

การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการ
จัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร

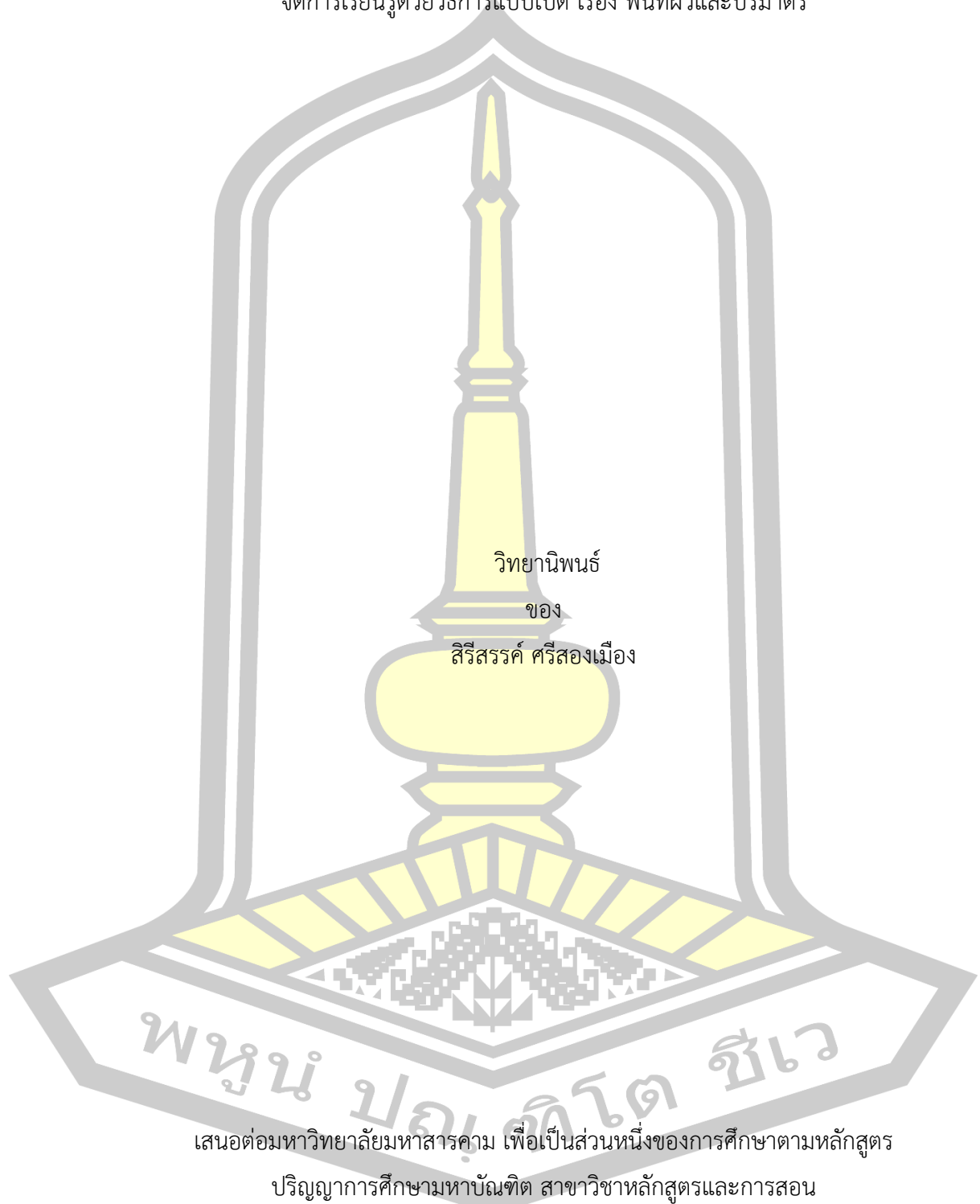
วิทยานิพนธ์
ของ
สิริสรณ์ ศรีสองเมือง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

กันยายน 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการ
จัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร



เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

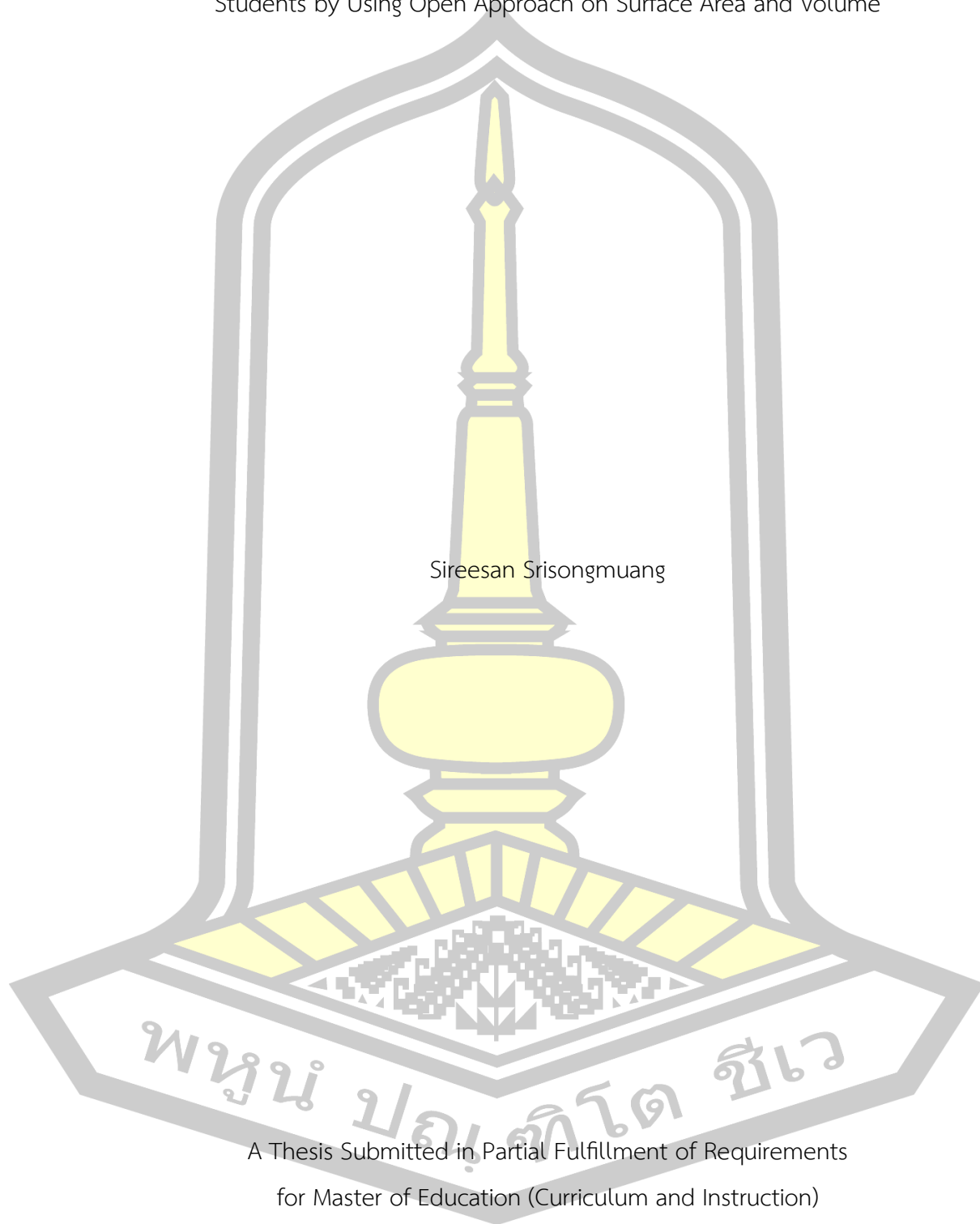
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

กันยายน 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Development of Mathematics Problem Solving Ability of Muthayomsuksa 2
Students by Using Open Approach on Surface Area and Volume

Sireesan Srisongmuang



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Education (Curriculum and Instruction)

September 2025

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวสิริสรณ์ ศรีสองเมือง แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. ญาณภัทร สีหะมงคล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. ประเสริฐ เรือนนงการ)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. มานิตย์ อาษานอก)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(รศ. ดร. ไพศาล วรคำ)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. ขวลิต ชูกำแพง)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(ผศ. ดร. พลเดช เขาวรัตน์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร		
ผู้วิจัย	สิริสรรค์ ศรีสองเมือง		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ เรือนนະการ		
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต	สาขาวิชา	หลักสูตรและการสอน
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2568

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ให้ผู้เรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านขอนแก่น (นิกรราษฎร์ศรัทธาการ) จังหวัดร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 6 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีผลการแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่ำ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด จำนวน 12 แผน แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 5 ชุด และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ดำเนินการวิจัยเป็นจำนวน 5 วงจรปฏิบัติการ โดยวงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 1-3 วงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 4-6 วงจรปฏิบัติการที่ 3 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 7-9 วงจรปฏิบัติการที่ 4 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 10-12 และวงจรปฏิบัติการที่ 5 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 10-12 จากนั้นให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ท้ายวงจรปฏิบัติการ และสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis)

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หลังจากเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด โดยมีพัฒนาการของคะแนนเฉลี่ยเป็นลำดับดังนี้ วงจรปฏิบัติการที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 71.53, วงจรปฏิบัติการที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 73.61, และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 79.86 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการแบบเปิด

สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ อย่างไรก็ตาม ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 พบว่าคะแนนลดลงเป็นร้อยละ 64.58 แม้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนยังคงอยู่ในระดับที่พัฒนาไปได้ แต่การลดลงของคะแนนส่วนใหญ่เป็นผลมาจากความซับซ้อนของเนื้อหาและการประยุกต์ใช้สูตรที่ยากขึ้นในวงจรนี้ แต่ด้วยการปรับแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น สะท้อนถึงความยืดหยุ่นของวิธีการแบบเปิดที่สามารถปรับใช้ได้กับความท้าทายของเนื้อหาที่แตกต่างกัน ไม่ยึดติดกับรูปแบบเนื้อหาเดิม ๆ ส่งผลให้ในวงจรปฏิบัติการที่ 5 ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดดเป็นร้อยละ 81.94 ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 70 อย่างชัดเจน และคะแนนเฉลี่ยในแต่ละขั้นของกระบวนการแก้ปัญหาล้วนสูงกว่าร้อยละ 70 ทั้งหมด บ่งชี้ถึงความสามารถที่ครอบคลุมในทุกมิติ นั้นแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ไม่เพียงแต่ส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดในการแก้ปัญหตามขั้นตอนสำคัญเท่านั้น แต่ยังเป็นแนวทางที่เปี่ยมด้วยศักยภาพในการปรับตัวและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองต่อพลวัตการเรียนรู้และความแตกต่างหลากหลายของผู้เรียนในสภาพจริง ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ยั่งยืนและรอบด้าน

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด Open Approach, ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์



TITLE	The Development of Mathematics Problem Solving Ability of Muthayomsuksa 2 Students by Using Open Approach on Surface Area and Volume		
AUTHOR	Sireesan Srisongmuang		
ADVISORS	Associate Professor Prasert Ruannakarn , Ph.D.		
DEGREE	Master of Education	MAJOR	Curriculum and Instruction
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2025

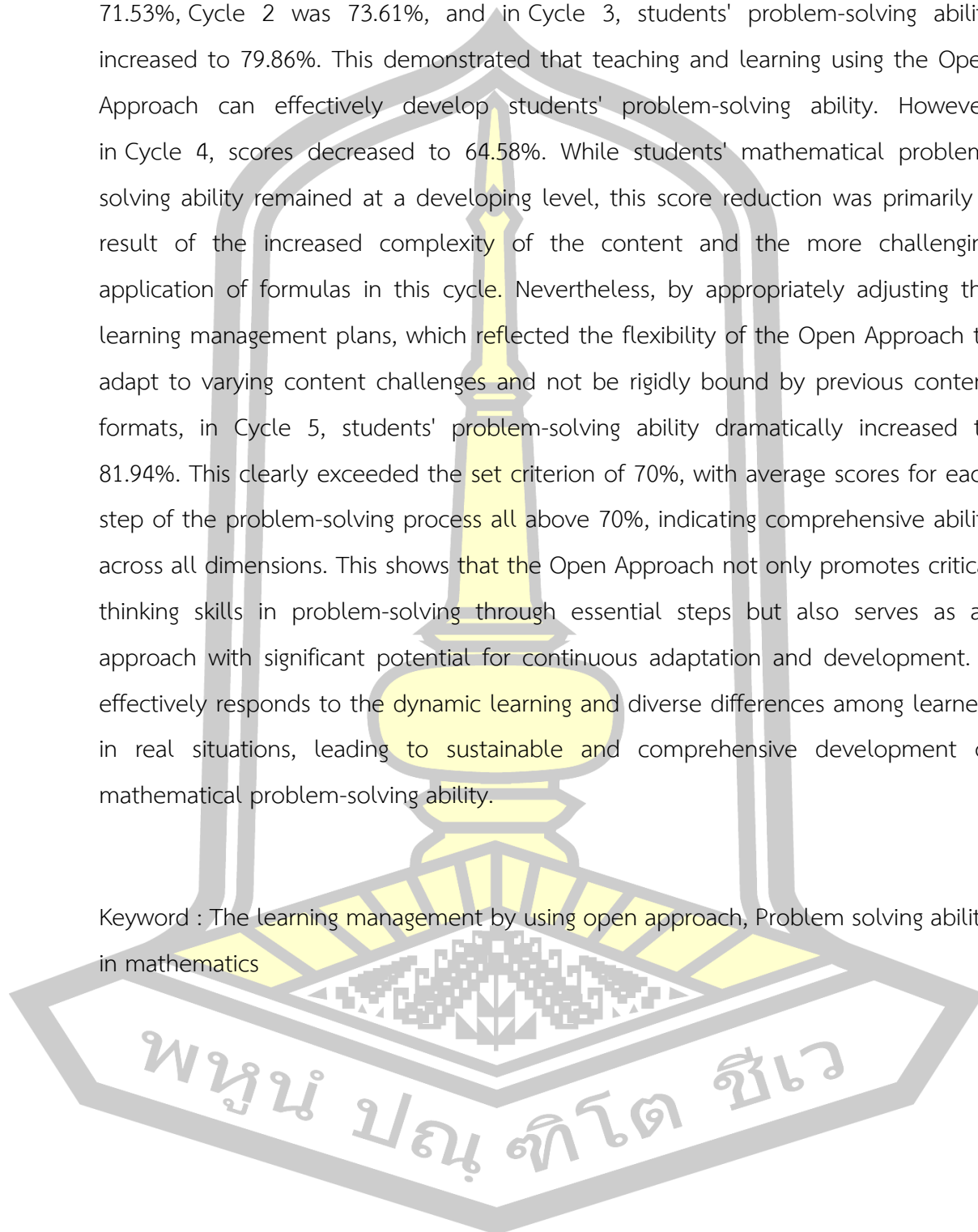
ABSTRACT

This action research aimed to develop the mathematical problem-solving ability of Mattayom Suksa 2 students through the Open Approach learning management method in the topic of Surface Area and Volume, targeting an average problem-solving score of no less than 70% of the full score. The study's target group comprised 6 Mattayom Suksa 2 students from Ban Khonkaen (Nikomrat Sattakarn) School in Roi Et Province, during the second semester of the 2024 academic year. These students were identified as having low mathematical problem-solving assessment scores. Research instruments included 12 Open Approach learning management plans, 5 sets of mathematical problem-solving assessment tools, and semi-structured interviews. The researcher employed an Action Research design, conducting the study across 5 operational cycles: Cycle 1 used learning plans 1-3 Cycle 2 used plans 4-6 Cycle 3 used plans 7-9 Cycle 4 used plans 10-12 and Cycle 5 also used plans 10-12. Following each operational cycle, students completed a mathematical problem-solving assessment, and all target students were interviewed. Data were analyzed using percentage, mean, and standard deviation, and qualitative data were analyzed using content analysis.

The research findings indicate that the target students' mathematical problem-solving ability continuously improved after learning through the Open

Approach. The development of average scores progressed as follows: Cycle 1 was 71.53%, Cycle 2 was 73.61%, and in Cycle 3, students' problem-solving ability increased to 79.86%. This demonstrated that teaching and learning using the Open Approach can effectively develop students' problem-solving ability. However, in Cycle 4, scores decreased to 64.58%. While students' mathematical problem-solving ability remained at a developing level, this score reduction was primarily a result of the increased complexity of the content and the more challenging application of formulas in this cycle. Nevertheless, by appropriately adjusting the learning management plans, which reflected the flexibility of the Open Approach to adapt to varying content challenges and not be rigidly bound by previous content formats, in Cycle 5, students' problem-solving ability dramatically increased to 81.94%. This clearly exceeded the set criterion of 70%, with average scores for each step of the problem-solving process all above 70%, indicating comprehensive ability across all dimensions. This shows that the Open Approach not only promotes critical thinking skills in problem-solving through essential steps but also serves as an approach with significant potential for continuous adaptation and development. It effectively responds to the dynamic learning and diverse differences among learners in real situations, leading to sustainable and comprehensive development of mathematical problem-solving ability.

Keyword : The learning management by using open approach, Problem solving ability in mathematics



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและการสนับสนุนจากหลายท่านที่มีส่วนสำคัญในการให้คำแนะนำและคำปรึกษาอย่างมีคุณค่า ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรือนนະการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ให้การสนับสนุนและคำแนะนำอย่างใกล้ชิดตลอดระยะเวลาการศึกษา และขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ญาณภัทร สีหะมงคล ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานิตย์ อาษานอก และรองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำในการปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์และถูกต้อง

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบและแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย พร้อมทั้งคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครู และนักเรียนโรงเรียนบ้านขอนแก่น (นิกรราษฎร์ธำรง) ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการเก็บข้อมูลวิจัยและอำนวยความสะดวกต่างๆ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว และคนรัก รวมถึงเพื่อนๆ ที่ให้การสนับสนุนและกำลังใจอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นแรงผลักดันสำคัญที่ช่วยให้การทำวิจัยในครั้งนี้ประสบความสำเร็จ

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขออุทิศคุณค่าและประโยชน์จากการทำวิจัยในครั้งนี้แด่บิดามารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและให้ความรู้ที่มีค่าสู่ข้าพเจ้า จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างสมบูรณ์

สิริสรณ์ ศรีสองเมือง

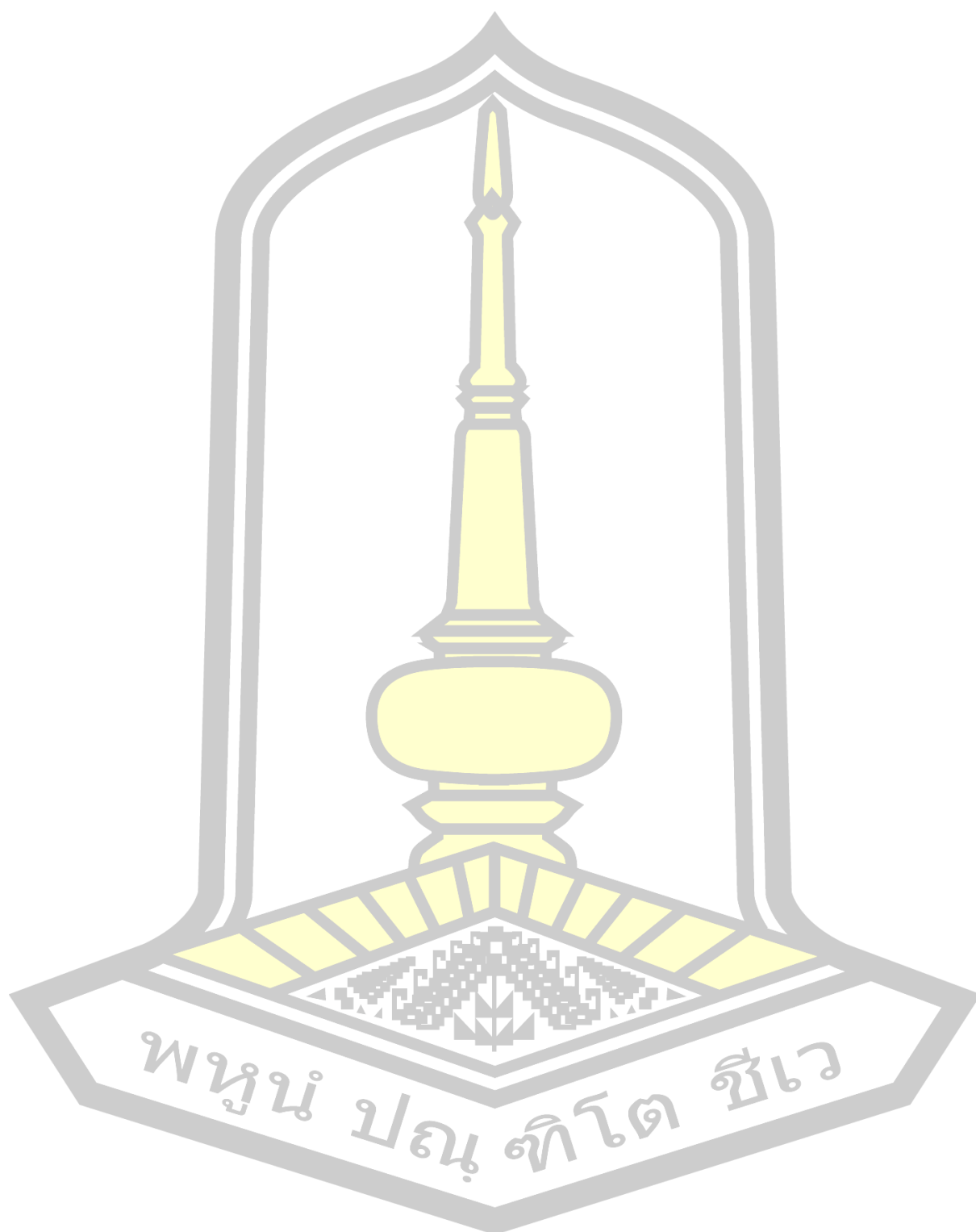
พูน ปณ จิต ชีเว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ณ
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญภาพ.....	ฒ
บทที่ 1	1
บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	4
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
บทที่ 2	7
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560).....	8
1.1 คุณภาพผู้เรียน.....	8
1.2 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้.....	9
1.3 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	9
1.4 การวัดผลและการประเมินผล.....	10

