกระบวนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	1	2	3	4	5			
6. สื่อและแหล่งเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	4	5	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
6.2 มีความหลากหลายและเหมาะสมกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6.3 มีชิ้นงานที่ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ความคิด มากกว่าการทำตามที่ครูกำหนดหรือการทำแบบฝึกหัดทั่วไป	5	4	5	5	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7. การวัดและประเมินผล								
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย						4.57	0.41	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-2 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	1	2	3	4	5			
1. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด								
1.1 สอดคล้องกับ สาระสำคัญ	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
1.2 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
1.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญ								
2.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับ สาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 พัฒนานักเรียน ด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ และเจตคติ	4	4	4	5	5	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
3.2 สอดคล้องกับ เนื้อหา	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
3.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
3.4 สอดคล้องกับ การวัดและประเมินผล	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่			
	1	2	3	4	5			
4. ตารางการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับสาระ / มาตรฐานการเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
4.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)	5	4	5	5	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.4 ส่งเสริมกระบวนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	1	2	3	4	5			
6. สื่อและแหล่งเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6.2 มีความหลากหลายและเหมาะสมกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6.3 มีชิ้นงานที่ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ความคิดมากกว่าการทำตามที่ครูกำหนดหรือการทำแบบฝึกหัดทั่วไป	5	4	5	5	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7. การวัดและประเมินผล								
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.50	เหมาะสมมากที่สุด
7.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
เฉลี่ย						4.54	0.55	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-3 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่			
	1	2	3	4	5			
1. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด								
1.1 สอดคล้องกับ สาระสำคัญ	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
1.2 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
1.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญ								
2.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับ สาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 พัฒนานักเรียน ด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ และเจตคติ	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับ เนื้อหา	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
3.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
3.4 สอดคล้องกับ การวัดและประเมินผล	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่			
	1	2	3	4	5			
4. สาระการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับสาระ / มาตรฐานการเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
4.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
5.4 ส่งเสริมกระบวนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสมมาก

ตารางภาคผนวก ค-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่			
	1	2	3	4	5			
6. สื่อและแหล่งเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6.2 มีความหลากหลายและเหมาะสมกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6.3 มีชิ้นงานที่ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ความคิดมากกว่าการทำตามที่ครูกำหนดหรือการทำแบบฝึกหัดทั่วไป	4	5	5	5	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7. การวัดและประเมินผล								
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
7.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย						4.53	0.55	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-4 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่			
	1	2	3	4	5			
1. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด								
1.1 สอดคล้องกับ สาระสำคัญ	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
1.2 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
1.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญ								
2.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับ สาระการเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 พัฒนานักเรียน ด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ และเจตคติ	3	4	5	5	4	4.20	0.84	เหมาะสม มาก
3.2 สอดคล้องกับ เนื้อหา	3	4	5	5	4	4.20	0.84	เหมาะสม มาก
3.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	3	4	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสม มาก
3.4 สอดคล้องกับ การวัดและประเมินผล	3	4	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสม มาก

ตารางภาคผนวก ก-4 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่			
	1	2	3	4	5			
4. สารการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
4.2 สอดคล้องกับสาระ / มาตรฐานการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)	5	4	5	5	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
5.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.4 ส่งเสริมกระบวนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน	4	3	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสมมาก

ตารางภาคผนวก ก-4 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	1	2	3	4	5			
6. สื่อและแหล่งเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
6.2 มีความ หลากหลาย และ เหมาะสมกับสาระการ เรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
6.3 มีชิ้นงานที่ให้ นักเรียนได้ใช้ความรู้ ความคิดมากกว่าการ ทำตามที่ครูกำหนด หรือการทำแบบฝึกหัด ทั่วไป	5	5	5	5	5	5.00	0	เหมาะสม มากที่สุด
7. การวัดและประเมินผล								
7.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
7.2 สอดคล้องกับ สาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
7.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
เฉลี่ย						4.50	0.60	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-5 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	1	2	3	4	5			
1. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด								
1.1 สอดคล้องกับ สาระสำคัญ	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
1.2 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
1.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญ								
2.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับ สาระการเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 พัฒนานักเรียน ด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ และเจตคติ	3	4	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสม มาก
3.2 สอดคล้องกับ เนื้อหา	3	4	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสม มาก
3.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	3	4	5	5	4	4.20	0.84	เหมาะสม มาก
3.4 สอดคล้องกับ การวัดและประเมินผล	3	4	5	5	4	4.20	0.84	เหมาะสม มาก