1.5 หลักของสูตรสถานศึกษา.....	10
2. ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	14
2.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	14
2.2 ประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์.....	15
2.4 ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	17
2.5 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	21
2.6 การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	24
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach)	35
3.1 ความหมายของวิธีการแบบเปิด.....	36
3.2 ประเภทของวิธีการแบบเปิด.....	38
3.3 การสร้างปัญหาปลายเปิด.....	40
3.4 ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด.....	42
4. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research).....	46
4.1 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ.....	46
4.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการ.....	48
4.3 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ.....	52
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	54
5.1 งานวิจัยในประเทศ.....	54
5.2 งานวิจัยต่างประเทศ.....	56
6. กรอบแนวคิดการวิจัย.....	59
บทที่ 3	60
วิธีดำเนินการวิจัย	60
กลุ่มเป้าหมาย.....	60
รูปแบบของการวิจัย.....	60

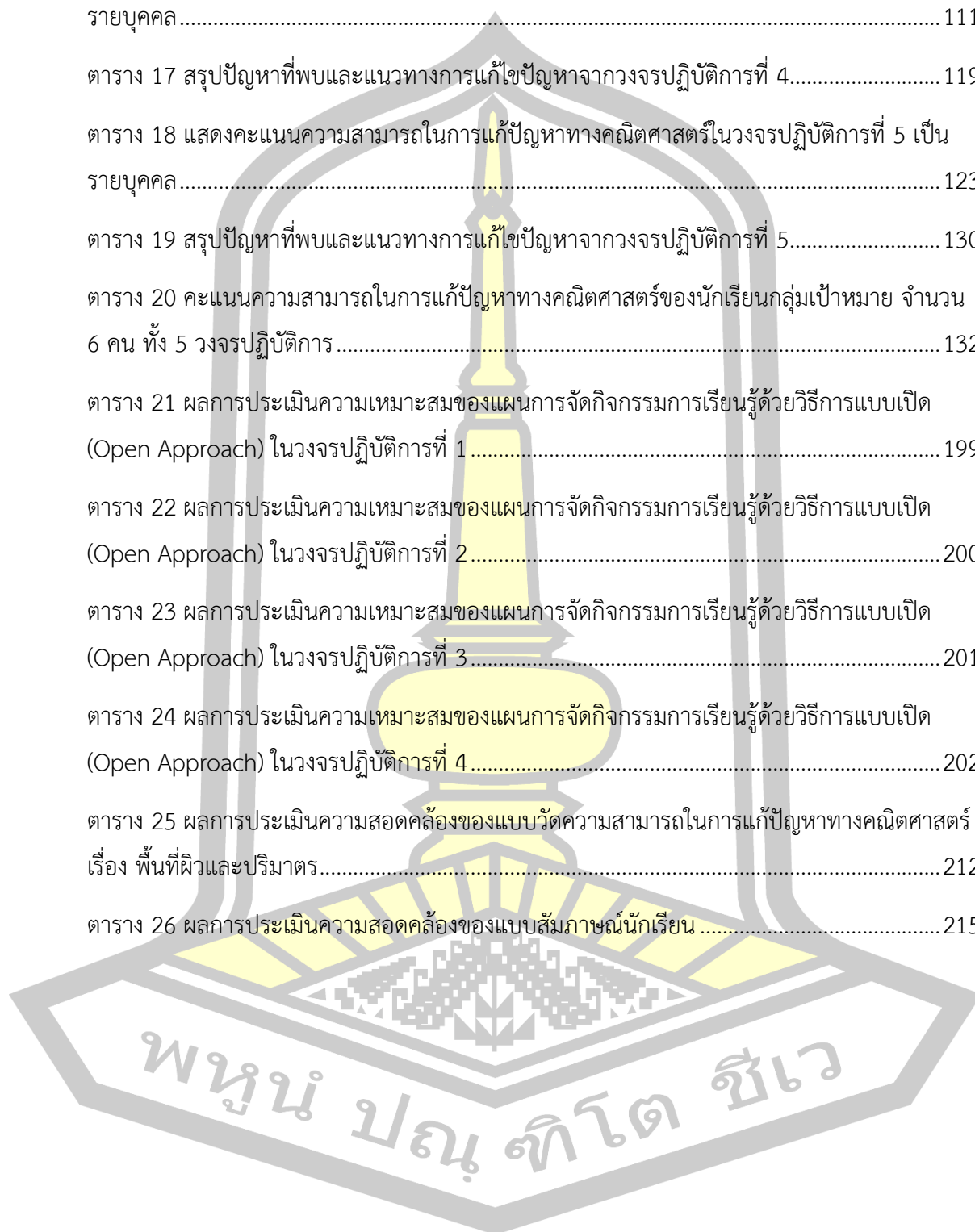
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	61
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ.....	62
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	73
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	74
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	74
บทที่ 4	76
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	76
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	76
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	76
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	76
บทที่ 5	134
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	134
ความมุ่งหมายของการวิจัย	134
สรุปผล.....	134
อภิปรายผล.....	136
ข้อเสนอแนะ	141
บรรณานุกรม.....	143
บรรณานุกรม.....	144
ภาคผนวก.....	149
ภาคผนวก ก	150
ภาคผนวก ข	157
ภาคผนวก ค.....	195
ภาคผนวก ง	203
ภาคผนวก จ.....	216



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	12
ตาราง 2 เกณฑ์การประเมินผลแบบแยกองค์ประกอบของสิริพร ทิพย์คง	29
ตาราง 3 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเกณฑ์รวมของสถาบันการ สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555 ข)	32
ตาราง 4 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเกณฑ์ย่อยของสถาบันการ สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555 ก)	33
ตาราง 5 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้วิจัย	34
ตาราง 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาปลายปิดและปัญหาปลายเปิด	40
ตาราง 7 แสดงการวิเคราะห์ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และ จำนวนชั่วโมง	62
ตาราง 8 แสดงการวิเคราะห์ข้อสอบตามผลการเรียนรู้ เพื่อกำหนดจำนวนข้อสอบของแบบวัด ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	67
ตาราง 9 เกณฑ์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	70
ตาราง 10 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เป็น รายบุคคล	79
ตาราง 11 สรุปปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปัญหจากวงจรปฏิบัติการที่ 1	86
ตาราง 12 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เป็น รายบุคคล	89
ตาราง 13 สรุปปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปัญหจากวงจรปฏิบัติการที่ 2	96
ตาราง 14 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เป็น รายบุคคล	99
ตาราง 15 สรุปปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปัญหจากวงจรปฏิบัติการที่ 3	107

ตาราง 16 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 เป็นรายบุคคล.....	111
ตาราง 17 สรุปปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปัญหจากวงจรปฏิบัติการที่ 4.....	119
ตาราง 18 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 5 เป็นรายบุคคล.....	123
ตาราง 19 สรุปปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปัญหจากวงจรปฏิบัติการที่ 5.....	130
ตาราง 20 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 6 คน ทั้ง 5 วงจรปฏิบัติการ.....	132
ตาราง 21 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	199
ตาราง 22 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	200
ตาราง 23 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	201
ตาราง 24 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ในวงจรปฏิบัติการที่ 4.....	202
ตาราง 25 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร.....	212
ตาราง 26 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสัมภาษณ์นักเรียน.....	215



สารบัญภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบความคิดที่เน้นความเป็นพลวัต และวงจรธรรมชาติของการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Wilson et al. (1993 อ้างใน ปรีชา เนาว์เย็นผล, 2544).....	19
ภาพประกอบ 2 แสดงสถานการณ์การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open-Approach Method) ...	43
ภาพประกอบ 3 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	59
ภาพประกอบ 4 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (1988).....	61
ภาพประกอบ 5 สรุปขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร	66
ภาพประกอบ 6 สรุปขั้นตอนการสร้าแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	72
ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 1	80
ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 1	81
ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	90
ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 2	91
ภาพประกอบ 11 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	101
ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 3	102
ภาพประกอบ 13 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 4	112

ภาพประกอบ 14 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 4	113
ภาพประกอบ 15 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 5	124
ภาพประกอบ 16 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 5	125
ภาพประกอบ 17 ตัวอย่างชั้นนำเสนอสถานการณ์ปัญหา	217
ภาพประกอบ 18 ตัวอย่างขั้นเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน	217
ภาพประกอบ 19 ตัวอย่างขั้นอภิปรายผลและเปรียบเทียบแนวคิดทั้งชั้นเรียน	218
ภาพประกอบ 20 ตัวอย่างขั้นสรุปบทเรียนจากการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน	218
ภาพประกอบ 21 ตัวอย่างใบกิจกรรมอยากให้เธอออมเงินกลุ่มที่ 1	219
ภาพประกอบ 22 ตัวอย่างใบกิจกรรมอยากให้เธอออมเงินกลุ่มที่ 2	220



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้เกิดการวางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกันกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คณิตศาสตร์เป็นสาระหนึ่งที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนรู้คุณค่าของคณิตศาสตร์ ฝึกฝนให้เกิดทักษะ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ให้มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล สามารถสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์สามารถเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ตลอดจนนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ดังนั้นความสามารถในการแก้ปัญหาจึงเป็นทักษะหนึ่งที่จะช่วยให้ปรับตัวอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข การสอนให้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนรู้จักการแก้ปัญหาและฝึกทักษะในการแก้ปัญหาไปพร้อม ๆ กัน ดังนั้นนักเรียนจะประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาได้ นักเรียนจะต้องลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง นักเรียนควรเรียนรู้ได้ คิด อธิบาย และเปรียบเทียบแนวคิดที่หลากหลายจนเกิดเป็นกระบวนการแก้ปัญหาของตนเอง (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2558)

จากการศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกี่ยวกับการทำข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของสมาคมนานาชาติเพื่อการประเมินผลทางการศึกษาพบว่านักเรียนในประเทศไทยทำคะแนนได้ดีสำหรับข้อสอบแบบเลือกตอบที่ใช้ทักษะพื้นฐานหรือข้อสอบที่ใช้ความจำ แต่นักเรียนไม่สามารถทำข้อสอบที่เป็นโจทย์ปัญหาที่ต้องคิดวิเคราะห์หรือต้องเขียนคำตอบอธิบายได้ (สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) แสดงให้เห็นถึงปัญหาในการคิดวิเคราะห์และเรียบเรียงความคิดออกมาเป็นคำพูดของนักเรียนได้ ซึ่งสาเหตุมาจากครูคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ใช้แนวทางการสอนแบบเดิม กล่าวคือ เน้นการบรรยาย สาธิต อธิบาย และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด โดยลำดับการสอนคือ การทบทวนบทเรียนก่อนหน้า การศึกษาความรู้ใหม่ในใบความรู้หรือการบรรยายเนื้อหาใหม่ การทำแบบทดสอบ การตรวจคำตอบ และการสรุปบทเรียน การสอนแบบนี้เป็นเพียงการที่ให้นักเรียนรับเอาข้อมูลเพื่อจำเท่านั้น โดยไม่ได้ทำความเข้าใจอย่าง

แท้จริง กล่าวได้ว่าการจัดการเรียนรู้เช่นนี้เป็นการมุ่งเน้นที่คำตอบมากกว่ากระบวนการในการหาคำตอบ ครูไม่ให้ความสำคัญกับกระบวนการเรียนรู้ส่วนบุคคลของนักเรียนในระหว่างหาคำตอบ เป็นการปิดกั้นโอกาสในการพัฒนาศักยภาพด้านการคิดขั้นสูง ส่งผลให้นักเรียนขาดทักษะในการแก้ปัญหาและไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์อื่นได้ จากสภาพปัญหาดังกล่าวครูผู้สอนจะต้องปรับเปลี่ยนวิธีการสอนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสดำเนินการหาคำตอบด้วยตนเอง โดยให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีส่วนร่วมในการเรียนการสอน ซึ่งช่วยให้พวกเขาได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา นอกจากนี้ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นและทดลองแนวคิดใหม่ ๆ จะนำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ ๆ ที่มีคุณค่า (พวงทอง พูนพัฒน์, 2561)

การแก้ปัญหาเป็นหัวใจของคณิตศาสตร์ที่นักเรียนต้องอาศัยทักษะการคิดคำนวณ ความคิดรวบยอด หลักการ กฎและสูตรต่าง ๆ นำไปใช้แก้ปัญหา ซึ่งมีความสำคัญต่อชีวิต และในฐานะผู้สอนสามารถสร้างให้เกิดขึ้นได้ ในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนรู้จักแก้ปัญหา จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล มีลำดับขั้นตอน และมีเหตุผลในการตัดสินใจ ดังที่ NCTM (1991) ว่า การแก้ปัญหามustเป็นจุดเน้นที่สำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งนำเสนอแนวคิดต่าง ๆ เกี่ยวกับการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียนที่เชื่อว่าจะทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น สิ่งนี้ส่งผลให้นักการศึกษาทั่วโลกหันมาสนใจศึกษาการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ (Liljedahl & Santos-Trigo, 2019)

การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ถือเป็นหนึ่งในเป้าหมายหลักของการศึกษาคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา เนื่องจากทักษะการแก้ปัญหามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้และการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันและในวิชาชีพในอนาคต ความสามารถในการแก้ปัญหาไม่เพียงแต่ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจและประยุกต์ใช้ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ แต่ยังช่วยเสริมสร้างทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ การวิเคราะห์ และการตัดสินใจที่สำคัญ

จากผลการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ค22202 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านขอนแก่น(นิกรราษฎร์ศรัทธาการ) ปีการศึกษา 2567 พบว่านักเรียนมีปัญหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ปัญหาและกระบวนการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ไม่เป็นลำดับขั้นตอน อีกทั้งส่วนใหญ่ตอบคำถามในชั้นเรียนโดยเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ตัวเองคิดว่าเหมาะสมที่สุดในทันที ขาดการพิจารณาและวิเคราะห์ปัญหานั้นอย่างถี่ถ้วนและเป็นลำดับขั้น

ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หรือรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่จะนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น พบว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการแบบเปิด เป็นวิธีการสอนที่เน้นการพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาปลายเปิด ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความหลากหลายของวิธีการหาคำตอบหรือความหลากหลายของคำตอบเพื่อให้นักเรียนได้ลงมือแก้ปัญหา

และแลกเปลี่ยนเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาาร่วมกันกับเพื่อนซึ่งสอดคล้องกับไมตรี อินประสิทธิ์ (2546) กล่าวว่าวิธีการแบบเปิดเป็นวิธีการสอนแบบหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดระดับสูงทางคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาเป็นสื่อในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจและทักษะของนักเรียน นักเรียนสามารถค้นพบสูตร กฎ และหลักการทางคณิตศาสตร์ได้ด้วยตนเองซึ่งเป็นการช่วยขยายความหมายทางการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยตนเอง การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งจะเตรียมความพร้อมให้พวกเขาสำหรับการศึกษาต่อและการทำงานในอนาคต

การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการศึกษาค้นคว้าอย่างมีระบบและเชื่อถือได้ เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง เพื่อพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน โดยครูผู้สอนเป็นผู้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเองในขณะที่มีการเรียนการสอน (กิตติพร ปัญญาภิญโญผล, 2541) ซึ่งขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในการนำไปใช้เพื่อพัฒนาปรับปรุงสภาพการเรียนการสอนจริงในโรงเรียนมีดังนี้ 1) ขั้นวางแผน เริ่มต้นด้วยการสำรวจปัญหาที่สำคัญที่ต้องการให้มีการแก้ไขปัญหานั้นเกี่ยวข้องกับใคร มีการกำหนดแนวทางการปฏิบัติการไว้ล่วงหน้าโดยคำนึงถึงความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนกับสถานการณ์ 2) ขั้นปฏิบัติการ เป็นการนำแนวคิดที่กำหนดในขั้นวางแผนมาดำเนินการลงมือปฏิบัติและจำเป็นต้องมีการใช้การวิเคราะห์ วิจัยอุปสรรคประกอบไปด้วย โดยรับฟังจากผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ จากการลงมือปฏิบัติจะเป็นข้อมูลย้อนกลับว่าแผนที่วางไว้เหมาะสมหรือไม่ ปฏิบัติจริงได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น 3) ขั้นสังเกตการณ์ เป็นการติดตามผลปฏิบัติการ โดยรวบรวมผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติทั้งการเห็นด้วยตา การได้ฟัง และการใช้เครื่องมือแบบทดสอบวัดผลออกมาในเชิงตัวเลข หรือใช้แบบสำรวจ แบบสอบถามวัดสิ่งที่ต้องการทราบความเปลี่ยนแปลง 4) ขั้นสะท้อนผล เป็นการประเมินหรือตรวจสอบกระบวนการ ปัญหาที่เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติการ ตรวจสอบปัญหา เพื่อนำข้อมูลไปพัฒนาขั้นตอนการดำเนินการจัดกิจกรรมนำไปสู่การปรับปรุงและการวางแผนการปฏิบัติการต่อไป (Kemmis & McTaggart, 1988)

จากที่กล่าวมาทำให้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด มาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เนื่องจากเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม ที่เน้นให้นักเรียนได้เกิดความคิด การลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเองอย่างหลากหลาย ซึ่งจะนำมาใช้ในการให้ผู้เรียนฝึกทักษะการแก้ปัญหาในรายวิชาคณิตศาสตร์และใช้เป็นแนวทางพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ให้นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ความสำคัญของการวิจัย

1. ผลการวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้แนวคิดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
2. เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนา รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการแบบเปิดในเรื่องอื่น ๆ ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (1988)

1.กลุ่มเป้าหมาย กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านขอนแก่น(นิกรราษฎร์ศรัทธาการ) จังหวัดร้อยเอ็ด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาร้อยเอ็ด เขต 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 6 คน โดยเป็นกลุ่มนักเรียนที่ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนการสอนแล้วพบว่านักเรียนมีผลการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่ำ จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในรายวิชาคณิตศาสตร์ และได้พบว่าผู้เรียนไม่สามารถค้นหาวิธีการที่หลากหลายมาอธิบายวิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบของตนเองได้

2.ขอบเขตด้านเนื้อหา เนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ม.2 ค22202 เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร จำนวน 12 แผนการเรียนรู้ แผนการเรียนรู้ละ 1 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง

3.ตัวแปรที่ศึกษา ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

- 3.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด Open Approach
- 3.2 ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด หมายถึง การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำเสนอปัญหาปลายเปิดให้กับนักเรียน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่ในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความคิดอย่างอิสระตามความสามารถของตนเอง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการนำเสนอปัญหาปลายเปิด หมายถึง ขั้นตอนการดำเนินการที่ครูผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด จากนั้นให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหาโดยมีครูผู้สอนทำหน้าที่สร้างความเข้าใจร่วมกันในสถานการณ์ปัญหา เพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อน โดยการใช้คำถามนำหรือกลวิธีเพื่อกระตุ้น ให้นักเรียนเกิดการคิดค้นหาวิธีการแก้ปัญหา จากนั้นครูใช้ใบกิจกรรมให้นักเรียนทำในห้องเรียนโดยทำเป็นกลุ่ม

2. ขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยตัวเองของนักเรียน หมายถึง ขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนแก้ปัญหาอย่างอิสระ โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่หรือศึกษาแนวคิดเพิ่มเติมเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งบันทึกแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเองลงในใบกิจกรรมที่ครูสร้างขึ้นเพื่อนำเสนอหน้าชั้นเรียน

3. ขั้นตอนอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดในชั้นเรียน หมายถึง ขั้นตอนการดำเนินการที่ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอหน้าชั้นเรียน เพื่อให้เพื่อนได้รับทราบถึงวิธีการคิดของนักเรียนตามลำดับแนวคิดที่ครูกำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งในขั้นนี้ครูสามารถที่จะประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มก็ได้