ตารางภาคผนวก ก-5 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่			
	1	2	3	4	5			
4. สาระการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับ สาระ / มาตรฐาน การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
4.3 สอดคล้องกับ การวัดและประเมินผล	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับ การจัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัด การเรียนรู้ด้วยเทคนิค เพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
5.3 สอดคล้องกับ สาระการเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
5.4 ส่งเสริม กระบวนการคิด วิเคราะห์ของนักเรียน	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก

ตารางภาคผนวก ค-5 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่			
	1	2	3	4	5			
6. สื่อและแหล่งเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6.2 มีความหลากหลายและเหมาะสมกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6.3 มีชิ้นงานที่ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ความคิดมากกว่าการทำตามที่ครูกำหนดหรือการทำแบบฝึกหัดทั่วไป	5	5	5	5	5	5.00	0	เหมาะสมมากที่สุด
7. การวัดและประเมินผล								
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย						4.54	0.58	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-6 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	1	2	3	4	5			
1. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด								
1.1 สอดคล้องกับ สาระสำคัญ	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
1.2 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
1.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
2. สาระสำคัญ								
2.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับ สาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 พัฒนานักเรียน ด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ และเจตคติ	3	4	5	5	4	4.20	0.84	เหมาะสม มาก
3.2 สอดคล้องกับ เนื้อหา	3	4	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสม มาก
3.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	3	4	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสม มาก
3.4 สอดคล้องกับ การวัดและประเมินผล	3	4	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสม มาก

ตารางภาคผนวก ก-6 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่			
	1	2	3	4	5			
4. สาระการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับ สาระ / มาตรฐาน การเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
4.3 สอดคล้องกับ การวัดและประเมินผล	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับ การจัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัด การเรียนรู้ด้วยเทคนิค เพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)	5	4	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
5.3 สอดคล้องกับ สาระการเรียนรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
5.4 ส่งเสริม กระบวนการคิด วิเคราะห์ของนักเรียน	5	4	5	5	4	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-6 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	1	2	3	4	5			
6. สื่อและแหล่งเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6.2 มีความหลากหลายและเหมาะสมกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6.3 มีชิ้นงานที่ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ความคิดมากกว่าการทำตามที่ครูกำหนดหรือการทำแบบฝึกหัดทั่วไป	5	5	5	5	4	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
7. การวัดและประเมินผล								
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย						4.56	0.59	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-7 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	1	2	3	4	5			
1. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด								
1.1 สอดคล้องกับ สาระสำคัญ	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
1.2 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
1.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญ								
2.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	3	4	5	5	4	4.20	0.84	เหมาะสม มาก
2.2 สอดคล้องกับ สาระการเรียนรู้	3	4	5	5	4	4.20	0.84	เหมาะสม มาก
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 พัฒนานักเรียน ด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ และเจตคติ	3	4	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสม มาก
3.2 สอดคล้องกับ เนื้อหา	3	4	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสม มาก
3.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	3	4	5	5	4	4.20	0.84	เหมาะสม มาก
3.4 สอดคล้องกับ การวัดประเมินผล	3	4	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสม มาก

ตารางภาคผนวก ก-7 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4. สาระการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับ สาระ / มาตรฐาน การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
4.3 สอดคล้องกับ การวัดและประเมินผล	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับ การจัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัด การเรียนรู้ด้วยเทคนิค เพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)	5	4	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
5.3 สอดคล้องกับ สาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
5.4 ส่งเสริม กระบวนการคิด วิเคราะห์ของนักเรียน	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก

ตารางภาคผนวก ค-7 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	1	2	3	4	5			
6. สื่อและแหล่งเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6.2 มีความหลากหลายและเหมาะสมกับสาระการเรียนรู้	3	4	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสมมาก
6.3 มีชิ้นงานที่ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ความคิดมากกว่าการทำตามที่ครูกำหนดหรือการทำแบบฝึกหัดทั่วไป	5	5	5	5	5	5.00	0	เหมาะสมมากที่สุด
7. การวัดและประเมินผล								
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย						4.52	0.62	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-8 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่			
	1	2	3	4	5			
1. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด								
1.1 สอดคล้องกับ สาระสำคัญ	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
1.2 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
1.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญ								
2.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
2.2 สอดคล้องกับ สาระการเรียนรู้	3	4	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสม มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 พัฒนานักเรียน ด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ และเจตคติ	3	4	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสม มาก
3.2 สอดคล้องกับ เนื้อหา	3	4	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสม มาก
3.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	3	4	5	5	4	4.20	0.84	เหมาะสม มาก
3.4 สอดคล้องกับ การวัดและประเมินผล	3	4	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสม มาก

ตารางภาคผนวก ก-8 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	1	2	3	4	5			
4. สาระการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับสาระ / มาตรฐานการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)	5	4	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.4 ส่งเสริมกระบวนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน	4	4	5	5	4	4.40	0.55	เหมาะสมมาก

ตารางภาคผนวก ค-8 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	s	การแปลผล
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่			
	1	2	3	4	5			
6. สื่อและแหล่งเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
6.2 มีความ หลากหลาย และเหมาะสมกับ สาระการเรียนรู้	3	4	5	5	5	4.40	0.89	เหมาะสม มาก
6.3 มีชิ้นงานที่ให้ นักเรียนได้ใช้ความรู้ ความคิดมากกว่า การทำตามที่ครู กำหนดหรือการทำ แบบฝึกหัดทั่วไป	5	5	5	5	4	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
7. การวัดและประเมินผล								
7.1 สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
7.2 สอดคล้องกับ สาระการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
7.3 สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
เฉลี่ย						4.55	0.63	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางภาคผนวก ก-9 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด
(Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

แผนการจัดการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ย	S	การแปลผล
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	4.57	0.41	เหมาะสมมากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	4.54	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	4.53	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	4.50	0.60	เหมาะสมมากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5	4.54	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6	4.56	0.59	เหมาะสมมากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7	4.52	0.62	เหมาะสมมากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8	4.55	0.63	เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.54	0.80	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-10 ผลการวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
 ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียน
 มัธยมศึกษาปีที่ 2 จากผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
8)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
9)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
10)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
11)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
12)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
13)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
14)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
15)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
16)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
17)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
18)	0	1	1	1	1	0.80	ใช้ได้
19)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
20)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
21)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
22)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
23)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
24)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางภาคผนวก ค-10 (ต่อ)

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
25)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
26)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
27)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
28)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
29)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
30)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
31)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
32)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
33)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
34)	1	1	1	1	0	0.80	ใช้ได้
35)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
36)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
37)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
38)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
39)	1	1	0	0	1	0.60	ใช้ได้
40)	1	1	0	0	1	0.60	ใช้ได้

จากตารางภาคผนวก ค-10 พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามแต่ละข้อมีค่าตั้งแต่ 0.60-1.00 ซึ่งทั้ง 40 ข้อมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ และสามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างได้ทั้งหมด

ตารางภาคผนวก ค-11 ผลการวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัด
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและ
ทรงกระบอก ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
8)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
9)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
10)	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้

จากตารางภาคผนวก ค-11 พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามทุกข้อมีค่าเท่ากับ 1.00 ซึ่งทั้ง 10 ข้อมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ และสามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างได้ทั้งหมด

ตารางภาคผนวก ค-12 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนคณิตศาสตร์