4. ขั้นเชื่อมโยงและสรุปแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หมายถึง ขั้นตอนการดำเนินการที่ครูและนักเรียนดำเนินการร่วมกันรวบรวมแนวคิดที่คล้ายกัน ที่ได้การนำเสนอหน้าชั้นเรียน แล้วสรุปเป็นข้อ ๆ จากนั้นครูเชื่อมโยงแนวคิดเข้ากับเป้าหมายของบทเรียนให้มีความลงตัวพอดี ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูได้เตรียมการมาล่วงหน้าแล้ว และให้นักเรียนสรุปเป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ด้วยถ้อยคำของตนเอง

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนสามารถใช้ความรู้ ทักษะ และกระบวนการคิดที่หลากหลาย ในการทำความเข้าใจปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา และสามารถให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง พร้อมทั้งตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบนั้นได้อย่างน่าเชื่อถือ โดยความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นี้จะได้รับการพัฒนาหลังจากการที่ผู้เรียนได้เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย วิธีการแบบเปิด และจะถูกวัดเป็นค่าคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างขึ้นในรูปแบบของข้อสอบอัตนัย โดยพิจารณาความสามารถใน 4 ด้านหลักที่อ้างอิงและขยายความจาก วิธีการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของ ดังนี้

2.1 การทำความเข้าใจปัญหา หมายถึง ขั้นตอนดำเนินการที่นักเรียนจะทำความเข้าใจลักษณะของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เผชิญอยู่ รวมถึงการตีความคำถาม กำหนดสิ่งที่โจทย์ต้องการ ค้นหา หรือสิ่งที่ไม่รู้ ให้มีความชัดเจนและถูกต้องที่สุด การทำความเข้าใจที่ถูกต้องเป็นรากฐานสำคัญของการแก้ปัญหาทั้งหมด

2.2 ขั้นวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา หมายถึง ขั้นตอนที่นักเรียนจะใช้ความคิดอย่างมีวิจารณญาณและสร้างสรรค์ เพื่อคิดค้นและวางแผนหาวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหานั้นๆ โดยจะมีการเลือกกลยุทธ์หรือเทคนิคที่หลากหลายที่สามารถนำมาใช้ในการหาคำตอบได้ ซึ่งอาจรวมถึงการวาดภาพประกอบ การคลี่รูปเพื่อมองภาพรวม การอ้างอิงถึงรูปทรง 2 มิติเพื่อช่วยในการมองเห็น หรือการนำทฤษฎี บทนิยาม และหลักการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนหา

2.3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา หมายถึง การที่นักเรียนนำแผนที่ได้วางไว้ในขั้นตอนก่อนหน้านี้ มาปฏิบัติจริงในการแก้ปัญหายังเป็นระบบ โดยใช้กลยุทธ์และวิธีการที่ได้เลือกไว้ เพื่อดำเนินการคำนวณ หรือการทดลองตามที่โจทย์กำหนดอย่างรอบคอบและถูกต้อง เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา

2.4 ขั้นตรวจสอบผล หมายถึง ขั้นตอนในการที่นักเรียนจะทบทวนและตรวจสอบทั้งผลลัพธ์ที่ได้และกระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมดอย่างละเอียด นักเรียนจะต้องตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้นั้นมีความสอดคล้องกับโจทย์และบริบทของปัญหาหรือไม่ ทบทวนแต่ละขั้นตอนที่ใช้ไปเพื่อพิจารณาความถูกต้องและสมบูรณ์ จากนั้น ควรพิจารณามองหาวิธีแก้ปัญห่อื่น ๆ ที่อาจมีประสิทธิภาพ หรือเป็นวิธีที่ง่ายกว่า เพื่อเป็นการขยายมุมมองและเพิ่มความเข้าใจ สุดท้ายคือการสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกระบวนการแก้ปัญหานี้ เพื่อนำไปปรับใช้และพัฒนาทักษะในการแก้ปัญหาให้ดียิ่งขึ้นในอนาคต



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. สารสำคัญของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
 - 1.1 คุณภาพผู้เรียน
 - 1.2 สารและมาตรฐานการเรียนรู้
 - 1.3 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
 - 1.4 การวัดและประเมินผล
 - 1.5 หลักสูตรสถานศึกษา
2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.2 ประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์
 - 2.3 กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
 - 2.4 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.5 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.6 การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach)
 - 3.1 ความหมายของวิธีการแบบเปิด
 - 3.2 ประเภทของวิธีการแบบเปิด
 - 3.3 การสร้างวิธีการแบบเปิด
 - 3.4 ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด
4. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research)
 - 4.1 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
 - 4.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
 - 4.3 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

6. กรอบแนวคิดการวิจัย

1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

1.1 คุณภาพผู้เรียน

เมื่อจบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 นักเรียนควรจะสามารถดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

- 1) เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับเซตและตรรกศาสตร์เบื้องต้นในการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์
- 2) เข้าใจและใช้หลักการนับเบื้องต้น การเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่ ในการแก้ปัญหา และนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้
- 3) นำความรู้เกี่ยวกับเลขยกกำลัง พหุคูณ ลำดับและอนุกรม ไปใช้ในการแก้ปัญหา รวมทั้งปัญหาเกี่ยวกับดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน
- 4) เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอข้อมูล และแปลความหมายข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจ
- 5) เข้าใจและใช้สมบัติจำนวนจริงและพหุนาม
- 6) เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับฟังก์ชันฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ฟังก์ชันลอการิทึม และฟังก์ชันตรีโกณมิติ
- 7) เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์
- 8) เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับเมทริกซ์
- 9) เข้าใจและใช้สมบัติของจำนวนเชิงซ้อน
- 10) นำความรู้เกี่ยวกับเวกเตอร์ในสามมิติไปใช้
- 11) เข้าใจและใช้หลักการนับเบื้องต้นการเรียงสับเปลี่ยนและการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา และนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้ นำความรู้เกี่ยวกับลำดับและอนุกรมไปใช้
- 12) เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอข้อมูลและแปลความหมายข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจ
- 13) หาความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิดจากตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงเอกรูปลูกการแจกแจงทวินามและการแจกแจงปกติและนำไปใช้

14) นำความรู้เกี่ยวกับแคลคูลัสเบื้องต้นไปใช้

1.2 สารและมาตรฐานการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์จัดเป็น 3 สาร ได้แก่ จำนวนและพีชคณิต การวัดและเรขาคณิต สถิติและความน่าจะเป็น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ และเมทริกซ์ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัดและนำไปใช้

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์

ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 3.2 เข้าใจการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

1.3 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในที่นี้ เน้นที่ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นและต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ได้แก่ ความสามารถต่อไปนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

1) การแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา คัดวิเคราะห์ วางแผนแก้ปัญหา และเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง

- 2) การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการใช้รูปภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมาย สรุปผล และนำเสนอได้อย่างถูกต้อง
- 3) การเชื่อมโยง เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้คณิตศาสตร์เนื้อหาต่างๆ หรือศาสตร์อื่นๆ และนำไปใช้ในชีวิตจริง
- 4) การให้เหตุผล เป็นความสามารถในการให้เหตุผล รับฟังและให้เหตุผลสนับสนุนหรือโต้แย้งเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยมีข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รองรับ
- 5) การคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถในการขยายแนวคิดที่มีอยู่เดิม หรือสร้างแนวคิดใหม่เพื่อปรับปรุง เพื่อพัฒนาองค์ความรู้

1.4 การวัดผลและการประเมินผล

การวัดผลและประเมินผลทางคณิตศาสตร์ควรมุ่งเน้นการวัดสมรรถภาพ โดยรวมของผู้เรียนเป็นหลัก (Performance Examination) และผู้สอนต้องถือว่าการวัดผลและการประเมินผลเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการจัดการเรียนรู้ อย่างไรก็ตามสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์นั้น หัวใจของการวัดผลและการประเมินผลไม่ใช่อยู่ที่การวัดเพื่อประเมินตัดสินได้หรือตกของผู้เรียนเพียงอย่างเดียว แต่อยู่ที่การวัดผลเพื่อวินิจฉัยหาจุดบกพร่อง ตลอดจนการวัดผลเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอนที่ช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนได้สามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประเมินผลที่ดีนั้นต้องมาจากการวัดผลที่ดี กล่าวคือจะต้องเป็นการวัดผลที่มีความถูกต้อง (Validity) และมีความเชื่อมั่น (Reliability) และการวัดผลนั้นต้องมีการ วัดผลด้วยวิธีต่าง ๆ ที่หลากหลายตามสภาพ และผู้สอนจะต้องวัดให้ต่อเนื่อง ครอบคลุมและทั่วถึง เมื่อนำผลการวัดทั้งหลายมารวม สรุปก็จะทำให้การประเมินผลนั้นถูกต้องใกล้เคียงตามสภาพจริง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

1.5 หลักของสูตรสถานศึกษา

โรงเรียนบ้านขอนแก่น(นิกรราษฎร์ศรัทธาการ) (2551) ตามที่หลักสูตรการศึกษาแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้ให้สถานศึกษาจัดทำหลักของสูตรสถานศึกษา จัดกระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้ป้องกันและแก้ไขปัญหา จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่าน และเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง ผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างเป็นสัดส่วนสมดุลกัน ปลูกฝังคุณธรรมค่านิยมที่ดีงาม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้ อำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ โดยคำนึงถึง ความ

แตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ทุกสถานที่ ในหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้จัดทำหลักสูตรขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการจัดกระบวนการเรียนการสอน ดังนี้

1. ลักษณะของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ครูได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามสาระ เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ มีขอบข่ายเนื้อหาในแต่ละหัวข้อ เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมแต่ละหัวข้อ ทั้งนี้ครูผู้สอนสามารถปรับได้ตามความเหมาะสมกับผู้เรียนเพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้จบลงตามเวลาที่มียู่

2. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรสถานศึกษารายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ได้มีการปรับปรุงให้เหมาะสมกับสภาพสังคมที่มีจุดมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาให้นักเรียนเกิดความสุขและความเพลิดเพลินในการเรียนรู้ เปรียบเสมือนเป็นวิธีสร้างกำลังใจและเร้าใจให้เกิดความก้าวหน้าแก่ผู้เรียนให้มากที่สุด มีความรู้สูงสุด สำหรับผู้เรียนทุกคนควรสร้างความเข้มแข็ง ความสนใจ และประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดความมั่นใจในการเรียนรู้ และทำงานอย่างอิสระ มีทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญ ๆ ในการอ่าน เขียน เพื่อให้เกิดกระบวนการคิดอย่างอย่างมีเหตุผล

3. คำอธิบายรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ค22202

ศึกษาและฝึกทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์อันได้แก่ การแก้ปัญหา การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ การให้เหตุผล และการคิดสร้างสรรค์ในสาระดังต่อไปนี้ รูปสองมิติ รูปสามมิติ พื้นที่ผิวและปริมาตรของของปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และทรงกลม

โดยจัดประสบการณ์หรือสร้างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำสภาพทางด้านสังคมและวัฒนธรรมด้านเศรษฐกิจของประเทศสมาชิกอาเซียนให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าโดยการปฏิบัติจริง ทดลอง สรุป รายงาน เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการในการคิดคำนวณ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และนำประสบการณ์ด้านความรู้ ความคิด ทักษะกระบวนการที่ได้ไปในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และใช้ในชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์ รวมทั้งเห็นคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ สามารถทำงานอย่างเป็นระบบระเบียบ มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ มีวิจารณญาณ และมีความเชื่อมั่นในตัวเอง

การวัดและประเมินผลใช้วิธีการที่หลากหลายตามสภาพความเป็นจริงให้สอดคล้องกับเนื้อหาและทักษะที่ต้องการวัด ซึ่งมีผลการเรียนรู้ ดังนี้

ตาราง 1 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
รูป 2 มิติ และ รูปทรง 3 มิติ	1.นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างระหว่างรูปร่าง และรูปทรง 3 มิติ	1
รูปทรง 3 มิติ	1.นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะรูปทรงของ ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และทรงกลมได้ 2.นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสิ่งของในชีวิตประจำวันที่มี ลักษณะคล้ายรูปทรงของ ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และทรงกลมได้	1
พื้นที่ผิวปริซึม	1.นักเรียนสามารถอธิบายรูปคลี่ของทรงปริซึมและบอก ชื่อได้ 2. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของปริซึมได้ 3.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองปริซึมได้	1
ปริมาตรปริซึม	1. นักเรียนสามารถหาปริมาตรของปริซึมได้ 2.นักเรียนสามารถเขียนอธิบายที่มาของปริมาตรปริซึม ได้	1
พื้นที่ผิวพีระมิด	1.นักเรียนอธิบายรูปคลี่ของพีระมิดและบอกชื่อได้ 2. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของพีระมิดได้ 3.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองพีระมิดได้	1
ปริมาตรพีระมิด	1.นักเรียนสามารถหาปริมาตรของพีระมิดได้ 2.นักเรียนสามารถเขียนอธิบายที่มาของปริมาตรพีระมิด ได้	1
พื้นที่ผิว ทรงกระบอก	1.นักเรียนสามารถอธิบายรูปคลี่ของทรงกระบอกได้ 2. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอกได้ 3.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทรงกระบอกได้	1
ปริมาตร ทรงกระบอก	1. นักเรียนสามารถหาปริมาตรของทรงกระบอกได้ 2.นักเรียนสามารถเขียนอธิบายที่มาของปริมาตร ทรงกระบอกได้	1

ตาราง 1 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
พื้นที่ผิวกรวย	1.นักเรียนอธิบายรูปคลี่ของกรวยได้ 2. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของกรวยได้ 3.นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวข้างของกรวยและพื้นที่ของรูปวงกลมได้จากการสร้างแบบจำลองกรวย	1
ปริมาตรกรวย	1.นักเรียนสามารถหาปริมาตรของกรวยได้ 2.นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกรวยและทรงกระบอกที่มีรัศมีของฐานเท่ากันได้	1
พื้นที่ผิวทรงกลม	1. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของทรงกลมได้ 2.นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวทรงกลมและพื้นที่ผิวข้างของทรงกระบอกที่มีรัศมีของฐานทรงกระบอกเท่ากับรัศมีของทรงกลม	1
ปริมาตรทรงกลม	1.นักเรียนสามารถหาปริมาตรของทรงกลมได้ 2.นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรทรงกลมและทรงกระบอกที่มีรัศมีของฐานทรงกระบอกเท่ากับรัศมีของทรงกลมได้	1

จากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นหนึ่งในกลุ่มสาระที่สำคัญที่กำหนดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ เนื่องจากคณิตศาสตร์มีบทบาทที่สำคัญต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 คณิตศาสตร์นอกจากจะช่วยให้มนุษย์คิดอย่างมีระบบ แบบแผน สร้างสรรค์ ยังช่วยให้เราสามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาด้วยความสมเหตุสมผล กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มุ่งเน้นในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา โดยเนื้อหาเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ เนื้อหาด้านนี้ไม่เพียงแต่ทำให้นักเรียนมีความ

เข้าใจพื้นฐานในเรื่องเรขาคณิต แต่ยังสร้างทักษะที่ส่งเสริมให้สามารถคิดวิเคราะห์และตัดสินใจในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ อีกทั้งยังสามารถช่วยสร้างความมั่นใจในการแก้ปัญหาได้ นักเรียนจะได้รับประสบการณ์ในการแก้โจทย์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งช่วยพัฒนาความมั่นใจในการเผชิญปัญหาในอนาคต

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

จากการศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ที่มีทักษะการแก้ปัญหาเป็นหนึ่งในทักษะที่ครูผู้สอนจะต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหา ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์

Anderson & Pingry (1973) ได้กล่าวถึงความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ในเชิงที่ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือสถานการณ์หรือคำถามที่บุคคลเผชิญแล้วไม่สามารถแก้ไขได้โดยตรงจากการใช้ความรู้ที่มีอยู่ในขณะนั้น แต่ต้องใช้กระบวนการวิเคราะห์และสร้างวิธีการใหม่เพื่อหาคำตอบ

ในความหมายนี้ ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่ใช่เพียงแค่คำถามที่ต้องการคำตอบ แต่เป็นการท้าทายให้ผู้แก้ไขต้องคิดอย่างลึกซึ้ง และใช้วิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งหมายความว่า ผู้ที่แก้ปัญหาจะต้องพัฒนากลยุทธ์ วิธีการใหม่ๆ หรือเชื่อมโยงความรู้เก่าที่มีอยู่เพื่อแก้ปัญหานั้นได้

Anderson & Ball (1978) ได้กล่าวถึงความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือสถานการณ์ที่ต้องการการแก้ไขโดยใช้กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะการเชื่อมโยงความรู้เดิมที่มีอยู่เข้ากับแนวคิดใหม่ ๆ เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งไม่สามารถใช้วิธีการตอบปัญหาแบบตรงไปตรงมาหรือสูตรสำเร็จได้ โดยเน้นว่าการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ต้องอาศัยทักษะการคิดวิเคราะห์ การวางแผน และการประเมินสถานการณ์เพื่อค้นหาวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหานั้น

Merliss & Daniel (2001) ได้กล่าวถึงปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นสถานการณ์หรือข้อคำถามที่ต้องการการใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบ ซึ่งไม่สามารถหาคำตอบได้โดยตรงจากสูตรหรือความรู้ที่มีอยู่ แต่ต้องใช้กระบวนการคิด วิเคราะห์ และประยุกต์ความรู้ที่มีเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง

Polya (1973) ได้กล่าวว่าปัญหาทางคณิตศาสตร์คือสถานการณ์ที่ท้าทายความอยากรู้อยากเห็นและกระตุ้นความสามารถในการคิดค้น กล่าวคือ เป็นสถานการณ์ที่ผู้แก้ ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันทีด้วยการใช้สูตรสำเร็จหรือวิธีการที่ตายตัวที่เคยเรียนรู้มาแล้ว แต่กลับต้องอาศัย

กระบวนการคิดวิเคราะห์ การวางแผน การดำเนินการ และการตรวจสอบย้อนกลับอย่างเป็นระบบ เพื่อค้นพบแนวทางหรือคำตอบ ซึ่งนี่คือสิ่งที่ Polya มองว่าเป็นหัวใจของการแก้ปัญหาที่แท้จริง

กัจจกร มณีแก้ว (2539) ได้ให้ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นสถานการณ์หรือคำถามที่ผู้เรียนต้องเผชิญ ซึ่งต้องอาศัยกระบวนการคิด การวิเคราะห์ และการใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ในการแก้ไข โดยปัญหาทางคณิตศาสตร์มักไม่สามารถแก้ไขได้โดยตรงจากความรู้หรือทักษะที่มีอยู่ในทันที แต่ต้องมีการประยุกต์ความรู้หรือทักษะที่หลากหลายในการหาคำตอบ โดยแนวคิดนี้เน้นให้เห็นว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นมากกว่าการใช้สูตรสำเร็จหรือความรู้ที่มีอยู่ แต่ต้องอาศัยการคิดสร้างสรรค์ การวิเคราะห์เชิงลึก และการเชื่อมโยงความรู้หลายด้านเข้าด้วยกัน

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2556) ได้กล่าวถึงความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์คือสถานการณ์หรือโจทย์ที่ต้องการการแก้ไข ซึ่งไม่สามารถหาคำตอบได้โดยตรงจากการจดจำสูตรหรือความรู้เดิมที่ผู้เรียนมี แต่ผู้เรียนต้องอาศัยกระบวนการคิด การแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล และการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ เพื่อค้นหาวิธีการแก้ไขที่เหมาะสม โดยเน้นว่าการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่ใช่เพียงการใช้ความรู้ที่มีอยู่ แต่ต้องอาศัยทักษะในการวิเคราะห์ การตีความ และการสังเคราะห์แนวคิดใหม่ ๆ เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องและเหมาะสมกับสถานการณ์

จากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่านที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือสถานการณ์หรือข้อคำถามที่ต้องการการใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ในการแก้ไข ซึ่งไม่สามารถหาคำตอบได้โดยตรงจากการใช้ความรู้ที่มีอยู่ แต่ต้องใช้กระบวนการคิด วิเคราะห์ และการประยุกต์ความรู้เพื่อค้นหาคำตอบที่ถูกต้อง

2.2 ประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์

Polya (1973) ได้จำแนกประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็นสองประเภทหลักคือ

1. ปัญหาที่ต้องค้นหา (Problems to Find) เป็นปัญหาที่ผู้แก้ต้องทำการคำนวณ ค้นหาสิ่งที่ไม่รู้ หรือกำหนดค่าปริมาณที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ผิวและปริมาตร ซึ่งมักจะอยู่ในรูปของตัวเลข หน่วย หรือวิธีการ ตัวอย่างปัญหาเช่น

"จงหาพื้นที่ผิวทั้งหมดของกล่องสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ที่แต่ละด้านยาว 3 เซนติเมตร เพื่อคำนวณหาปริมาณกระดาษที่ต้องใช้ในการห่อกล่องนี้"

เหตุผลในการจำแนกคือ ปัญหานี้ต้องการให้ผู้แก้ ค้นหา พื้นที่ผิวทั้งหมดของกล่อง เพื่อนำไปใช้ประมาณปริมาณวัสดุที่ต้องใช้