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ระดับ พฤติกรรม	ข้อที่	ค่าความยาก (P)	ค่าอำนาจจำแนก (B)	ผลการพิจารณา
1.	ความรู้	1)	0.77	0.40	นำไปใช้
		2)	0.86	0.13	ไม่นำไปใช้
	ความเข้าใจ	3)	0.83	0.07	ไม่นำไปใช้
		4)	0.40	0.58	นำไปใช้
		5)	0.49	0.32	นำไปใช้
		6)	0.46	0.48	ไม่นำไปใช้
		7)	0.40	0.47	นำไปใช้
		8)	0.51	0.62	ไม่นำไปใช้
	การนำไปใช้	9)	0.54	0.33	นำไปใช้
		10)	0.91	0.15	ไม่นำไปใช้
	การวิเคราะห์	11)	0.40	0.35	ไม่นำไปใช้
		12)	0.54	0.57	นำไปใช้
2.	ความเข้าใจ	13)	0.54	0.33	นำไปใช้
		14)	0.31	0.27	ไม่นำไปใช้
		15)	0.49	0.43	นำไปใช้
		16)	0.34	0.45	ไม่นำไปใช้
	การนำไปใช้	17)	0.46	0.60	นำไปใช้
		18)	0.40	0.35	ไม่นำไปใช้
3.	การนำไปใช้	19)	0.26	0.60	นำไปใช้
		20)	0.34	0.33	ไม่นำไปใช้
4.	ความเข้าใจ	21)	0.29	0.43	ไม่นำไปใช้
		22)	0.37	0.40	นำไปใช้
		23)	0.31	0.62	ไม่นำไปใช้
		24)	0.49	0.32	นำไปใช้
		25)	0.46	0.37	นำไปใช้

ตารางภาคผนวก ค-12

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ระดับ พฤติกรรม	ข้อที่	ค่าความยาก (P)	ค่าอำนาจจำแนก (B)	ผลการพิจารณา
5.	การนำไปใช้	26)	0.49	0.32	ไม่นำไปใช้
		การ 27)	0.31	0.38	ไม่นำไปใช้
		นำไปใช้ 28)	0.40	0.47	นำไปใช้
		29)	0.51	0.38	นำไปใช้
		30)	0.26	0.02	ไม่นำไปใช้
	ความเข้าใจ	31)	0.29	0.32	นำไปใช้
		32)	0.31	0.27	ไม่นำไปใช้
		33)	0.29	0.55	ไม่นำไปใช้
		34)	0.34	0.57	นำไปใช้
		การ 35)	0.37	0.40	นำไปใช้
	วิเคราะห์	นำไปใช้ 36)	0.57	0.40	ไม่นำไปใช้
		การ 37)	0.43	0.53	ไม่นำไปใช้
		วิเคราะห์ 38)	0.34	0.33	นำไปใช้
		การ 39)	0.37	0.63	นำไปใช้
	การนำไปใช้	40)	0.11	0.15	ไม่นำไปใช้

จากตารางภาคผนวก ค-12 ผู้วิจัยทำการคัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
คณิตศาสตร์จำนวน 20 ข้อ จากทั้งหมด 40 ข้อ โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้
ซึ่งแบบทดสอบที่คัดเลือกแล้วมีค่าความยาก (P) ตั้งแต่ 0.26-0.77 และมีค่าอำนาจจำแนก (B)
ตั้งแต่ 0.32-0.63 จากนั้นนำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ดังนี้

ตารางภาคผนวก ค-13 ค่า $\sum x_i$, $\sum x_i^2$ และ $\sum (x_i - c)^2$ ที่ใช้ในการหาความเชื่อมั่นของ
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

คนที่	x_i	x_i^2	$\sum (x_i - c)^2$
1.	6	36	64
2.	1	1	169
3.	5	25	81
4.	0	0	196
5.	8	64	36
6.	18	324	16
7.	12	144	4
8.	3	9	121
9.	12	144	4
10.	7	49	49
11.	3	9	121
12.	9	81	25
13.	2	4	144
14.	18	324	16
15.	10	100	16
16.	9	81	25
17.	5	25	81
18.	11	121	9
19.	9	81	25
20.	7	49	49
21.	14	196	0
22.	9	81	25
23.	3	9	121
24.	2	4	144
25.	7	49	49
26.	18	324	16

ตารางภาคผนวก ก-13 (ต่อ)

คนที่	x_i	x_i^2	$\sum (x_i - c)^2$
27.	3	9	121
28.	7	49	49
29.	9	81	25
30.	14	196	0
31.	7	49	49
32.	7	49	49
33.	9	81	25
34.	8	64	36
35.	18	324	16
$\sum x_i = 290$		$\sum x_i^2 = 3,236$	$\sum (x_i - c)^2 = 1,976$

หมายเหตุ กำหนดคะแนนจุดตัด $c = 14$ คะแนน

จากตารางภาคผนวก ก-13 จะได้ $k = 20$, $\sum x_i = 290$, $\sum x_i^2 = 3,236$
 และ $\sum (x_i - c)^2 = 1,976$ นำมาแทนค่าในสูตรการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
 ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

$$r_{cc} = 1 - \frac{k \sum x_i - \sum x_i^2}{(k-1) \sum (x_i - c)^2}$$

$$r_{cc} = 1 - \frac{20(290) - (3,236)}{(19)(1,976)}$$

$$r_{cc} = 1 - \frac{2,564}{37,544}$$

$$r_{cc} = 1 - 0.068$$

$$r_{cc} = 0.93$$

นั่นคือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เท่ากับ 0.93

ตารางภาคผนวก ค-14 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อที่	ค่าความยาก (P)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ผลการพิจารณา
1.	1)	0.39	0.47	ไม่นำไปใช้
	2)	0.22	0.25	นำไปใช้
2.	3)	0.22	0.38	ไม่นำไปใช้
	4)	0.23	0.28	นำไปใช้
3.	5)	0.23	0.41	ไม่นำไปใช้
	6)	0.23	0.34	นำไปใช้
4.	7)	0.22	0.38	ไม่นำไปใช้
	8)	0.23	0.41	นำไปใช้
5.	9)	0.31	0.50	นำไปใช้
	10)	0.20	0.34	ไม่นำไปใช้

จากตารางภาคผนวก ค-14 ผู้วิจัยทำการคัดเลือกแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 5 ข้อ จากทั้งหมด 10 ข้อ โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งแบบทดสอบที่คัดเลือกแล้วมีค่าความยากง่าย (P) ตั้งแต่ 0.20-0.39 และมีค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.25-0.50 จากนั้นนำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ดังนี้

ตารางภาคผนวก ค-15 ค่า $\sum x_i$, $\sum x_i^2$ และ s_i^2 ที่ใช้ในการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ข้อที่	$\sum x_i$	$\sum x_i^2$	s_i^2
2)	338	3286	0.63
4)	326	3098	1.76
6)	285	2503	5.21
8)	329	3143	1.44
9)	207	1485	7.45

จากตารางภาคผนวก ก-15 จะหาค่าความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ละข้อ โดยแสดงตัวอย่างการหาความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในข้อที่ 2 (S_i^2) ได้ดังนี้

$$S_i^2 = \frac{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{N(N-1)}$$

$$S_1^2 = \frac{(35)(3,286) - (338)^2}{35(34)}$$

$$S_1^2 = \frac{115,010 - 114,244}{1,190}$$

$$S_1^2 = \frac{766}{1,190}$$

$$S_1^2 = 0.63$$

$$\sum_{i=1}^5 S_i^2 = S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + S_4^2 + S_5^2 = 0.63 + 1.76 + 5.21 + 1.44 + 7.45$$

$$= 16.48$$

นั่นคือ ผลรวมความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ละข้อ เท่ากับ 16.48

ตารางภาคผนวก ก-16 ค่า $\sum x_i$ และ $\sum x_i^2$ ทั้งฉบับที่ใช้ในการหาค่า S_i^2 เพื่อใช้แทนค่าในสูตรการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

คนที่	x_i	x_i^2	คนที่	x_i	x_i^2
1.	50	2500	8.	42	1764
2.	50	2500	9.	45	2025
3.	50	2500	10.	41	1681
4.	50	2500	11.	48	2304
5.	45	2025	12.	43	1849
6.	46	2116	13.	45	2025
7.	46	2116	14.	30	900