2. ปัญหาที่ต้องพิสูจน์ (Problems to Prove) เป็นปัญหาที่ผู้แก้ต้องแสดงให้เห็นถึงเหตุผลเชิงตรรกะหรือการพิสูจน์ว่าข้อความหรือความสัมพันธ์บางอย่างเกี่ยวกับพื้นที่ผิวและปริมาตรนั้น "เป็นจริง" หรือ "เป็นเท็จ" ตามหลักการทางคณิตศาสตร์ ตัวอย่างปัญหาเช่น

“จงหาว่าจะตักน้ำจากกรวยใสในทรงกระบอกกี่ครั้งจึงจะเต็มพอดี เมื่อรัศมีของฐานทรงกระบอกและรัศมีของกรวยเท่ากัน, ความสูงของทรงกระบอกและกรวยเท่ากัน”

เหตุผลในการจำแนกคือ ปัญหาไม่ได้ต้องการให้คำนวณค่าเฉพาะ แต่ต้องการให้ผู้แก้ พิสูจน์ ความสัมพันธ์ทั่วไประหว่างรัศมีและปริมาตรของทรงกลม โดยใช้หลักการทางพีชคณิตและสูตรปริมาตร

Reys, Suydam and Lindquist (1995) ได้แบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้

1. ปัญหาที่มีคำตอบที่ชัดเจนและสามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรหรือวิธีการที่กำหนดไว้ เช่น การคำนวณค่าของนิพจน์ทางคณิตศาสตร์ที่สามารถใช้สูตรมาตรฐานได้
 2. ปัญหาที่มีหลายวิธีในการแก้ไข หรือมีหลายคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งสามารถให้ผู้เรียนสร้างวิธีการแก้ปัญหิต่าง ๆ ได้และค้นพบวิธีการที่หลากหลาย
 3. ปัญหาที่ต้องการการใช้กลยุทธ์และการคิดวิเคราะห์เพื่อค้นหาวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ไข โดยมักจะมีลักษณะของความท้าทายและความต้องการในการใช้ทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์
- จากแนวคิดของนักการศึกษาที่กล่าวมา ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการแบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นขึ้นอยู่กับเกณฑ์การพิจารณา ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้ประเภทปัญหาปลายเปิดเพื่อกระตุ้นการคิดเชิงวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในผู้เรียน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดกว้างและให้ผู้เรียนมีโอกาสนในการสำรวจและสร้างวิธีการใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา

2.3 กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

Polya (1973) ได้เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญ 4 ขั้นตอนได้ดังนี้

1. เข้าใจปัญหา คือทำความเข้าใจลักษณะของปัญหาและสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ ซึ่งรวมถึงการตีความคำถามและกำหนดสิ่งที่ต้องการค้นหาให้ชัดเจน
2. วางแผน คือการคิดและวางแผนวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา โดยเลือกกลยุทธ์ที่สามารถใช้ในการหาคำตอบ เช่น การสร้างสมการ การใช้กราฟ หรือการใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. ดำเนินการ คือการใช้แผนที่วางไว้ในในการแก้ปัญหา โดยการนำกลยุทธ์และวิธีการที่เลือกมาใช้ในการหาคำตอบ และทำการคำนวณหรือการทดลองตามที่กำหนด
4. ตรวจสอบและทบทวน คือการตรวจสอบคำตอบที่ได้และทบทวนขั้นตอนการแก้ปัญหาเพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบที่ได้ถูกต้องและครบถ้วน ตรวจสอบว่าวิธีการที่ใช้ยังสามารถปรับปรุงหรือทำให้ดีขึ้นได้หรือไม่

Krulik and Reys (1980) ในหนังสือได้เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งรวมถึงการจัดการปัญหาทางคณิตศาสตร์และกระบวนการในการคิดค้นวิธีการแก้ปัญหาดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา อ่านและตีความคำถามเพื่อเข้าใจสิ่งที่ปัญหาต้องการให้ค้นหา และข้อกำหนดต่าง ๆ ของปัญหา
2. วางแผน คิดและเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา โดยพิจารณาจากกลยุทธ์ที่มีอยู่และวิธีการที่อาจใช้ในการหาคำตอบ
3. ดำเนินการ โดยการนำแผนที่วางไว้มาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งรวมถึงการคำนวณ การทดลอง หรือการใช้เทคนิคที่เลือก
4. ตรวจสอบผลลัพธ์ ตรวจสอบคำตอบที่ได้และทบทวนกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบถูกต้องและสอดคล้องกับข้อกำหนดของปัญหา

Van Hiele (1986) ได้กล่าวว่าการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการที่ต้องการการเข้าใจลักษณะของปัญหา การวางแผนการแก้ไข การดำเนินการตามแผนที่วางไว้ และการตรวจสอบผลลัพธ์ เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537) ได้แบ่งขั้นตอนการแก้ปัญหา ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา พิจารณาว่าปัญหาต้องการอะไร ปัญหากำหนดอะไร มีความรู้เรื่องใดเกี่ยวข้องบ้าง การทำความเข้าใจปัญหาอาจใช้วิธีต่างๆช่วย เช่น การเขียนรูป การเขียนแผนภูมิ การเขียนสาระของปัญหาลงด้วยถ้อยคำของตนเอง
2. ขั้นวางแผน พิจารณาว่าจะแก้ปัญหด้วยวิธีใด อย่างไร และเป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหา พิจารณาความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ในปัญหาและประสบการณ์ของผู้แก้ปัญหาเอง
3. ขั้นดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนที่ต้องลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียดต่างๆ ของแผนให้ชัดเจนแล้วจึงลงมือปฏิบัติจนได้คำตอบ
4. ขั้นตรวจสอบ เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหามองย้อนกลับไปหขั้นตอนต่างๆ ที่ผ่านมา เพื่อพิจารณาคำตอบ มีการปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์คือขั้นตอนที่ใช้ในการค้นหาและพัฒนาวิธีการเพื่อแก้ไขปัญหที่ซับซ้อนและมีความท้าทาย ในกระบวนการนี้จะรวมถึงการวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนและการใช้วิธีการที่เหมาะสมในการหาคำตอบ

2.4 ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

Polya (1973) ได้กล่าวถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ว่าเป็นทักษะสำคัญในการคิดวิเคราะห์และการค้นหาวิธีการแก้ไขปัญหที่มีความท้าทาย ซึ่งไม่ได้จำกัดอยู่แค่การได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้องเท่านั้น แต่ครอบคลุมกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบใน 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) คือ ความสามารถในการอ่านและตีความปัญหาอย่างละเอียด รวมถึงการระบุข้อมูลที่ให้มา สิ่งที่เกี่ยวข้องที่กำหนด (data) และสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ (unknown) ได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง Polya เน้นว่าการเข้าใจปัญหาอย่างถ่องแท้เป็นรากฐานสำคัญของกระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมด

2. การวางแผน (Devising a Plan) คือ การคิดและเลือกวิธีการหรือกลยุทธ์ที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา ซึ่งอาจรวมถึงการใช้เทคนิคต่าง ๆ ที่ Polya เรียกว่า "Heuristics" เช่น การสร้างสมการ การวาดภาพ การพิจารณาปัญหาที่คล้ายกัน หรือการนำทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ เพื่อสร้างแนวทางในการหาคำตอบ

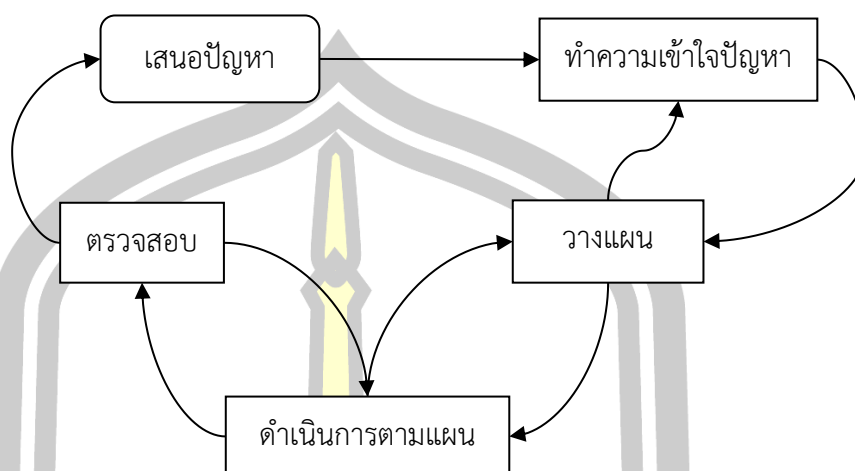
3. การดำเนินการตามแผน (Carrying out the Plan) คือ การนำแผนที่วางไว้มาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน โดยดำเนินการตามวิธีการที่เลือก เช่น การคำนวณอย่างแม่นยำ การทดลองตามเงื่อนไขที่กำหนด หรือการสร้างแบบจำลอง เพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์หรือคำตอบของปัญหา

4. การตรวจสอบและทบทวน (Looking Back) คือ การตรวจสอบคำตอบที่ได้และทบทวนกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหาทั้งหมดอย่างละเอียด เพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบนั้นถูกต้อง สอดคล้องกับข้อกำหนดของปัญหา และมีความสมเหตุสมผล นอกจากนี้ Polya ยังแนะนำให้พิจารณาว่ามีวิธีอื่นที่อาจมีประสิทธิภาพหรือเข้าใจง่ายกว่าหรือไม่ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาในอนาคต

โดยสรุป Polya (1973) เน้นย้ำว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่ใช่เพียงแค่การรู้วิธีการแก้ปัญหา แต่ยังครอบคลุมถึง การเข้าใจลักษณะของปัญหา การวางแผนและเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม การดำเนินการอย่างแม่นยำ และที่สำคัญคือการตรวจสอบและทบทวนผลลัพธ์ เพื่อให้มั่นใจว่าคำตอบที่ได้นั้นถูกต้องและเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สมบูรณ์

Suydam (1990) กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการเข้าใจในความคิดรวบยอดและข้อความทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการแยกแยะความคล้ายคลึง หรือความแตกต่างกัน ความสามารถในการเลือกใช้ข้อมูลและวิธีการที่ถูกต้อง ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์และตีความหมายของข้อเท็จจริงเชิงปริมาณ

Wilson et al. (1993 อ้างใน ปรีชา เนาว์เย็นผล, 2544) ให้ ข้อเสนอแนะว่า กรอบความคิดของขั้นตอนการแก้ปัญหามุ่งเน้นความเป็นพลวัต และวงจรธรรมชาติของการแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยได้เสนอกรอบความคิดที่แสดงความเป็นพลวัต เป็นวงจรที่อธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา มีลักษณะดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 1 กรอบความคิดที่เน้นความเป็นพลวัต และวงจรธรรมชาติของการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Wilson et al. (1993 อ้างใน ปรีชา เนาว์เย็นผล, 2544)

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแสดงวิธีหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยวัดได้จากการตอบคำถามในแต่ละขั้น ดังนี้ 1. การทำความเข้าใจปัญหา 2. การคิดวิเคราะห์หาแนวทางการแก้ปัญหา 3. การดำเนินการแก้ปัญหา 4. การตรวจสอบผล

โดยผู้เรียนจะมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดี เมื่อผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานในสิ่งต่าง ๆ ต่อไปนี้เพียงพอ

1. ภาษา ผู้เรียนจะต้องมีทักษะ 3 ด้าน คือ

1.1 ทักษะการอ่าน สามารถอ่านได้คล่อง ชัดเจน รู้จักแบ่งวรรคตอนได้ถูกต้อง ทั้งการอ่านในใจและการอ่านออกเสียง

1.2 ทักษะการเก็บใจความ เมื่ออ่านข้อความของปัญหาแล้วสามารถแบ่งข้อความของปัญหาได้ว่าตอนใดเป็นสิ่งที่กำหนดให้ ตอนใดเป็นสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบ

1.3 ทักษะการเลือกใช้ข้อความหรือคำ ผู้เรียนต้องสามารถอธิบายความหมายของคำต่าง ๆ อย่างชัดเจน ทั้งคำที่เรียนไปแล้วและคำใหม่ เลือกใช้ได้ถูกต้องตามเจตนารมณ์ของปัญหา

2. ความเข้าใจ ผู้เรียนจะต้องมีทักษะ 3 ด้าน คือ

2.1 ทักษะจับใจความ เมื่ออ่านปัญหาหลาย ๆ ครั้งแล้วสามารถจับใจความ ได้ว่าเป็นเรื่องอะไร ปัญหากำหนดอะไรให้บ้าง ปัญหาต้องการทราบอะไร

2.2 ทักษะตีความ เมื่ออ่านปัญหาแล้วสามารถตีความและแปลความได้ เช่น แปลความจากปัญหาเป็นประโยคสัญลักษณ์ การบวก การลบ การคูณ และการหารได้

2.3 ทักษะแปลความ ประโยคสัญลักษณ์ที่ได้จากการแปลความจากปัญหานั้นต้องสามารถสร้างปัญหาใหม่ในลักษณะเดียวกันได้อีกมากมายและหลากหลาย

3. การคิดคำนวณ ผู้เรียนจะต้องมีทักษะการบวก การลบ การคูณ และการหาร จำนวน การยกกำลัง การแก้สมการเป็นอย่างดี สามารถบวก ลบ คูณ หารจำนวนยกกำลังจำนวนต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว

4. การย่อความสรุปความ ผู้เรียนจะต้องฝึกฝนทักษะ 2 ด้าน คือ

4.1 ทักษะการย่อความ เพื่อเขียนข้อความจากปัญหาในลักษณะย่อความให้รัดกุม ชัดเจน ครบถ้วนตามประเด็นสำคัญ

4.2 ทักษะการสรุปความ สามารถสรุปความจากสิ่งที่กำหนดให้มาเป็นความรู้ใหม่ถูกต้อง สามารถเขียนแสดงวิธีทำได้ทุกบรรทัดอย่างชัดเจน รัดกุมและสื่อความหมายแก่ผู้ตรวจสอบ

5. ฝึกทักษะการแก้ปัญหา ผู้เรียนจะต้องฝึกฝนทักษะตามตัวอย่างตามหนังสือเรียนและจากการแปลความปัญหาเป็นประโยคสัญลักษณ์

อัมพร ม้าคะนอง (2553) กล่าวถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในการทำความเข้าใจปัญหา และวิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหา

2. ประเมินกระบวนการแก้ปัญหาที่ใช้ว่าเหมาะสมและมีประสิทธิภาพเพียงใดและประเมินความสมเหตุสมผลหรือความถูกต้องของคำตอบที่ได้

3. พิสูจน์และแปลความหมายผลที่ได้จากการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงปัญหาดั้งเดิม

4. พัฒนาและใช้กลวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย โดยเน้นปัญหาหลายขั้นตอนและปัญหาที่ไม่คุ้นเคย

5. ปรับเปลี่ยนและขยายความเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา ใช้แนวคิดในการหาคำตอบและกลวิธีแก้ปัญหากับปัญหาใหม่

6. บูรณาการกลวิธีแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทั้งในและนอกห้องเรียน

7. สร้างปัญหาและสถานการณ์จากชีวิตประจำวัน ทั้งในและนอกห้องเรียน และตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาเหล่านั้น

8. ใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริง

9. มีความมั่นใจในการใช้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555 ก) กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการประยุกต์ความรู้ ขั้นตอน หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กลวิธีและยุทธวิธีการแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่ง

ปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อนมักจะต้องใช้ความคิดที่หลากหลาย เช่น คิดวิเคราะห์ คิดเชื่อมโยง คิดเชิงตรรกะ เพื่อหาแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ครูกำหนดขึ้น จากนั้นนักเรียนดำเนินการในการใช้ความรู้ ทักษะ กระบวนการ หรือการแสดงแนวคิดในรูปแบบต่าง ๆ เช่น พฤติกรรม การอ่าน การคิดวิเคราะห์ การเขียน การวาดภาพ เป็นต้น เพื่อทำความเข้าใจปัญหาทางคณิตศาสตร์ และตัดสินใจว่าจะใช้วิธีการใดในการแก้ปัญหาให้ได้มาซึ่งคำตอบ และความสมเหตุสมผลของคำตอบ ภายใต้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด และผู้วิจัยได้ใช้หลักการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา ทั้งนี้เพราะการแก้ปัญหาสำหรับงานวิจัยนี้ไม่ได้พิจารณาผลลัพธ์เพียงอย่างเดียว แต่หากรวมถึงการพิจารณากระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมด

2.5 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Schoenfeld, A. H. (1985) กล่าวถึงแนวทางการพัฒนาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 4 หลักดังนี้

1. ทรรศนะ ซึ่งหมายถึงความรู้ที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา เช่น ข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ แนวคิดหลักการ และเทคนิคที่ใช้ในการแก้ปัญหา
2. กระบวนการหรือกลยุทธ์ แนวทางหรือวิธีการที่นักแก้ปัญหาใช้ในการพัฒนาวิธีแก้ปัญหา เช่น การตั้งสมมติฐาน การทดลองแบบง่าย ๆ การวิเคราะห์โจทย์แบบกลับป้อนกลับมา
3. การควบคุม ความสามารถในการติดตามและประเมินกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งหมายถึงการตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์และการปรับเปลี่ยนแผนเมื่อจำเป็น
4. ความเชื่อและอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม ความเชื่อเกี่ยวกับธรรมชาติของคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา รวมถึงความเชื่อเกี่ยวกับตัวเองและความสามารถของตนเองในการแก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2555 ก) ได้กล่าวถึงแนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สามารถทำได้โดยการใช้วิธีการและกลยุทธ์ที่หลากหลายเพื่อเสริมสร้างทักษะในการคิดวิเคราะห์และการจัดการกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. กระตุ้นให้มองเห็นความสำคัญของการตรวจสอบคำตอบที่ได้
2. ฝึกฝนให้คาดคะเนคำตอบและตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ เพื่อพัฒนาความสามารถด้านความรู้สึกเชิงจำนวน
3. ฝึกให้สามารถตีความหมายของคำตอบ

4. ส่งเสริมให้ทำแบบฝึกหัดที่มีวิธีการในการหาคำตอบได้หลายวิธี

5. ฝึกให้สร้างโจทย์เกี่ยวข้องกับสาระการเรียนรู้ด้วยตนเองและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

6. ฝึกการลงข้อสรุปทั่วไป จากการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ (2555) ได้กล่าวถึงแนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. การเสริมสร้างพื้นฐานคณิตศาสตร์ที่แข็งแรง (Strengthening Mathematical Foundations) คือการเรียนรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์อย่างมั่นคง เช่น การคำนวณ การพีชคณิต และเรขาคณิต ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน

2. การใช้ปัญหาปลายเปิดและปัญหาที่ท้าทาย (Using Open-Ended and Challenging Problems) คือการนำปัญหาปลายเปิดและปัญหาที่มีความท้าทายมาใช้เพื่อกระตุ้นการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ ช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสทดลองและค้นหาวิธีการแก้ปัญหา

3. การพัฒนาและฝึกทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ (Developing and Practicing Systematic Thinking Skills) คือการฝึกทักษะการคิดอย่างเป็นระบบและการวางแผนในการแก้ปัญหา เช่น การวิเคราะห์ปัญหา การใช้กลยุทธ์ที่เหมาะสม และการปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา

4. การใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี (Using Tools and Technology) คือการใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีที่ช่วยในการแก้ปัญหา เช่น ซอฟต์แวร์คณิตศาสตร์ หรือเครื่องมือที่ช่วยในการคำนวณและสร้างแบบจำลอง

5. การสนับสนุนและส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกัน (Encouraging Collaborative Learning) คือการส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างผู้เรียน เช่น การทำงานเป็นกลุ่ม การอภิปราย และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งช่วยให้เรียนรู้จากมุมมองที่หลากหลาย

6. การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่สนับสนุน (Creating a Supportive Learning Environment) คือการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนับสนุนการทดลอง การคิดอย่างเปิดกว้าง และการเรียนรู้จากความผิดพลาด เพื่อพัฒนาความมั่นใจในการแก้ปัญหา

7. การสะท้อนและเรียนรู้จากประสบการณ์ (Reflecting and Learning from Experience) คือการสะท้อนผลลัพธ์และกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อเรียนรู้และปรับปรุงวิธีการในอนาคต

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2556) กล่าวถึง การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. การพัฒนาความสามารถในการเข้าใจปัญหา

1.1 การพัฒนาทักษะการอ่าน การอ่านเป็นปัจจัยสำคัญในการทำความเข้าใจปัญหาที่จำเป็นต้องใช้สมาธิ ให้ความสนใจในการเก็บรายละเอียดของข้อมูลทั้งหมด และจะต้องสามารถวิเคราะห์ได้ว่าข้อมูลส่วนใดสำคัญบ้าง

1.2 การใช้กลวิธีช่วยเพิ่มพูนความเข้าใจ มีกลวิธีหลายประการที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจปัญหาได้ชัดเจนขึ้น เช่น การเขียนภาพ เขียนแผนภาพ สร้างแบบจำลอง การเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ให้เป็นเรื่องใกล้ตัว เป็นต้น