ตารางภาคผนวก ค-16 (ต่อ)

คนที่	x_i	x_i^2	คนที่	x_i	x_i^2
15.	50	2500	26.	38	1444
16.	50	2500	27.	37	1369
17.	42	1764	28.	40	1600
18.	38	1444	29.	35	1225
19.	33	1089	30.	38	1444
20.	32	1024	31.	40	1600
21.	35	1225	32.	44	1936
22.	45	2025	33.	36	1296
23.	41	1681	34.	47	2209
24.	37	1369	35.	48	2304
25.	48	2304			
				$\sum x_i = 1,485$	$\sum x_i^2 = 64,157$

จากตารางภาคผนวก ค-16 จะได้ $\sum x_i = 1,485$ และ $\sum x_i^2 = 64,157$ นำมาแทนค่าในสูตรการหาความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งฉบับ ได้ดังนี้

$$S_t^2 = \frac{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{N(N-1)}$$

$$S_t^2 = \frac{(35)(64,157) - (1,485)^2}{(35)(34)}$$

$$S_t^2 = \frac{2,245,495 - 2,205,225}{1,190}$$

$$S_t^2 = \frac{40,270}{1,190}$$

$$S_t^2 = 33.84$$

จากตารางภาคผนวก ก-15 และตารางภาคผนวก ก-16 จะได้ $k=5$, $\sum_{i=1}^k S_i^2 = 16.48$

และ $S_t^2 = 33.84$ นำมาแทนค่าในสูตรการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

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

$$\alpha = \frac{5}{5-1} \left[1 - \frac{16.48}{33.84} \right]$$

$$\alpha = (1.25)(0.51)$$

$$\alpha = 0.64$$

นั่นคือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 0.64



ภาคผนวก ง

- คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) และผลการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 และ 2
- คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) และผลการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 และ 4

ตารางภาคผนวก ง-1 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและ
 หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้
 ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค
 เพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

คนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนคณิตศาสตร์		D	D^2
	ก่อนการจัด การเรียนรู้ (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)	หลังการจัด การเรียนรู้ (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)		
1.	5	14	45	2025
2.	3	16	65	4225
3.	7	16	45	2025
4.	4	15	55	3025
5.	6	17	55	3025
6.	4	16	60	3600
7.	6	17	55	3025
8.	10	14	20	400
9.	8	16	40	1600
10.	4	16	60	3600
11.	3	13	50	2500
12.	7	14	35	1225
13.	9	16	35	1225
14.	5	14	45	2025
15.	7	15	40	1600
16.	9	17	40	1600
17.	5	17	60	3600
18.	5	15	50	2500
19.	6	16	50	2500

ตารางภาคผนวก ง-1 (ต่อ)

คะแนนผลสัมฤทธิ์				
ทางการเรียนคณิตศาสตร์				
คนที่	ก่อนการจัด การเรียนรู้ (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)	หลังการจัด การเรียนรู้ (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)	D	D^2
20.	3	14	55	3025
21.	9	17	40	1600
22.	4	17	65	4225
23.	5	17	60	3600
24.	8	17	45	2025
25.	6	16	50	2500
26.	13	18	25	625
27.	9	14	25	625
28.	6	15	45	2025
รวม			$\sum D = 1,315$	$\sum D^2 = 65,575$
คะแนนรวม			439	
คะแนนเฉลี่ย			15.68	
			(คิดเป็นร้อยละ 78.40 ของคะแนนเต็ม)	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			1.31	

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)
ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) โดยใช้สูตร t - test dependent
ดังนี้

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

$$t = \frac{1,315}{\sqrt{\frac{28(65,575) - (1,315)^2}{28-1}}}$$

$$t = \frac{1,315}{62.91}$$

$$t = 20.90, df = 27$$

ค่าวิกฤตจากการเปิดตาราง t เท่ากับ 1.7033 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05, $df = 28-1 = 27$
จะเห็นว่าค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่า t จากการเปิดตาราง ($20.90 > 1.7033$)