1.3 การใช้ปัญหาที่มีลักษณะคล้ายกับปัญหาในชีวิตจริงมาให้นักเรียนฝึกทำความเข้าใจ เพราะปัญหาในชีวิตจริงนั้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากมาย ซึ่งจะต้องรู้จักเลือกเฉพาะปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหามาพิจารณา หรือบางครั้งมีข้อมูลไม่เพียงพอ ผู้แก้ปัญหาก็จะต้องสืบหาข้อมูลมาเพื่อแก้ปัญหา

2. การพัฒนาความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา

2.1 ครูต้องไม่บอกวิธีการแก้ปัญหากับนักเรียนโดยตรง แต่ควรใช้วิธีกระตุ้น ให้นักเรียนคิดด้วยตนเอง

2.2 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดออกมามาก ๆ คือ สามารถบอกให้คนอื่น ๆ ทราบว่าตนคิดอะไร

2.3 สร้างลักษณะนิสัยของนักเรียนให้คิดวางแผนก่อนลงมือทำเสมอ เพราะจะทำให้เห็นภาพรวมของการแก้ปัญหา

2.4 จัดหาปัญหามาให้นักเรียนฝึกคิดบ่อย ๆ ซึ่งจะต้องเป็นปัญหาที่ท้าทาย น่าสนใจ เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน

2.5 ในการแก้ปัญหาแต่ละปัญหาควรส่งเสริมให้นักเรียนใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาให้มากกว่า 1 รูปแบบ เพื่อให้นักเรียนมีความยืดหยุ่นในการคิด ไม่ยึดกับแนวคิดใดแนวคิดหนึ่ง

3. การพัฒนาความสามารถในการดำเนินการตามแผน ในขั้นดำเนินการตามแผน นักเรียนจะต้องตีความ ขยายความ นำแผนไปสู่การปฏิบัติอย่างละเอียดชัดเจน ตามลำดับขั้นตอน ความสามารถดังกล่าวสามารถสร้างให้เกิดขึ้นได้อย่างช้า ๆ จากการทำโจทย์ปัญหาในแบบฝึกหัด โดยการฝึกให้นักเรียนวางแผนจัดลำดับความคิดก่อน แล้วจึงค่อยลงมือแสดงวิธีการหาคำตอบ ตามลำดับความคิดนั้น ครูควรให้นักเรียนฝึกการตรวจสอบ การวางแผนก่อนที่จะลงมือทำตามแผน โดยพิจารณาตามความเป็นไปได้ ความถูกต้องของแผนที่วางไว้ว่าเหมาะสมกับการแก้ปัญหานั้นหรือไม่

4. การพัฒนาความสามารถในการตรวจสอบ

4.1 กระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการตรวจสอบคำตอบที่ได้ให้เคยชิน จนเป็นนิสัย ครูอาจจะสร้างกิจกรรมให้นักเรียนได้ฝึกตรวจสอบความถูกต้อง โดยให้หาข้อบกพร่องจากการแสดงการแก้ปัญหที่ครูสร้างขึ้นโดยเฉพาะก็ได้

4.2 ฝึกให้นักเรียนคาดคะเนคำตอบ ก่อนลงมือคิดคำนวณควรฝึกให้นักเรียนคาดคะเนคำตอบก่อน จากนั้นลงมือทำแล้วเทียบเคียงผลลัพธ์ที่ได้กับคำตอบที่คาดคะเนไว้ พิจารณาความเป็นไปได้จากคำตอบทั้งสองแบบ

4.3 ฝึกการตีความหมายของคำตอบ เมื่อได้คำตอบของปัญหาแล้ว การตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบเพียงอย่างเดียวยังไม่พอ ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนรู้จักตีความหมายของคำตอบ ชี้ให้เห็นว่าการตีความหมายของคำตอบนั้น มีความสำคัญเท่าเทียมกับวิธีการหาคำตอบ

4.4 สนับสนุนให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด โดยเน้นใช้ปัญหาที่มีวิธีการหาคำตอบได้มากกว่าหนึ่งวิธี ซึ่งอาจเป็นวิธีที่คล้ายกับตัวอย่าง หรือวิธีที่นักเรียนสร้างสรรค์ขึ้นมาเองจากประสบการณ์ของนักเรียนเอง จากนั้นให้พิจารณาว่าวิธีการเหล่านั้นถูกต้องหรือไม่ แตกต่างจากวิธีการที่แสดงในตัวอย่างอย่างไร

4.5 ให้นักเรียนฝึกหัดสร้างโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน โดยอาศัยสถานการณ์จากสภาพแวดล้อม จากกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตจริง รวมทั้งการดัดแปลงโจทย์ปัญหาในแบบฝึกหัด

จากการศึกษาผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ควรฝึกให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหานั้น ๆ ควรชี้แนะให้นักเรียนจัดลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาที่ชัดเจน ส่งเสริมการทำโจทย์ปัญหา หรือแบบฝึกหัดจากปัญหาที่เหมาะสมหรือเป็นปัญหาที่เชื่อมโยงกับปัญหาในชีวิตจริง และควรเป็นปัญหาที่มีวิธีการที่หลากหลายในการหาคำตอบ โดยครูจะต้องไม่บอกวิธีการแก้ปัญหากับนักเรียนโดยตรง แต่ควรใช้คำถามหรือวิธีกระตุ้นด้วยรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนคิดด้วยตนเอง

2.6 การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

แนวคิดในการประเมินผลการแก้ปัญหา เมื่อการแก้ปัญหาได้รับการเน้นในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาก็ควรจะได้รับการเน้นไปด้วยเช่นกัน เนื่องจากการประเมินผลควรแสดงถึงความสามารถของนักเรียนในการแสดงสาระสำคัญทั้งหมดของการแก้ปัญหา ทั้งหลักฐานหรือร่องรอยเกี่ยวกับความสามารถในการถามคำถาม การใช้ข้อสนเทศที่กำหนดให้ และการสร้างข้อคาดการณ์หรือคาดการณ์แนวคิด การประเมินนั้นจะให้หลักฐานของการใช้ วิธีการ ยุทธวิธี และเทคนิคการแก้ปัญหา รวมทั้งความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบาย ความหมายของผลลัพธ์ที่ได้ ตลอดจนความสามารถในการขยายสู่กรณีทั่วไปในมาตรฐานการประเมิน ของ NCTM มาตรฐานที่ 5: การแก้ปัญหา ระบุว่า การประเมินความสามารถของนักเรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นการจัดหาหลักฐานร่องรอย ที่นักเรียนสามารถสร้างปัญหาประยุกต์ใช้ยุทธวิธีที่หลากหลายในการแก้ปัญหา ตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายตีความหมายของผลลัพธ์ และสร้างรูปทั่วไปของคำตอบ (NCTM, 1989)

ในการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้มีนักวิชาการหลายท่านกล่าวไว้ ดังต่อไปนี้

Polya (1973) ได้เสนอรูปแบบการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนและรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) หลังจากอ่านโจทย์แล้ว ผู้ประเมินควรพิจารณาว่าผู้เรียนสามารถ ระบุและบอกได้ว่าโจทย์กำหนดอะไร (ข้อมูลที่ให้มา) ต้องการทราบอะไร (สิ่งที่ไม่รู้) และ ข้อเท็จจริง หรือเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเป็นอย่างไร ความสามารถในการตีความและแสดงความเข้าใจในปัญหาได้อย่างชัดเจนเป็นสิ่งสำคัญในขั้นนี้

2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Devising a Plan) ในขั้นตอนนี้ การประเมินจะดูว่าผู้เรียนสามารถ กำหนดเงื่อนไขที่เป็นจริงในการแก้ปัญหา และ ลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง โดยอาจรวมถึงการเลือกกลยุทธ์ที่เหมาะสม การเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือการคิดค้นแนวทางที่เป็นไปได้เพื่อนำไปสู่คำตอบ

3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (Carrying out the Plan) ผู้ประเมินจะพิจารณาความสามารถของผู้เรียนในการ นำแผนที่วางไว้ไปปฏิบัติจริง ซึ่งอาจรวมถึงการสร้างตาราง การเขียนไดอะแกรม การเขียนสมการหรือประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการ ตลอดจนการมี ทักษะการคำนวณ ที่แม่นยำในการหาคำตอบตามแผนที่กำหนดไว้

4. ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Looking Back) ขั้นสุดท้ายของการประเมินคือการที่ผู้เรียนสามารถ พิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ ที่ได้ โดยตรวจสอบว่าคำตอบนั้นถูกต้อง สอดคล้องกับโจทย์หรือไม่ และสามารถ สรุปความหมายของคำตอบ ในบริบทของปัญหาได้อย่างครบถ้วน นอกจากนี้ยังรวมถึงการทบทวนกระบวนการที่ใช้เพื่อค้นหาข้อผิดพลาดหรือวิธีที่ดีกว่า

Charles, Lester and O'Daffer (1987) ได้เสนอวิธีการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 4 ประการ คือ การสังเกตและการใช้คำถาม การใช้ข้อมูลการประเมินตนเองของนักเรียน การให้คะแนนแบบรูบริก (Scoring rubrics) และการใช้แบบทดสอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การสังเกตและการใช้คำถาม เป็นการประเมินที่กระทำขณะที่นักเรียนกำลังลงมือแก้ปัญหา ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพที่ไม่สามารถระบุเป็นคะแนนได้ ซึ่งได้แก่พฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน ความเชื่อและเจตคติ การสังเกตที่ดีควรมีการจดบันทึกสิ่งที่สังเกตเห็น เพราะการจำอย่างเดียวอาจทำให้ลืม ดังนั้นก่อนเข้าสู่บทเรียนครูควรเตรียมเครื่องมือการประเมินไว้ เช่น แบบตรวจสอบรายการ แล้วจดบันทึกสิ่งที่สังเกตโดยการทำเป็นจุดหรือเครื่องหมายไว้ และต้องบันทึกทันทีทันใดภายหลังการสังเกต

2. การใช้ข้อมูลการประเมินตนเองของนักเรียน เป็นอีกวิธีหนึ่งในการประเมินผลการแก้ปัญหา วิธีนี้จะมีประโยชน์มากน้อยนั้นขึ้นอยู่กับความซื่อตรงที่นักเรียนรายงานหรือบันทึกออกมาถึงความรู้สึก ความเชื่อ ความตั้งใจ และความคิดของนักเรียนเองเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่กำหนด การประเมินแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1 การให้นักเรียนเขียนสะท้อนความคิดต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การประเมินตนเองแบบนี้ทำได้หลังจากนักเรียนแก้ปัญหาเสร็จใหม่ ๆ ให้นักเรียนนึกถึงประสบการณ์ขณะที่กำลังแก้ปัญหา แล้วเขียนอธิบายความคิดของตนเองในขณะที่กำลังแก้ปัญหา

2.2 การให้นักเรียนตอบแบบประเมินผลการรายงาน หรือบันทึกประสบการณ์แก้ปัญหา เป็นชุดของข้อคำถามที่ให้นักเรียนตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหา และเจตคติต่อการแก้ปัญหาของตนเอง

3. การให้คะแนนแบบรูบรีค (Scoring rubrics) เป็นการให้คะแนนที่ประเมินผลจากงานที่นักเรียนทำ หรือพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออก มีการกำหนดระดับคะแนนพร้อมบรรยายละเอียดของผลงาน หรือพฤติกรรมนักเรียนไว้อย่างชัดเจน และเป็นรูปธรรม ซึ่งการให้คะแนนแบบรูบรีคที่นิยมใช้ประเมินงานเขียนมี 2 แบบ คือ การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ และการให้คะแนนแบบองค์รวม

3.1 การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบหรือแบบวิเคราะห์ (Analytic scoring) เป็นการให้คะแนนตามองค์ประกอบของสิ่งที่ต้องการประเมิน โดยพิจารณาแยกแยะจากขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา การให้คะแนนจะกำหนดเกณฑ์ของคะแนนในแต่ละด้าน แล้วสรุปรวมคะแนนทุกด้าน

3.2 การให้คะแนนแบบองค์รวมหรือภาพรวม (Holistic scoring) เป็นการให้คะแนนโดยการกำหนดระดับคะแนน พร้อมบรรยายละเอียดของผลงานหรือพฤติกรรมของผู้เรียนที่ควรมีเป็นภาพรวมของการทำงานทั้งหมด ซึ่งการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์การให้คะแนนแบบรวมมักถูกนำมาใช้ในการประเมินที่มีวัตถุประสงค์ เพื่อตัดสินหรือสรุปผลการเรียนรู้ของผู้เรียน และต้องการผลที่เป็นภาพรวมมากกว่าข้อบกพร่องย่อย ๆ

4. การใช้แบบทดสอบ แบบทดสอบที่ใช้ในการประเมินผลการแก้ปัญหามี 3 ประเภท ได้แก่

4.1 แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยข้อคำถาม มีตัวเลือกหลายๆ ตัวเลือกให้ผู้เรียนเลือกตอบตัวเลือกที่คิดว่าถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว

4.2 แบบทดสอบชนิดเติมคำตอบ เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยข้อคำถาม ซึ่งแต่ละคำถามจะเว้นช่องว่างไว้ เพื่อให้นักเรียนนำคำ ตัวเลข วลี หรือประโยคที่ถูกต้องเติม ลงในช่องว่าง

4.3 แบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่มีเฉพาะคำถามแล้วให้เขียนตอบ ซึ่งการสร้างแบบทดสอบต้องเขียนคำชี้แจงเกี่ยวกับวิธีการตอบให้ชัดเจน กำหนดเวลาให้ตอบนานพอสมควร แต่ละข้อมีความยากง่ายต่างกัน

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544) ได้กล่าวถึงเทคนิคการประเมินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. การสังเกตและการใช้คำถาม การสังเกตและการใช้คำถามถามนักเรียนขณะที่กำลังแก้ปัญหา จะได้ข้อมูลที่มีคุณค่าเกี่ยวกับการแสดงออกของนักเรียน เจตคติและความเชื่อ โดยครูสามารถทำได้โดยไม่เป็นแบบแผนในขณะที่ครูเข้าไปสังเกตตามกลุ่มต่าง ๆ ช่วงนักเรียนกำลังทำงาน และสามารถกระทำอย่างเป็นแบบแผนได้โดยผ่านการสัมภาษณ์อย่างมีโครงสร้างเป็นรายบุคคล การสังเกตโดยตรงและการถามคำถามอย่างระมัดระวัง ขณะที่นักเรียนกำลังแก้ปัญหาถือว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดของการประเมินบางด้านของเป้าหมายของการแก้ปัญหา ซึ่งการประเมินจากการวิเคราะห์งานจากการเขียนเพียงอย่างเดียวไม่นับเพียงพอ การสังเกตและการถามคำถาม มีจุดประสงค์สำคัญในการจัดบันทึกการตอบสนองของนักเรียน เกี่ยวกับทักษะหรือเจตคติที่ครูผู้ประเมิน การสังเกตอย่างไม่เป็นแบบแผนและการถามคำถามสามารถใช้ประเมินเมื่อนักเรียนทำงานเป็นรายบุคคลในกลุ่มเล็กหรือในขณะที่อภิปรายร่วมกันทั้งชั้น แต่ว่าจะมีประสิทธิภาพที่สุดระหว่างที่นักเรียนทำงานเป็นรายบุคคลและในกลุ่มเล็ก เนื่องจากว่าครูนั้นมีข้อจำกัดในส่วนของด้านเวลาในการจัดบันทึกขณะที่มีการอภิปรายกันทั้งชั้นเรียน ก่อนเข้าสู่บทเรียนควรเลือกประเด็นของสิ่งที่ต้องการประเมิน ครูต้องเตรียมเครื่องมือการประเมินไว้ล่วงหน้า เช่น แบบตรวจสอบรายการหรือมาตราประมาณค่า ในขณะที่นักเรียนที่หมายตาไว้แก้ปัญหา ครูเฝ้าสังเกตพวกเขา ฟังสิ่งที่เขาพูดกับเพื่อนคนอื่น ๆ สอดแทรกการตั้งคำถามให้สอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการประเมิน จัดบันทึกสิ่งที่สังเกตได้โดยทำเป็นจุดหรือเครื่องหมายไว้ ซึ่งดีกว่าการจำไว้เพียงอย่างเดียวเพราะอาจหลงลืมได้ กำหนดเป้าหมายไว้อย่าให้มากข้อเกินไป ในขณะที่ครูนั้นต้องคอยสังเกตและถามคำถาม นักเรียนในสถานการณ์แก้ปัญหาต้องบันทึกสิ่งที่ต้องการทันทีเท่าที่จะทำได้ภายหลังการสังเกต การบันทึกอาจมีเครื่องมือช่วย ได้แก่ แบบตรวจสอบรายการ และมาตราส่วนประมาณค่า

2. การสัมภาษณ์ เทคนิคนี้เกี่ยวกับการสังเกตและการถามคำถามนักเรียน ระหว่างการแก้ปัญหาแต่ไม่เหมือนกันเสียทีเดียว การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างสัมภาษณ์นักเรียน คราวละไม่เกิน 2 คน โดยปกติให้สัมภาษณ์ทีละคน สัมภาษณ์อย่างเป็นระบบ โดยการถามปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งต้องวางแผนไว้ล่วงหน้า การใช้การจัดบันทึกมาตราประมาณค่า แบบตรวจสอบรายการ การบันทึกเสียง และวีดิทัศน์ก็สามารถนำมาใช้ประกอบกันได้ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ภายหลัง ขั้นตอนการสัมภาษณ์ คือเลือกบุคคลที่จะสัมภาษณ์ เลือกปัญหาที่เหมาะสม วางแผนแบ่งประเด็นที่จะสัมภาษณ์ด้วยตนเอง ดำเนินการสัมภาษณ์ ข้อดีของการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง คือ

การประเมินอยู่ในกรอบที่วางไว้ มีเวลาที่จะประเมินได้ในแนวลึกเกี่ยวกับทักษะในการแก้ปัญหาเป็นรายบุคคล สามารถกำหนดโครงสร้างที่ตายตัวหรือยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการประเมิน สามารถเก็บข้อมูลได้ในรายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนทำและคิด ทำให้ได้ทราบถึงกระบวนการคิดของนักเรียน ซึ่งโดยปกติอาจเห็นได้ไม่ชัดเจนจากการเขียนของนักเรียน การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างควรใช้เมื่อต้องการถามให้ลึกซึ้งเกี่ยวกับกระบวนการคิดของนักเรียน ในการแสดงการแก้ปัญหาหรือเจตคติ มีประโยชน์สำหรับการวิจัยในกระบวนการแก้ปัญหา

3. การประเมินสมุดงาน สำหรับการวิจัยในชั้นเรียน สมุดงานบันทึกการแก้ปัญหาของนักเรียนเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญ ซึ่งในสมุดงานมีข้อมูลพื้นฐานต่อไปนี้

3.1 วิธีการหาคำตอบและคำตอบของปัญหาคณิตศาสตร์

3.2 การอธิบายถึงยุทธวิธีที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหา

3.3 การอธิบายถึงความคล้ายคลึงกันของคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้น และที่ใช้ในปัญหาอื่น ๆ ที่นักเรียนเคยแก้มาแล้ว

3.4 การอธิบาย การขยายปัญหาที่เป็นไปได้

3.5 การสำรวจศึกษาปัญหาจากการขยายปัญหา

4. การประเมินผลการรายงาน เทคนิคที่เกี่ยวกับการเขียนรายงาน หรือการบันทึกประสบการณ์การแก้ปัญหาที่ทำให้นักเรียนคิดย้อนถึงคือ การถามนักเรียนให้คิดย้อนทวน อธิบายวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา ทิศทางหรือตัวอย่างของคำถามทั่วไป เช่น “จงบอกแนวความคิด และ อธิบายเกี่ยวกับวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้นๆ” เน้นสิ่งที่มีประโยชน์ในการช่วยให้นักเรียนได้เริ่มต้นรายงานครูสามารถใช้คำถามต่อไปนี้เพื่อช่วยนักเรียนให้มองย้อนกลับ และอธิบายการคิดของนักเรียนขณะที่แก้ปัญหา

4.1 นักเรียนทำอะไร เมื่อแรกพบปัญหานักเรียนคิดถึงอะไร

4.2 นักเรียนใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาเลยหรือไม่ ใช้ยุทธวิธีใด ผลเป็นอย่างไร มีอะไรเกิดขึ้นบ้าง ยุทธวิธีนั้นสามารถใช้แก้ปัญหาได้หรือไม่

4.3 ถ้าแก้ปัญหาไม่สำเร็จ นักเรียนพยายามหายุทธวิธีอื่นมาลองใช้อีกหรือไม่ ผลเป็นอย่างไร

4.4 นักเรียนหาคำตอบของปัญหาได้หรือไม่ นักเรียนรู้สึกอย่างไร

4.5 นักเรียนตรวจสอบคำตอบหรือไม่ ลองใช้วิธีการอื่น ๆ บ้างหรือไม่ นักเรียนแน่ใจไหมว่าคำตอบที่หาได้ถูกต้อง

4.6 โดยทั่ว ๆ ไปนักเรียนรู้สึกอย่างไรเกี่ยวกับการแก้ปัญหานี้

5. การประเมินแฟ้มผลงาน ในชั้นเรียนแฟ้มผลงานเป็นที่เก็บผลงานของนักเรียน ซึ่งนักเรียนคัดเลือกไว้ด้วยตนเอง แฟ้มผลงานจะอยู่ในตำแหน่งที่หาง่ายในห้องเรียน แนวคิดที่อยู่

เบื้องหลังแฟ้มผลงานก็คือ การรวบรวมผลงานที่ดีที่สุดของนักเรียนอย่างเป็นระบบ แฟ้มผลงานเปิดโอกาสให้นักเรียนมีเวลาในการคิดที่จะพัฒนางาน จัดแสดงผลงานให้ดีขึ้น ด้วยการใช้แฟ้มผลงาน นักเรียนสามารถพัฒนาแนวความคิดที่สำคัญในคณิตศาสตร์ แฟ้มผลงานช่วยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกและสามารถช่วยในการสังเกตการเติบโตและวุฒิภาวะของตนเองในคณิตศาสตร์ได้ตลอดเวลา แฟ้มผลงานเป็นการบันทึกความก้าวหน้าของการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องในระยะยาว สอดคล้องกับธรรมชาติ เป็นผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนในแง่ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงแทนการสอบถามหรือทดสอบซึ่งทำเพียงบางเวลา แฟ้มผลงานใช้บันทึกความสำเร็จที่ภาคภูมิใจดีกว่า บันทึกความบกพร่อง ทักษะการสื่อสารจะได้รับการพัฒนาและส่งเสริมผ่านการใช้แฟ้มผลงานจากการที่นักเรียนรายงานถึงผลของการสำรวจศึกษาปัญหาและการทำกิจกรรม แฟ้มผลงานจะช่วยให้เห็นความชัดเจนในกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน ได้มองเห็นผลที่ส่งงานหรือแม้แต่การขยายแนวทางการวิเคราะห์ ซึ่งแสดงความคิดริเริ่มและการสร้างระบบความคิดในการแก้ปัญหาของนักเรียนในแฟ้มผลงาน นักเรียนสามารถเพิ่มเติมปัญหาหรือข้อคิดเห็นซึ่งนักเรียนมีแนวคิดในการสร้างขึ้น

สิริพร ทิพย์คง (2544) ได้เสนอเกณฑ์แนวทางการประเมินการแก้ปัญหาดังนี้

ตาราง 2 เกณฑ์การประเมินผลแบบแยกองค์ประกอบของสิริพร ทิพย์คง

การประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
ความเข้าใจปัญหา	2	สำหรับความเข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง
	1	สำหรับการเข้าใจโจทย์บางส่วนไม่ถูกต้อง
	0	เมื่อมีหลักฐานที่แสดงว่าเข้าใจน้อยมากหรือไม่เข้าใจเลย
การเลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหา	2	สำหรับการเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง และเขียนประโยคคณิตศาสตร์ถูกต้อง
	1	สำหรับการเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง ซึ่งอาจจะนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง แต่ยังมีบางส่วนผิด โดยอาจเขียนประโยคคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง
	0	สำหรับการเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง
การใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหา	2	สำหรับการนำยุทธวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง
	1	สำหรับการนำยุทธวิธีการแก้ปัญหาบางส่วนไปใช้ได้ถูกต้อง
	0	สำหรับการใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

ตาราง 2 (ต่อ)

การประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
ความเข้าใจ ปัญหา	2	สำหรับความเข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง
	1	สำหรับการเข้าใจโจทย์บางส่วนไม่ถูกต้อง
	0	เมื่อมีหลักฐานที่แสดงว่าเข้าใจน้อยมากหรือไม่เข้าใจเลย

อเนก พุทธิเดช (2548) ได้ให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาแบบองค์รวมโดยใช้วิธีการประเมินความสามารถในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทั้งในเชิงทฤษฎีและการปฏิบัติ ซึ่งรายละเอียดของการให้คะแนนและวิธีการวัดผล ดังนี้

1. ให้ 4 คะแนน เมื่อ

1.1 ใช้วิธีการที่ถูกต้องเหมาะสมและได้คำตอบที่ถูกต้อง

1.2 ใช้วิธีการที่ถูกต้องเหมาะสม แต่มีข้อผิดพลาดจากการลอก โจทย์ หรือการคำนวณซึ่งไม่ได้แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดความเข้าใจปัญหาผิด หรือใช้วิธีการแก้ปัญหาที่ผิดพลาด

2. ให้ 3 คะแนน เมื่อ

2.1 ใช้วิธีการที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง แต่คำตอบที่ได้ผิด เนื่องจากเข้าใจปัญหาผิดบางส่วน หรือละเลยข้อมูลบางอย่าง

2.2 มีวิธีการหาคำตอบที่ถูกต้อง แต่ขาดคำตอบของปัญหา หรือตอบคำถามไม่ถูกต้องสมบูรณ์

2.3 มีคำตอบที่ถูกต้องและปรากฏหลักฐานว่ามีการใช้วิธีการที่ถูกต้องเหมาะสม แต่การแก้ปัญหาบางส่วนยังขาดความสมบูรณ์

3. ให้ 2 คะแนน เมื่อ

3.1 ใช้วิธีการที่ไม่เหมาะสม แต่มีการแก้ปัญหาจนเสร็จ และแก้ปัญหาที่ไม่ถูกต้อง แต่มีการแก้ปัญหาที่แสดงให้เห็นว่ามีความเข้าใจ

3.2 ใช้วิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง แต่ไม่สามารถดำเนินการตามวิธีการมากพอที่จะได้มาซึ่งคำตอบ หรือเลือกใช้วิธีที่ถูกต้อง แต่มีความผิดพลาดในการใช้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง

3.3 หาได้เพียงเป้าหมายย่อยของปัญหา

3.4 ปรากฏคำตอบที่ถูกต้อง แต่งานที่เขียนไม่รู้เรื่องหรือมีแต่คำตอบที่ถูกต้อง

4. ให้ 1 คะแนน เมื่อ

4.1 มีการเริ่มต้นที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจบางส่วน แต่วิธีการใช้ไม่ถูกต้องและไม่ได้ลงมือแก้ปัญหาจนสิ้นสุด

4.2 มีการเริ่มต้นการแก้ปัญหาด้วยวิธีที่ไม่เหมาะสม จึงไม่ประสบความสำเร็จ และไม่ปรากฏร่องรอยว่าได้พยายามเปลี่ยนแปลงหรือหาวิธีใหม่

4.3 มีความพยายามที่จะได้เป้าหมายย่อยของปัญหา แต่ไม่สำเร็จ

5. ให้ 0 คะแนน เมื่อ

5.1 วางเปล่าหรือมีการลอกข้อมูลจากโจทย์บางส่วน แต่ไม่ได้นำข้อมูลมาทำอะไร หรือไม่ได้แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดความเข้าใจปัญหา

5.2 มีแต่คำตอบที่ไม่ถูกต้องและไม่มีการกระทำอย่างอื่น

ข้อดีของการให้คะแนนแบบองค์รวมคือ เปิดโอกาสให้มีการพิจารณาประเมินการเขียนของนักเรียนให้เป็นไปอย่างรวดเร็ว เน้นการพิจารณากระบวนการที่ใช้ ไม่ใช่พิจารณาเฉพาะคำตอบเท่านั้น มีการจัดเตรียม

อัมพร ม้าคนอง (2553) กล่าวไว้ว่า เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring rubrics) เป็นเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อใช้ในการให้คะแนนผลงานหรือคุณภาพปฏิบัติงานของผู้เรียน โดยทั่วไปมี 2 แบบ ดังนี้

1. แบบเกณฑ์รวม (Holistic scoring) เป็นเกณฑ์การให้คะแนนงานหรือการแก้ปัญหา โดยพิจารณาภาพรวมของคุณภาพของผลงานที่ได้ ซึ่งอาจมองหลายมิติหรือหลายด้านรวมกัน จำแนกระดับคะแนนให้เห็นความแตกต่างของคุณภาพงาน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

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

2. แบบเกณฑ์ย่อยหรือเกณฑ์เฉพาะ (Analytic scoring) เป็นเกณฑ์การให้คะแนนเฉพาะขั้น เฉพาะงานย่อย หรือเฉพาะด้าน โดยกำหนดระดับคะแนนตามความแตกต่างของคุณภาพงานในชิ้นงานย่อยหรือด้านที่พิจารณา ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ด้านวิธีการ	คุณภาพงาน
ระดับคะแนน	
3	ใช้วิธีการเหมาะสม และดำเนินการถูกต้อง
2	ใช้วิธีการเหมาะสม แต่ยังไม่ดำเนินการไม่ถูกต้อง

1	ใช้วิธีการไม่เหมาะสม ทำให้ดำเนินการไม่ถูกต้อง
0	ไม่มีการใช้วิธีการและไม่มีการดำเนินการ
ด้านวิธีการ	
ระดับคะแนน	
3	เขียนอธิบายงานทั้งหมดได้ชัดเจน และสมเหตุสมผล
2	เขียนอธิบายงานได้ชัดเจนเป็นส่วนใหญ่
1	เขียนอธิบายงานได้บางส่วน แต่ยังไม่ชัดเจน
0	เขียนอธิบายไม่ได้ หรือไม่เขียน
คุณภาพงาน	

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555 ข) ได้เสนอเกณฑ์การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเกณฑ์รวม และแบบเกณฑ์ย่อย โดยพิจารณาได้จากขั้นตอนในการดำเนินการ 4 ขั้นตอน คือ การทำความเข้าใจปัญหา การเลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหา การใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหา และการสรุปคำตอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตาราง 3 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเกณฑ์รวมของสถาบันการ
สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555 ข)

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4 (ดีมาก)	- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องชัดเจน - เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสม สอดคล้องกับปัญหา นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้อย่างถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน - สรุปคำตอบได้อย่างถูกต้อง สมบูรณ์
3 (ดี)	- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องชัดเจน - เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสม สอดคล้องกับปัญหา นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้อย่างถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน - สรุปคำตอบได้อย่างถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์

ตาราง 3 (ต่อ)

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
2 (พอใช้)	- เข้าใจปัญหาบางส่วนไม่ถูกต้อง - เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ไม่เหมาะสม หรือไม่ครอบคลุมประเด็นของปัญหา นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน - สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน หรือสรุปคำตอบไม่ครบถ้วน
1 (ปรับปรุง)	- เข้าใจปัญหาบางส่วนไม่ถูกต้อง - เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง และนำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา - ไม่มีการสรุปคำตอบ หรือสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง

ตาราง 4 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเกณฑ์ย่อยของสถาบันการ
สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555 ก)

รายการประเมิน	คะแนน	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การพิจารณา
การทำความเข้าใจปัญหา	3	ดี	เข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง
	2	พอใช้	เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน
	1	ต้องปรับปรุง	เข้าใจปัญหาน้อยมาก หรือไม่เข้าใจปัญหาเลย
การเลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหา	3	ดี	เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสม
	2	พอใช้	เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยังไม่เหมาะสม หรือไม่ครอบคลุมประเด็นของปัญหา
	1	ต้องปรับปรุง	เลือกวิธีการการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนน	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การพิจารณา
การใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหา	3	ดี	นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้องและแสดง การแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอน
	2	พอใช้	นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน
	1	ต้องปรับปรุง	นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา
การสรุปคำตอบ	3	ดี	สรุปคำตอบได้ถูกต้องสมบูรณ์
	2	พอใช้	สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน หรือสรุปคำตอบไม่ครบถ้วน
	1	ต้องปรับปรุง	ไม่มีการสรุปคำตอบ หรือสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง

จากการศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาองค์ประกอบที่แสดงออกถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 4 ขั้นตอน คือ การทำความเข้าใจปัญหา การหาแนวทางการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา และการตรวจสอบผล ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 5 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้วิจัย

การประเมิน	คะแนน	พฤติกรรมที่ปรากฏ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	2	มีเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความที่แสดงความเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้อง ครบถ้วน ชัดเจน
	1	มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหาเพียงบางส่วน หรือมีบางส่วนเข้าใจไม่ถูกต้อง หรือแปลความหมายของปัญหาบางส่วนผิด
	0	ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความ ที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหา

ตาราง 5 (ต่อ)

การประเมิน	คะแนน	พฤติกรรมในการแก้ปัญหาที่ปรากฏ
ค้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา	2	มีการเขียนวางแผนการแก้ปัญหาและสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน ครบถ้วนซึ่งนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม
	1	มีการเขียนวางแผนการแก้ปัญหา แต่ไม่เหมาะสม หรือสื่อความหมายไม่ชัดเจน
	0	ไม่มีการวางแผนการแก้ปัญหา หรือมีการเขียนแผนการแก้ปัญหา แต่ไม่สื่อความหมาย
ขั้นตอนดำเนินการแก้ปัญหา	2	มีการแสดงวิธีการทำเป็นลำดับขั้นตอน สื่อความหมายชัดเจนสมบูรณ์ ไม่มีความผิดพลาดในการคำนวณ แต่อาจมีการเขียนสัญลักษณ์ บางอย่างที่ไม่ส่งผลต่อการหาคำตอบผิดพลาดเล็กน้อย
	1	มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความแสดงวิธีทำที่เหมาะสม เกือบสมบูรณ์ หรือเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความสมบูรณ์แต่มีการคำนวณผิดพลาด
	0	ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความ ใดเลย หรือมีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียน ข้อความแต่ไม่ใช่วิธีที่จะนำไปสู่คำตอบที่ต้องการ
ขั้นตรวจสอบผล	2	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจสอบคำตอบที่เหมาะสมถูกต้องสมบูรณ์ ไม่มีความผิดพลาดใดเลย
	1	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบที่เหมาะสมถูกต้อง แต่มีความผิดพลาดในการคำนวณหรือเขียนสัญลักษณ์ผิดพลาด
	0	ไม่มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบ หรือมีการเขียนแสดงการตรวจคำตอบไม่เหมาะสม ไม่สามารถยืนยันคำตอบที่คำนวณได้

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach)

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะที่สำคัญในชีวิตประจำวันซึ่งสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้หลากหลายวิธี ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาการใช้วิธีการแบบเปิด เพื่อเป็นแนวทางที่ช่วยเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และการคิดวิเคราะห์ในเนื่องจากการ

เรียนรู้แบบเปิดไม่มีกฎเกณฑ์ที่ตายตัวในการหาคำตอบ ทำให้นักเรียนมีโอกาสรสำรวจและค้นพบวิธีการต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 ความหมายของวิธีการแบบเปิด

Nohda (2000) ได้กล่าวถึง แนวคิดเรื่องการเปิด (openness) ว่าเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหาที่เปิดกว้าง ซึ่งหมายถึงการใช้โจทย์หรือสถานการณ์ที่มีวิธีการแก้ปัญหาหลากหลายวิธี ไม่มีคำตอบตายตัวเดียว การเปิดให้มีหลายวิธีในการแก้ปัญหจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ พัฒนาทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ และสร้างความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหา โดยเน้นว่าการเปิดกว้างในลักษณะนี้ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงลึก ผู้เรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างวิธีการแก้ปัญหาใหม่ ๆ และทำให้เกิดการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนากระบวนการคิดและทักษะที่หลากหลาย

Nohda (2000) ได้กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเปิด หมายถึง วิธีการหรือกระบวนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์กับธรรมชาติของนักเรียน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนใช้วิธีการที่หลากหลาย ซึ่งจุดหมายคือเพื่อกระตุ้นแนวคิดของนักเรียนจนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จนนำไปสู่การแก้ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติ (The National Council of Teacher of Mathematics, 1989) ได้ให้ความหมายของปัญหาปลายเปิดไว้ว่า เป็นปัญหาที่ให้นักเรียนได้แสดงคำตอบหรือวิธีการอย่างหลากหลายในการแก้ปัญหา ปัญหาจากคำถามปลายเปิดจะต้องกระตุ้นหรือส่งเสริมความสนใจและให้นักเรียนที่มีความสามารถต่างระดับกันสามารถเริ่มทำและแก้ปัญหาได้ด้วยความสามารถของตนเอง โดยการตั้งสมมติฐาน การลงมือแก้ปัญหา การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหการใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง

Pehkonen (1997) ได้กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (open-ended approach) ว่าเป็นการออกแบบกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีความยืดหยุ่นในการใช้แนวทางและวิธีการในการค้นหาคำตอบ ปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมแบบเปิดมักจะไม่มีการบ้านหรือคำตอบที่ชัดเจนเพียงวิธีเดียว ผู้เรียนต้องคิดและพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหของตนเอง ดังนี้

1. กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ คือการใช้ปัญหาแบบเปิดช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดสร้างสรรค์และค้นหาวิธีการใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา
2. พัฒนาทักษะการวิเคราะห์ คือผู้เรียนต้องใช้ทักษะการวิเคราะห์และการวางแผนเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมและตรวจสอบคำตอบของตน
3. ส่งเสริมการเรียนรู้แบบร่วมมือ คือการทำงานในกลุ่มหรือการพูดคุยเกี่ยวกับวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาช่วยเพิ่มการมีส่วนร่วมและการเรียนรู้ร่วมกัน

4. การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง คือผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการสร้างความรู้ของตนเองและมีโอกาสทดลองแนวทางต่าง ๆ

ลัดดา ศิลาน้อย (2549) ได้ให้ความหมายของวิธีการแบบเปิดว่า เป็นการจัดกิจกรรมเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ต่างๆ ให้มีลักษณะที่เป็นปัญหาแบบเปิดกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด ซึ่งจะเน้นในเรื่องการเปิดความคิดของผู้เรียนให้ผู้เรียนได้คิดกว้าง คิดหลากหลาย และคิดสร้างสรรค์มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ตามบริบทของเนื้อหา

ตติมา ทิพย์จินดาชัย (2557) ได้ให้ความหมายของปัญหาปลายเปิดไว้ว่าเป็นปัญหาที่ออกแบบมาเพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้ความคิดและทักษะในการแก้ปัญหาในหลายๆ วิธี ไม่มีคำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ชัดเจนและตายตัว ผู้เรียนต้องการการคิดเชิงวิเคราะห์ การพิจารณาหลายวิธี และการทดลองเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม

พิมพ์พันธุ์ ปันแสน (2556) วิธีการแบบเปิด คือ วิธีการสอนที่เน้นการคิดของนักเรียนให้เกิดขึ้นพร้อมๆ กับการทำกิจกรรมในชั้นเรียน นักเรียนสามารถคิดได้อย่างอิสระและสามารถคิดได้ตามความถนัดของตนเอง ให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกับนักเรียนคนอื่นๆ ในชั้นเรียน เป็นวิธีการสอนที่ช่วยพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนพร้อมกับเป็นการส่งเสริมกระบวนการคิดให้มากยิ่งขึ้น

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2547) วิธีการสอนแบบเปิด คือ การสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริงทุกขั้นตอนจนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง การสอนที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองมีหลากหลายวิธี และวิธีการสอนแบบเปิดคือ หนึ่งในวิธีที่สอนให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง

วิจารณ์ พานิช (2557) กล่าวว่า Open Approach เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนมีวิถีและวิธีการเรียนรู้ที่แตกต่างหลากหลาย เป็นการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองอย่างทั่วถึงเต็มศักยภาพของแต่ละคน ผู้เรียนได้ยกระดับความรู้และระดับการเรียนรู้ร่วมกันผ่านการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ทำให้เกิดการเรียนรู้ในระดับสูง สมรรถนะฝังลึกที่จะเรียนรู้แก้ปัญหาและยอมรับเงื่อนไขที่ตนยังไม่เคยรู้จักได้ด้วยตนเองและโดยกระบวนการกลุ่มจนเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในตนเอง (Transformative Learning) ร่วมกัน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดอุปนิสัยและความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิต

จากการศึกษาวิธีการแบบเปิด ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า วิธีการแบบเปิด เป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการแก้ปัญหาาร่วมกันในชั้นเรียนจากสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดที่มีลักษณะหลายๆ คำตอบ ไม่มุ่งเน้นไปที่ผลลัพธ์ความถูกต้องของคำตอบ โดยผู้เรียนสามารถคิดได้อย่างอิสระและหลากหลาย โดยมีครูผู้สอนคอยกระตุ้นแนวคิดผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนแสดงแนวคิดออกมา

3.2 ประเภทของวิธีการแบบเปิด

Becker & Shimada (1997) แบ่งประเภทของปัญหาปลายเปิด (open-ended problems) ออกเป็น 4 ประเภทหลัก ๆ ดังนี้:

1. ปัญหาที่มีคำตอบหลายวิธี (Problems with Multiple Methods): ปัญหาที่สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการหลายวิธีที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น การหาพื้นที่ของรูปทรงที่ซับซ้อนที่สามารถใช้สูตรต่าง ๆ หรือวิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันในการหาคำตอบ
2. ปัญหาที่มีคำตอบหลายคำตอบ (Problems with Multiple Answers): ปัญหาที่สามารถมีคำตอบได้หลายคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งมีหลายวิธีในการหาคำตอบที่เป็นไปได้ ตัวอย่างเช่น การออกแบบกราฟหรือแผนภูมิที่สามารถเป็นไปได้อย่างหลายแบบตามการตีความข้อมูล
3. ปัญหาที่มีคำถามหลายประเด็น (Problems with Multiple Questions): ปัญหาที่มีหลายประเด็นที่ต้องพิจารณาหรือคำถามที่แตกต่างกัน ซึ่งต้องการการวิเคราะห์และการแก้ไขหลายขั้นตอน ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์สถานการณ์ที่มีหลายปัจจัยที่ต้องพิจารณา
4. ปัญหาที่ไม่สามารถคาดการณ์คำตอบล่วงหน้าได้ (Problems with Unpredictable Outcomes): ปัญหาที่คำตอบหรือผลลัพธ์ไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้อย่างชัดเจน ซึ่งช่วยกระตุ้นการทดลองและการสำรวจ ตัวอย่างเช่น การทดลองทางคณิตศาสตร์ที่อาจนำไปสู่ผลลัพธ์ที่หลากหลาย

Merliss and Daniel (2001) ได้แบ่งประเภทของปัญหาปลายเปิด (open-ended problems) ออกเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ดังนี้

1. ปัญหาที่มีวิธีการแก้ไขหลายวิธี (Problems with Multiple Methods) คือปัญหาที่สามารถแก้ไขได้ด้วยหลายวิธีที่แตกต่างกัน การเลือกวิธีการแก้ปัญหาขึ้นอยู่กับวิธีการและกลยุทธ์ที่ผู้เรียนเลือกใช้ ซึ่งสามารถนำไปสู่การสร้างแนวทางที่หลากหลายในการหาคำตอบ
2. ปัญหาที่มีคำตอบหลายคำตอบ (Problems with Multiple Answers) คือปัญหาที่สามารถมีคำตอบหลายคำตอบที่ถูกต้อง ขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้และการตีความของผู้เรียน ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเสนอความคิดเห็นและวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหา
3. ปัญหาที่ไม่สามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ล่วงหน้าได้ (Problems with Unpredictable Outcomes) คือปัญหาที่ผลลัพธ์หรือคำตอบไม่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า การแก้ปัญหาประเภทนี้มักจะต้องการการทดลอง การสำรวจ และการใช้กลยุทธ์ใหม่ ๆ ซึ่งช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดอย่างสร้างสรรค์และมีการเรียนรู้ที่มีความหมาย

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2553) ได้แบ่งประเภทของปัญหาปลายเปิด (open-ended problems) ออกเป็น 4 ประเภทหลัก ๆ ดังนี้

1. ปัญหาที่มีคำตอบหลายคำตอบ (Problems with Multiple Answers) คือ ปัญหาที่สามารถมีหลายคำตอบที่ถูกต้อง โดยขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ในการแก้ไข ตัวอย่างเช่น การออกแบบหรือสร้างกราฟที่สามารถทำได้หลากหลายรูปแบบ

2. ปัญหาที่มีวิธีการแก้ไขหลายวิธี (Problems with Multiple Methods) คือปัญหาที่สามารถแก้ไขได้หลายวิธีที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถใช้กลยุทธ์และเทคนิคที่หลากหลายในการหาคำตอบ ตัวอย่างเช่น การใช้วิธีการต่าง ๆ ในการคำนวณหรือวิเคราะห์ข้อมูล

3. ปัญหาที่ไม่สามารถคาดการณ์คำตอบล่วงหน้าได้ (Problems with Unpredictable Outcomes) คือปัญหาที่ผลลัพธ์หรือคำตอบไม่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า ต้องการการทดลองและการสำรวจเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด ตัวอย่างเช่น การทดลองทางคณิตศาสตร์ที่อาจมีผลลัพธ์ที่หลากหลาย

4. ปัญหาที่ต้องการการวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลอง (Problems Requiring Analysis and Modeling) คือปัญหาที่ต้องใช้การวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลองเพื่อหาคำตอบ ต้องการการคิดเชิงวิเคราะห์และการสร้างวิธีการใหม่ ๆ ในการแก้ไข

จากการศึกษาเอกสารผู้วิจัยได้นำข้อมูลของ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2553) มาเป็นแนวทางในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ในส่วนของสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นคือ ปัญหาปลายเปิด (open-ended problems) ออกเป็น 4 คือ

1. ปัญหาที่มีคำตอบหลายคำตอบ (Problems with Multiple Answers) คือปัญหาที่สามารถมีคำตอบที่หลากหลาย ซึ่งแต่ละคำตอบสามารถถูกต้องได้ตามวิธีการที่ใช้หรือการตีความที่แตกต่างกัน

2. ปัญหาที่มีวิธีการแก้ไขหลายวิธี (Problems with Multiple Methods) คือปัญหาที่สามารถแก้ไขได้หลายวิธีที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้นสามารถหลากหลายและไม่จำเป็นต้องใช้วิธีการเดียวกัน

3. ปัญหาที่ไม่สามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ล่วงหน้าได้ (Problems with Unpredictable Outcomes) คือปัญหาที่ผลลัพธ์หรือคำตอบไม่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า ต้องการการทดลองหรือการสำรวจเพื่อหาคำตอบ

4. ปัญหาที่ต้องการการวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลอง (Problems Requiring Analysis and Modeling): ปัญหาที่ต้องใช้การวิเคราะห์เชิงลึกและการสร้างแบบจำลองเพื่อหาคำตอบ ซึ่งมักต้องใช้ความคิดเชิงวิเคราะห์และการพัฒนาแนวทางใหม่ ๆ

3.3 การสร้างปัญหาปลายเปิด

เบกเกอร์และชิมาดะ (Becker & Shimada, 1997) กล่าวว่า ปัญหาปลายเปิดจะทำให้นักเรียนมีประสบการณ์เรียนรู้บางประการที่แปลกใหม่ต่างไปจากเดิม จากการที่มีคำตอบเปิดกว้าง แม้ว่าจะมีผู้หาคำตอบของปัญหาได้แล้วนักเรียนคนอื่นก็ยังมีโอกาสหาคำตอบอื่น ๆ ได้อีก รวมทั้งการทำทนายให้แสวงหาวิธีการใหม่ ๆ ในการหาคำตอบ ซึ่งต้องบูรณาการความรู้ที่มีมาก่อนทั้งทักษะและวิธีการคิดเข้าด้วยกัน นอกจากนี้ นักเรียนยังจะสร้างปัญหาได้ด้วยตนเองที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาเดิมได้และขยายปัญหานั้นต่อไปได้อีกดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตาราง 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาปลายปิดและปัญหาปลายเปิด

ปัญหาปลายปิด	ปัญหาปลายเปิด
1. $7 + 5$ เท่ากับเท่าไร	1. มีหลายวิธีที่ทำให้ผลรวมของสองตัวเลขเท่ากับ 14 จงหาวิธีต่างๆ ที่เป็นไปได้
2. จงหาพื้นที่ของสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความยาว 10 เซนติเมตร และความกว้าง 4 เซนติเมตร	2. จงออกแบบรูปสี่เหลี่ยมที่มีพื้นที่รวมกัน 40 ตารางเซนติเมตร นักเรียนจะสามารถใช้ความยาวและความกว้างแบบใดได้บ้าง
3. จงหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขชุดนี้ 4, 6, 8, 10	3. ถ้าค่าเฉลี่ยของจำนวน 4 จำนวนเท่ากับ 7 จำนวน จำนวนเหล่านั้นคืออะไรได้บ้าง
4. จงหาค่าของ $48 \div 5$	4. เมื่อหารตัวเลข 48 ด้วยตัวเลขใดๆ แล้วมีเศษ จงหาว่ามีวิธีที่คล้ายกันได้กี่วิธี

เบกเกอร์ และชิมาดะ (Becker & Shimada, 1997) กล่าวว่า โดยทั่วไป ๆ เป็นการยากในการพัฒนาปัญหาให้เป็นปัญหาปลายเปิดที่ดี และเหมาะสมกับนักเรียนในระดับที่แตกต่างกัน ผลจากการวิจัยข้างหลาย ๆ ครั้ง ทำให้ได้ข้อแนะนำสำหรับการสร้างปัญหาปลายเปิดในกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้

1. เตรียมสถานการณ์จริงเชิงกายภาพที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรเชิงปริมาณซึ่งสามารถสังเกตความสัมพันธ์ได้
2. แทนที่จะถามนักเรียนให้พิสูจน์ทฤษฎีบทเหมือนกับ “ถ้า P แล้ว Q” เปลี่ยน ปัญหานี้เป็น “ถ้า P แล้วความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่นักเรียนค้นพบมีอะไรบ้าง” โดยต้องกำหนดคำว่า “สิ่งต่าง ๆ” ให้เฉพาะเจาะจงขึ้น

3. ในการสอนเกี่ยวกับทฤษฎีบท บทเรียนควรเริ่มต้นด้วยตัวอย่างที่สอดคล้องกับทฤษฎีบทหลาย ๆ ตัวอย่าง เช่น ในเรขาคณิตควรเริ่มต้นด้วยการแสดงรูปเรขาคณิตที่สอดคล้องกับทฤษฎีบทหลาย ๆ รูป แล้วให้นักเรียนสร้างข้อความคาดการณ์จากรูปเองซึ่งจะนำไปสู่ข้อความตามทฤษฎีบท

4. แสดงรายการที่เป็นลำดับหรือตารางของข้อมูลต่าง ๆ ให้นักเรียนค้นหาความสัมพันธ์หรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์

5. แสดงตัวอย่างของข้อเท็จจริงที่แสดงให้เห็นแนวคิดกว้าง ๆ กับนักเรียน ครูยกตัวอย่าง ข้อเท็จจริงในด้านหนึ่ง ให้นักเรียนอธิบายข้อปลีกย่อยอื่น ๆ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับตัวอย่าง

6. แสดงตัวอย่างของแบบฝึกหัดหรือปัญหาที่คล้ายคลึงกันหลาย ๆ ตัวอย่าง ให้นักเรียนหา คำตอบแล้วให้หาสมบัติที่ร่วมกันเท่าที่เป็นไปได้ของปัญหาเหล่านี้ เช่น ปัญหาจัดการ แข่งขันฟุตบอล การหาจำนวนคู่สายโทรศัพท์ การหาเส้นทแยงมุมของรูปหลายเหลี่ยม

7. แสดงสถานการณ์เชิงกึ่งคณิตศาสตร์ (Quasi-Mathematics) ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่สามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยอธิบายได้ เช่น ปัญหาการอยู่กันอย่างกระจัดกระจายของกลุ่มก้อนหินในลักษณะต่าง ๆ ให้นักเรียนอธิบายว่ากลุ่มใดมีการกระจายมากที่สุด เพราะเหตุใด ให้หาวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้คณิตศาสตร์

8. แสดงตัวอย่างที่ชัดเจนของโครงสร้างทางพีชคณิต เช่น โครงสร้างของกึ่งกลุ่ม หรือกลุ่ม โดยแสดงตัวอย่างที่เป็นข้อมูลเชิงตัวเลขซึ่งง่ายในการพิจารณา แล้วให้นักเรียนค้นหากฎทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้อง

ลัดดา ศิลาน้อย (2549) ได้กล่าวถึงกระบวนการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ให้มีลักษณะที่เป็นปัญหาแบบเปิดกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด โดยกำหนดสถานการณ์ไว้ 3 แนวทาง คือ สถานการณ์ A เป็นเรื่องของการกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา บทบาทของครูคือนำสถานการณ์ปัญหาหรือปัญหาคำถามมาเสนอในชั้นเรียนเพื่อกระตุ้นให้ได้แนวทางหรือคำตอบที่หลากหลาย บทบาทของผู้เรียนคือพยายามคิดหาคำตอบ แนวทาง หรือสร้างสถานการณ์ขึ้นมา เพื่อตอบสนองในปัญหาคำถามที่ได้รับการกระตุ้น ทำให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้ที่กว้างขวาง สถานการณ์ B เป็นช่วงของการสืบเสาะหาข้อมูลเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาของตน โดยอาศัยประสบการณ์ที่มีอยู่ ส่วนบทบาทของครูคือการชี้แนะให้เกิดการอภิปรายอย่างกว้างขวาง เกี่ยวกับความสัมพันธ์กับแนวคิดอื่น ๆ ที่หลากหลาย เพื่อสามารถบูรณาการคำตอบที่อาจจะเห็นว่าไม่เกี่ยวข้องกัน ให้เชื่อมโยงสัมพันธ์กันเป็นความรู้ใหม่ที่สูงกว่าความรู้ที่มีอยู่เดิม สถานการณ์ C เป็นการเน้นสถานการณ์ใหม่ที่พัฒนาขึ้นมากกว่าที่มีอยู่เดิม นักเรียนพยายามที่จะสร้างปัญหาต่อไปที่เป็นกรณีทั่วไปเพิ่มขึ้น โดยอาศัยพื้นฐานจากกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจากสถานการณ์ B และจากการที่ได้แก้ปัญหาดังกล่าว นักเรียนจะสามารถหาคำตอบที่มีลักษณะโดยทั่ว ๆ ไปมากขึ้น

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างปัญหาปลายเปิดข้างต้นทำให้ผู้วิจัยได้มีแนวทางในการสร้างปัญหาปลายเปิดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งการสร้างปัญหาปลายเปิดในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างปัญหาปลายเปิดที่เป็นการกำหนดสถานการณ์ปัญหาขึ้นเพื่อให้นักเรียนพยายามคิดหาคำตอบ หรือหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

3.4 ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

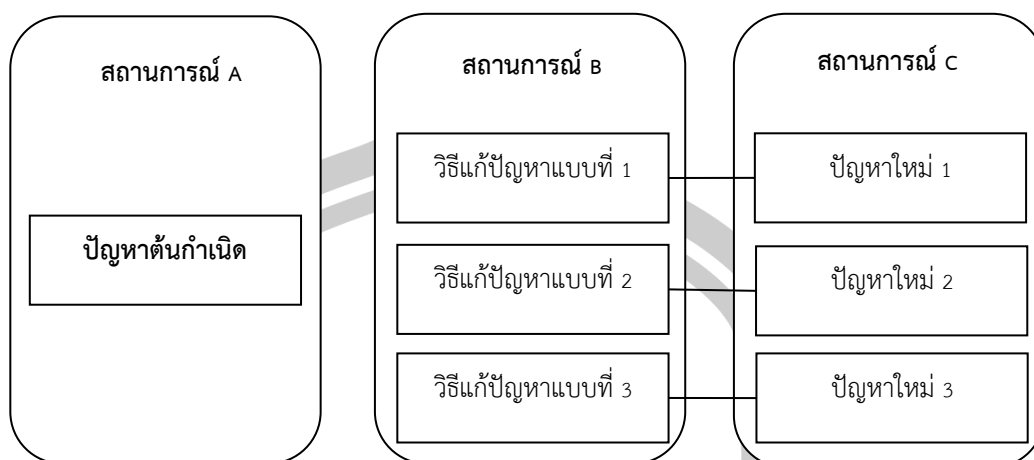
โนตะ (Nohda, 2000b อ้างถึงใน ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2547) ได้กล่าวว่า วิธีการแบบเปิดมีแนวคิดสำคัญอยู่ 3 ประการ คือ การเปิดใจของนักเรียน การเปิดและชนิดของปัญหาปลายเปิด และแนวทางในการพัฒนาปัญหาแบบเปิด โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดมักเริ่มด้วยการใช้ปัญหาปลายเปิด (Open ended problem) ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหา 3 สถานการณ์ที่ครูให้นักเรียน ดังนี้

สถานการณ์ A คือ สถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้นักเรียน ครูนำสถานการณ์ปัญหาหรือปัญหาด้นกำเนิดปัญหาหนึ่งมานำเสนอกับนักเรียน ส่วนนักเรียนพยายามสร้างปัญหาทางคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ปัญหาหรือปัญหาด้นกำเนิดนั้นที่ตอบสนองต่อประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง

สถานการณ์ B คือ ซึ่งเป็นช่วงของการสืบเสาะเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย นักเรียนถูกคาดหวังที่จะค้นพบแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเอง โดยอาศัยประสบการณ์ของตนเอง ส่วนครูพยายามชี้แนะให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแนวทางคำตอบที่หลากหลาย ที่ได้มาเพื่อเชื่อมโยงกับแนวทางคำตอบที่จะนำไปสู่องค์ความรู้ในระดับสูงขึ้นในต่อมา

สถานการณ์ C คือ ซึ่งเป็นการสร้างสถานการณ์ปัญหาใหม่ที่ก้าวหน้ากว่าเดิม นักเรียนต้องพยายามสร้างปัญหาที่มีความเป็นกรณีทั่วไป (Generalization) มากขึ้นโดยอาศัยพื้นฐานจากกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์ B ดังภาพประกอบ 2

พูน ปณ จิต ชเว



ภาพประกอบ 2 แสดงสถานการณ์การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open-Approach Method)

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2553) ได้กล่าวถึงวิธีการแบบเปิดตามการสอนแบบเปิดที่ได้ปรับให้ใช้ควบคู่กับการศึกษาชั้นเรียน (Lesson Study) ว่าวิธีการแบบเปิดอยู่ในขั้นตอนที่ 2 (การร่วมกันสังเกตชั้นเรียน) ของการศึกษาชั้นเรียน โดยวิธีการแบบเปิดแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing Open-ended Problem) 2) ขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยตัวเองของนักเรียน (Student's self-learning) 3) ขั้นตอนอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดในชั้นเรียน (Whole Class Discussion and Comparison) และ 4) ขั้นตอนการสรุปบทเรียนโดยการเชื่อมโยง (Summing-up by connecting students' emergent mathematical ideas) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนการนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing Open-ended Problem) เมื่อครูนำเสนอปัญหาปลายเปิดให้กับผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดข้อสงสัยในปัญหาดังกล่าว เช่น กฎ สูตรต่าง ๆ ดังนั้นคำถามหรือปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนทำให้ผู้เรียนเกิดความสับสนในตอนแรก ซึ่งปัญหาที่ใช้เป็นปัญหาที่ผู้เรียนไม่คุ้นเคย ทั้งกฎ สูตร วิธีการและอื่น ๆ ของการตอบปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ และยิ่งไปกว่านั้นก็ไม่สามารถเข้าใจสิ่งที่ผู้เรียนจะกระทำ ซึ่งการที่จะช่วยเหลือให้ผู้เรียนเข้าใจความหมายของปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพคือ 1) ให้กำลังใจผู้เรียนโดยมุ่งไปที่ประเด็นปัญหาที่คล้ายกันด้วยการฉายโปรเจกเตอร์ให้ดู 2) เปลี่ยนข้อมูลให้เป็นแบบทั่วไป ตัวอย่างเช่น การแนะนำการแก้ปัญหามากมาย หรือการแสดงข้อมูลที่เป็นรูปธรรมที่มากกว่าการให้ปัญหาที่เป็นคำพูด 3) ให้ตัวอย่างที่ไม่จำกัดความคิดของผู้เรียน และ 4) หารูปแบบที่ดีที่สุดในการใช้เนื้อหาที่เป็นรูปธรรม

2) ขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยตัวเองของนักเรียน (Student's self-learning) เพราะปัญหาปลายเปิดเป็นปัญหาที่มีความสำคัญในการคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนแต่ละคน ซึ่งครูไม่ควรกำหนดปัญหาให้กับผู้เรียนทั้งหมด หรือขีดขวางแนวคิดของผู้เรียน สิ่งที่ครูควรทำคือปรับความคิดเห็น

ของผู้เรียนให้เข้ากัน เป็นขั้นที่นักเรียนเรียนรู้และพัฒนาความรู้ด้วยตัวเอง โดยไม่ต้องพึ่งพาครูหรือผู้สอนเป็นหลัก ขึ้นอยู่กับความพยายามและความรับผิดชอบของนักเรียนเองในการหาข้อมูล เรียนรู้ และเข้าใจเนื้อหาหรือทักษะต่าง ๆ ต่อไปนี้เป็นแนวทางและข้อดีของการเรียนรู้ด้วยตนเอง

3) ขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดในชั้นเรียน (Whole Class Discussion and Comparison) ในขั้นนี้มีความสำคัญมากในการจัดบันทึกคำตอบ วิธีการหรือการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนแต่ละคนได้ทำในกลุ่ม ดังนั้นการใช้สมุดบันทึกหรือใบงานทำการจดบันทึกวิธีการคิด หรือการให้ข้อมูลข่าวสารของผู้เรียน โดยทำการบันทึกแบบย่อ ๆ ในใบงานหลังจากจบบทเรียน ซึ่งครูสามารถประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นกลุ่มและเป็นรายบุคคลก็ได้ เพราะกิจกรรมของผู้เรียนในช่วงนี้มีความสำคัญต่อการพัฒนาบทเรียน ครูก็พยายามแนะนำผู้เรียนคนที่ยังไม่เข้าใจปัญหา และให้ตัวอย่างหรือเสนอแนะเพื่อกระตุ้นผู้เรียนให้คิดเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าว ซึ่งเรื่องนี้อาจเกิดขึ้นในขณะที่ครูเดินรอบ ๆ เพื่อตรวจสอบการทำงานของนักเรียน