สรุปได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)
ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจาก
ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วย
เทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) กับเกณฑ์ร้อยละ 70 (14 คะแนน) โดยใช้สูตร t - test for one
sample ดังนี้

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} ; df = n-1$$

$$t = \frac{15.68 - 14}{\frac{1.31}{\sqrt{28}}}$$

$$t = \frac{1.68}{0.25}$$

$$t = 6.79$$

ค่าวิกฤตจากการเปิดตาราง t เท่ากับ 1.7033 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05, $df = 28-1 = 27$ จะเห็นได้ว่าค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่า t จากการเปิดตาราง ($6.79 > 1.7033$)

สรุปได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)
ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางภาคผนวก ง-2 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อน
เรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการ
จัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับการจัดการ
เรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

คนที่	คะแนนความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์		D	D^2
	ก่อนการจัด การเรียนรู้ (คะแนนเต็ม 50 คะแนน)	หลังการจัด การเรียนรู้ (คะแนนเต็ม 50 คะแนน)		
1.	5	42	185	34225
2.	7	35	140	19600
3.	8	38	150	22500
4.	0	33	165	27225
5.	5	33	140	19600
6.	0	37	185	34225
7.	4	33	145	21025
8.	3	44	205	42025
9.	8	36	140	19600
10.	7	42	175	30625
11.	9	38	145	21025
12.	6	37	155	24025

ตารางภาคผนวก ง-2 (ต่อ)

คนที่	คะแนนความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์		D	D^2
	ก่อนการจัด	หลังการจัด		
	การเรียนรู้	การเรียนรู้		
	(คะแนนเต็ม 50 คะแนน)	(คะแนนเต็ม 50 คะแนน)		
13.	8	38	150	22500
14.	3	32	145	21025
15.	6	39	165	27225
16.	2	43	205	42025
17.	6	42	180	32400
18.	1	23	110	12100
19.	6	31	125	15625
20.	5	37	160	25600
21.	6	38	160	25600
22.	4	42	190	36100
23.	8	37	145	21025
24.	6	43	185	34225
25.	3	38	175	30625
26.	6	45	195	38025
27.	2	35	165	27225
28.	5	34	145	21025
รวม			$\sum D = 4,530$	$\sum D^2 = 748,050$
คะแนนรวม			1,045	
คะแนนเฉลี่ย			37.32	
			(คิดเป็นร้อยละ 74.64 ของคะแนนเต็ม)	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			4.76	

เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด
(Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)
โดยใช้สูตร t - test dependent ดังนี้

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

$$t = \frac{4,530}{\sqrt{\frac{28(748,050) - (4,530)^2}{28-1}}}$$

$$t = \frac{4,530}{125.39}$$

$$t = 36.12, df = 27$$

ค่าวิกฤตจากการเปิดตาราง t เท่ากับ 1.7033 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05, $df = 28-1 = 27$
จะเห็นว่าค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่า t จากการเปิดตาราง ($36.12 > 1.7033$)

สรุปได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)
ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เปรียบเทียบคะแนนเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด
(Open Approach) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)
กับเกณฑ์ร้อยละ 70 (35 คะแนน) โดยใช้สูตร t - test for one sample ดังนี้

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} ; df = n-1$$

$$t = \frac{37.32 - 35}{\frac{4.76}{\sqrt{28}}}$$

$$t = \frac{2.32}{0.90}$$

$$t = 2.57$$

ค่าวิกฤตจากการเปิดตาราง t เท่ากับ 1.7033 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05, $df = 28-1 = 27$ จะเห็นได้ว่าค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่า t จากการเปิดตาราง ($2.57 > 1.7033$)

สรุปได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)
ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายเอกพงษ์ เหมะรุธิน
วัน เดือน ปี เกิด	23 พฤษภาคม 2535
สถานที่เกิด	จังหวัดสกลนคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 227 หมู่ 17 ต. ศีลา อ.เมืองขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2559 ศึกษาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2567 การศึกษามหาบัณฑิต (หลักสูตรและการสอน) มหาวิทยาลัยบูรพา