4) ขั้นสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (Summing-up by connecting students' emergent mathematical ideas) ในขั้นนี้ ครูหรือผู้เรียนก็จะเขียนงานของตนเองหรืองานของกลุ่มใส่กระดานเพื่อแสดงให้คนอื่นเห็น ซึ่งครูก็จะรวบรวมความคิดที่คล้ายกันของผู้เรียนที่ได้การนำเสนอหรือบันทึกความคิดเห็นอื่น ๆ ของผู้เรียน ผู้เรียนก็จะยืนยันความคิดของตนเองโดยมองว่างานของตนเองมีส่วนที่คล้ายกับงานของคนอื่นหรือไม่อย่างไร เมื่อผู้เรียนนำเสนอคล้ายกันก็ทำการสรุปแบบย่อ ๆ โดยที่ครูให้ความสนใจไปที่ประเด็นใดหนึ่งแล้วก็สรุป ครูจะรวบรวมความคิดที่ผู้เรียนนำเสนอมาและรวมกับสิ่งที่ครูได้เตรียมการมาล่วงหน้ามาสรุปรวมกันให้มีความลงตัวพอดี และมีการเชื่อมโยงไปในบทเรียนถัดไป

ยุพาพัทธ์ สะเดา (2555) กล่าวว่าโดยการสอนแบบวิธีการเรียนแบบเปิด (Open Approach) นั้น มีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นนำเสนอปัญหาต่อชั้นเรียน โดยเน้นวิธีการแบบเปิด ซึ่งมีลักษณะของการเปิด 3 ลักษณะคือ กระบวนการเปิด (แนวทางการแก้ปัญหาที่ถูกต้องนั้นมีหลายแนวทาง) ผลลัพธ์เปิด (คำตอบถูกต้องหลายคำตอบ) แนวทางการพัฒนาเปิด (สามารถพัฒนา ไปเป็นปัญหาใหม่ได้) เมื่อได้สถานการณ์ปัญหาแล้วครูใช้ใบกิจกรรมให้นักเรียนทำในห้องเรียนโดยทำเป็น กลุ่ม ๆ 3 – 5 คน

2. ขั้นลงมือทำกิจกรรมและเรียนรู้ด้วยตนเอง (การนำเสนอแผนการสอนไปใช้) (Research) เมื่อได้ใบกิจกรรมนักเรียนในกลุ่มก็จะช่วยกันคิดหาวิธีของแต่ละคนเสร็จแล้วก็จะคุยกันในกลุ่ม เพื่อหาข้อสรุปและเหตุผลที่ได้คำตอบมาอย่างนี้เพราะอะไรมีวิธีการอย่างไร เสร็จแล้วจะนำเสนอหน้าชั้นให้เพื่อนรับทราบถึงแนวความคิดของกลุ่มตนเอง

3. ขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน (สะท้อนผลการอภิปราย เกี่ยวกับการสอน Lesson Discussion) เมื่อนักเรียนได้คำตอบพร้อมกับเหตุผลแนวคิดและวิธีหาคำตอบก็จะ

นำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่อให้เพื่อนได้รับทราบถึงวิธีการคิดของนักเรียน หลังจากนั้นครูร่วมอภิปรายเพื่อพัฒนาไปเป็นปัญหาใหม่ เพื่อนำมาพัฒนาต่อไป

4. ขั้นสรุปบทเรียนจากการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน (การสรุปผลการเรียนรู้) (Consolidation of Learning) ขั้นสุดท้ายของกิจกรรมที่ครูและนักเรียน เรียนรู้ร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปของบทเรียนที่มีความเหมือนและแตกต่างในการหาคำตอบของแต่ละกลุ่ม เพื่อที่จะสรุปเป็นแนวคิดร่วมกัน

วนัญชา เสงดี (2555) กล่าวว่าวิธีการแบบเปิดแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 การนำเสนอ ปัญหาปลายเปิด ครูได้นำเสนอปัญหาปลายเปิด เมื่อครูนำเสนอสิ่งที่ครูจะถามนั้นคือ ทฤษฎี และสูตร ต่างๆ ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นคือนักเรียนยังไม่คุ้นชินกับสูตรและทฤษฎีต่างๆ สิ่งที่ครูควรทำคือให้นักเรียน เข้าใจประเด็นปัญหาในทิศทางเดียวกัน และให้ตัวอย่างแก่นักเรียนโดยที่มีจำกัดแนวคิดของนักเรียน

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเอง ขั้นตอนนี้ครูควรชี้แนะให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นของนักเรียนออกมา เพราะปัญหาปลายเปิดมีความสำคัญของการคิดทางคณิตศาสตร์ ครูควรปรับเปลี่ยน ความคิดของทุกคนให้เข้าด้วยกัน เพราะความคิดของแต่ละคนมีความสำคัญอย่างมาก

ขั้นที่ 3 ช่วงอภิปรายบทเรียน หลังจากทีนักเรียนได้แก้ไขปัญหาลแล้ว นักเรียนจะต้องบันทึกคำตอบลงในใบงานหรือหรือหนังสือเรียนที่กำหนด ซึ่งในขั้นนี้ครูสามารถที่จะประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มก็ได้ และครูยังสามารถที่จะรู้ว่่านักเรียนคนไหนที่ยังไม่เข้าใจ ครูควรให้คำแนะนำหรือยกตัวอย่างเพิ่มเติมให้นักเรียนได้เข้าใจยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 4 สรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องนำเสนอแนวคิดของตนเองว่ามีส่วนที่เหมือนกับเพื่อนหรือไม่ ซึ่งครูควรกระตุ้นในการให้นักเรียนให้เหตุผลว่าแนวคิดของนักเรียนสอดคล้องกับปัญหาที่ได้รับมา หรือสอดคล้องกับแนวคิดของเพื่อนอย่างไร ซึ่งขั้นตอนนี้ที่นักเรียนควรเตรียมการมาล่วงหน้าเพื่อนำมาเสนอและมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อน

จากการศึกษาขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ผู้วิจัยจึงได้นำขั้นตอนของไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2553) มาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนสามารถสรุปได้ว่าวิธีการแบบเปิดมี 4 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open-ended problem) เป็นขั้นที่ครูเสนอปัญหาปลายเปิดในชั้นเรียน ครูจะต้องอธิบายปัญหานั้นให้นักเรียนได้เข้าใจถึงความสัมพันธ์เงื่อนไขของปัญหานั้น ๆ โดยกระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของปัญหา อาจใช้สื่อการสอนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจยิ่งขึ้นและให้ข้อมูลทั่วไปเพิ่มเติมเพื่อให้เห็นปัญหาที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น

2. **ชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน (Student's self-learning)** เป็นชั้นที่ให้นักเรียนแต่ละคนได้ใช้ความคิดทางคณิตศาสตร์อย่างอิสระในการแก้ปัญหา ครูไม่ควรกำหนดแนวทางการคิดของนักเรียน เพราะครูควรเน้นให้นักเรียนได้คิดหาแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

3. **ชั้นอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดในชั้นเรียน (Whole Class Discussion and Comparison)** เป็นชั้นที่นักเรียนจะต้องอภิปรายแนวคิดการแก้ปัญหาของตนเองในชั้นเรียน สิ่งที่สำคัญคือการบันทึกแนวคิดการแก้ปัญหาของนักเรียนในใบกิจกรรมหรือสมุดบันทึกเพื่อให้เห็นถึงแนวคิดของนักเรียนที่เป็นลายลักษณ์อักษร

4. **ชั้นสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (Summing-up by connecting students' emergent mathematical ideas)** เป็นชั้นที่ครูหรือผู้เรียนควรเขียนแนวคิดของแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มบนกระดานเพื่อให้นักเรียนทุกคนได้เห็นถึงแนวคิดที่หลากหลายนั้น แล้วครูทำการเปรียบเทียบแนวคิดของนักเรียนถึงความเหมือนและความต่างของแนวคิดนั้น ๆ ครูควรส่งเสริมแนวคิดที่หลากหลายของนักเรียนในทางบวก

4. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research)

การใช้วิจัยเป็นเครื่องมือในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนสามารถทำได้หลายรูปแบบ ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาโดยใช้รูปแบบวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อแก้ปัญหานักเรียนตามบริบทและให้เกิดความยืดหยุ่นตามสภาพจริง จึงได้ศึกษารายละเอียดดังนี้

4.1 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

นักวิชาการศึกษาได้กล่าวถึง ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ไว้ดังนี้

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ (2537) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า เป็นการวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงและพัฒนาการทำงานของบุคลากรหรือระบบที่มีอยู่ โดยผู้วิจัยเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินงานนั้น ๆ การวิจัยเชิงปฏิบัติการมุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เพื่อให้เกิดการแก้ไขปัญหาหรือการพัฒนาที่ตรงจุด และสามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ได้จริงในการทำงาน โดยมี 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน การลงมือ ปฏิบัติจริง การสังเกต และการสะท้อนผลของการปฏิบัติ

ส. วาสนา ประवालพุกข์ และคณะ (2542) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า เป็นการวิจัยเชิงพัฒนาที่มุ่งแสวงหาแนวทางที่เหมาะสมเฉพาะตนในการปรับปรุง พัฒนา และประเมินตนเอง ซึ่งจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากบุคคลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการปฏิบัติการภาะงานนั้นเพื่อปรับปรุงและพัฒนาให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการให้การพัฒนานั้นเป็นการพัฒนาที่ยั่งยืน

สุวิมล ว่องวานิช (2543) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า เป็นการวิจัยที่ทำได้โดยครูผู้สอนในห้องเรียนแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องเรียน และนำผลมาใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับผู้เรียน เป็นการวิจัยที่ต้องทำอย่างรวดเร็ว นำ ผลไปใช้ทันทีและสะท้อนข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงานต่างๆ ของตนเองให้ทั้งตนเองและกลุ่มเพื่อน ร่วมงานในโรงเรียน ได้มีโอกาสอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในแนวทางที่ได้ปฏิบัติและผลที่เกิดขึ้น เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนต่อไป

บุญชม ศรีสะอาด (2545) ได้อธิบายเกี่ยวกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่าเป็นการวิจัยที่เป็นประโยชน์สำหรับครูผู้สอน ครูทุกคนสมควรนำวิธีการวิจัยลักษณะนี้ไปแก้ปัญหาหรือพัฒนานักเรียน โดยการวิจัยเชิงปฏิบัติการมีลักษณะสำคัญดังนี้

1. มุ่งแก้ปัญหาในการปฏิบัติงานในหน้าที่ในชีวิตประจำวันของครูผู้วิจัย
2. มีการลงมือปฏิบัติหรือกระทำ ปรับปรุงให้ดีขึ้น ซึ่งอาจสามารถแก้ปัญหานั้นได้ตามแผนที่วางไว้
3. ผู้วิจัยอาจทำการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาของตนเองด้วยตนเองคนเดียว หรือทำวิจัยร่วมกันหลายคน
4. เน้นการวิจัยเฉพาะที่ไม่ได้มุ่งการนำผลการวิจัยมาใช้ในการสรุปอ้างอิง หรือสรุปครอบคลุม กล่าวคือ ผู้วิจัยลงมือดำเนินการเพื่อการแก้ปัญหา
5. ในการดำเนินการวิจัย ครูผู้วิจัยอาจมีการเปลี่ยนแปลงในจุดมุ่งหมายและวิธีการ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมบรรลุเป้าหมายได้ดีขึ้นก็ได้

ประวิต เอรารวรรณ (2545) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า การวิจัยที่ ผู้วิจัยเข้าไปมีส่วนร่วมในกระบวนการปฏิบัติ เพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการที่ถูกต้องในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาอย่างมีระบบระเบียบ และเป็นที่น่าพอใจ

สุรัตน์ภรณ์ ศาสตร์นอก (2550) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า เป็นกระบวนการหาคำตอบที่ใช้ระเบียบวิธีวิจัยไปพัฒนา หรือแก้ไขกลุ่มเป้าหมายในเรื่องที่ศึกษาได้อย่างทันทั่วทั้งที่ และผลการวิจัยนั้นก็ยังคงดำเนินการต่อไปในการพัฒนานั้น ๆ แต่ไม่ได้มุ่งที่จะนำผลที่ได้ไปใช้กับสถานการณ์อื่นหรือกลุ่มประชากรอื่น

ธีรวุฒิ เอกะกุล (2551) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า เป็นการศึกษาและรวบรวม แสวงหาข้อเท็จจริง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปที่นำไปสู่การแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ ทั้งในด้านประสิทธิภาพและประสิทธิผลของงานที่รับผิดชอบ โดยผู้วิจัยสามารถดำเนินการได้หลากหลายวิธี และหลายๆ ครั้งจนกระทั่งผลการนั้นบรรลุวัตถุประสงค์ หรือแก้ปัญหาที่พบอยู่ได้สำเร็จ โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับศาสตร์อื่น ๆ ได้

จากการศึกษา ผู้วิจัยสรุปความหมายของวิจัยเชิงปฏิบัติการได้ว่า เป็นกระบวนการวิจัยที่เน้นการแก้ปัญหาหรือพัฒนาการปฏิบัติในสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน โดยผู้ที่เกี่ยวข้องจะมีบทบาทร่วมมือในการดำเนินการวิจัย เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เป็นประโยชน์ การวิจัยนี้จะเกิดขึ้นในวงจรของการวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผล ซึ่งหลังจากแต่ละรอบของวงจร ครูผู้สอนและผู้มีส่วนร่วมจะนำข้อมูลมาประเมินและปรับปรุงกระบวนการให้เหมาะสม

4.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

Kemmis and McTaggart (1988) ได้กล่าวถึง การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการนำไปใช้ เพื่อพัฒนาปรับปรุงสภาพการเรียนการสอนจริงในโรงเรียนโดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 วางแผน (Plan) เริ่มด้วยการสำรวจปัญหาที่สำคัญที่ต้องการให้มีการแก้ไข ครูและผู้เกี่ยวข้องอาจเป็นครูท่านอื่นๆ ที่สอนร่วม นักเรียน ผู้ปกครอง หรือผู้บริหารวางแผนกัน สำรวจสภาพการณ์ของปัญหาว่าคืออะไร ปัญหาที่ต้องการแก้ไขคืออะไร ปัญหานี้เกี่ยวข้องกับใครบ้าง เช่น ครูต้องเปลี่ยนวิธีใช้คำถามในชั้นเรียน นักเรียนต้องการแก้ไขคืออะไร ปัญหานี้เกี่ยวข้องกับใครบ้าง เช่น ครูต้องเปลี่ยนวิธีการใช้คำถามในชั้นเรียน นักเรียนต้องทำงานเป็นกลุ่ม เนื้อหาบางหัวข้อในแบบเรียนจะต้องตัดทอนหรือขยายความเพิ่มเติม ผู้บริการจะต้องรับทราบการเปลี่ยนแปลงและให้การสนับสนุน เป็นต้น ในขั้นตอนของการวางแผนจะมีการปรึกษาร่วมกันระหว่างผู้เกี่ยวข้อง การใช้แนวคิดวิเคราะห์สิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาคือช่วยให้องค์กรเห็นสภาพการณ์ของปัญหาชัดเจนขึ้น

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act) เป็นการนำแนวคิดที่กำหนดในขั้นวางแผนมาดำเนินการลงมือปฏิบัติมีการใช้การวิเคราะห์ประกอบไปด้วย รับฟังจากผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ จากการลงมือปฏิบัติจะเป็นข้อมูลย้อนกลับว่าแผนที่วางไว้เหมาะสมหรือไม่ ปฏิบัติจริงได้มากน้อยเพียงใด และอาจมีอุปสรรคอื่น ๆ มาเกี่ยวข้องโดยไม่คาดคิด ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เช่น ถูกต่อต้านจากผู้บริหารหรือนักเรียน ฉะนั้นแผนงานที่กำหนดไว้อาจยืดหยุ่นได้ นั่นคือการปฏิบัติการโดยมีลักษณะเป็น Fluid and Dynamic โดยผู้วิจัยต้องใช้วิจารณญาณและการตัดสินใจที่เหมาะสม และมุ่งต่อการปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ด้วย

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) ขณะที่การวิจัยดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนที่วางไว้ เป็นเรื่องที่แน่นอนว่าสภาพจริงนั้นต้องมีความราบรื่น อุปสรรค และข้อขัดแย้งบางประการ ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องการมีสังเกตการณ์ควบคู่ไปด้วย ใช้การสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างระมัดระวังด้วยความใจกว้าง นั่นคือเปิดใจรับฟังความเห็นจากผู้เกี่ยวข้อง พร้อมกับการจดบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นทั้งที่คาดหวังและไม่ได้คาดหวัง สิ่งที่ต้องการทำการสังเกต คือกระบวนการเชิงการปฏิบัติ (The Action Process) ผลของการปฏิบัติการ (The Effect of Action) ซึ่งอาจเกิดโดยตั้งใจ หรือไม่ตั้งใจก็ได้ และสภาพแวดล้อมและข้อจำกัดของการปฏิบัติการ (The Circumstances and Constraints) การ

สังเกตนี้รวมถึงการรวบรวมผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติทั้งโดยการเห็นด้วยตา การได้ฟัง และการใช้เครื่องมือแบบทดสอบวัดผลออกมาในเชิงตัวเลขหรือใช้แบบสำรวจ แบบสอบถามวัดสิ่งที่ต้องการทราบความเปลี่ยนแปลง

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนการปฏิบัติการ (Reflect) ขั้นสุดท้ายของวงจรการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ การประเมินหรือตรวจสอบกระบวนการปัญหาหรือสิ่งที่จำกัดที่เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติการ ผู้วิจัยร่วมกับกลุ่มที่เกี่ยวข้องจะต้องตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นในแง่มุมต่างๆ ที่สัมพันธ์กับสภาพสังคม สภาพแวดล้อมของโรงเรียน และของระบบการศึกษาที่ประกอบกันอยู่ โดยผ่านการอภิปรายปัญหาการประเมินโดยกลุ่มจะทำให้เห็นแนวทางการพัฒนาขั้นตอนการดำเนินการกิจกรรมและเป็นพื้นฐานข้อมูลที่น่าไปสู่การปรับปรุงและการวางแผนต่อไป

กิตติพร ปัญญาธิกุล (2557) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ 4 ขั้นตอนดังนี้

1. แผน (Plan) แนวทางปฏิบัติซึ่งตั้งความคาดหวังไว้เป็นการมองไปในอนาคตข้างหน้า การกำหนดแผนทั่วไปต้องมีความยืดหยุ่น เพื่อที่จะสามารถปรับให้เข้ากับความเปลี่ยนแปลง และความขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นได้ กิจกรรมที่เลือกเข้ามากำหนดในแผนต้องได้รับการเลือกสรรว่าดีกว่ากิจกรรมอื่นๆ ส่งผลต่อการแก้ปัญหาในระดับหนึ่ง ผู้ร่วมงานจะต้องให้ความร่วมมือในการอภิปราย (ทั้งในแง่ทฤษฎีและปฏิบัติ) เพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ และปรับปรุงการกำหนดแผนงานที่จะสามารถปฏิบัติได้จริงในสภาพการณ์ที่เป็นอยู่

2. การปฏิบัติ (Act) การปฏิบัติจะดำเนินตามแผนที่วางไว้อย่างมีเหตุผลและมีการควบคุมอย่างสมบูรณ์ แต่การปฏิบัติจากแนวทางที่วางไว้มีโอกาสพลิกผันแปรตามสถานการณ์และบุคคล แผนที่วางไว้สำหรับการปฏิบัติจะต้องสามารถปรับแก้ไขได้ และสามารถปรับปรุงไปได้เรื่อย ๆ ตามผลการตัดสินใจเกี่ยวกับการกระทำนั้น ๆ

3. การสังเกต (Observe) ทำหน้าที่เก็บบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับผลที่ได้จากการปฏิบัติงาน มีรายงานหลักฐานที่มาจากวิจรณ์การสังเกตอย่างรอบคอบและระมัดระวัง การสังเกตเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากการปฏิบัตินั้นจะมีข้อจำกัด ข้อขัดแย้งของสภาพความเป็นจริง และข้อขัดแย้งเหล่านี้ไม่เคยชัดเจนและไม่มีทางคาดการณ์ไว้ล่วงหน้าได้ ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตต้องมาจากหลายแง่มุมในทุก ๆ ด้าน ผู้วิจัยเชิงปฏิบัติการต้องรายงานผลการสังเกตอย่างครบถ้วน นอกจากนี้การสังเกตในขั้นนี้รวมถึงการสังเกตกระบวนการของการปฏิบัติและผลของการปฏิบัติ โดยที่ตั้งใจและไม่ตั้งใจ สังเกตสถานการณ์ข้อขัดข้องของการปฏิบัติ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแผนการดำเนินงาน

4. การสะท้อน (Reflect) มีลักษณะเป็นการประเมินอย่างหนึ่งซึ่งผู้วิจัยเชิงปฏิบัติการจะต้องตัดสินใจจากประสบการณ์ของตนว่า ผลของการปฏิบัติเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือความต้องการที่ตั้งไว้หรือไม่ ตรวจสอบปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นเพื่อเป็นการวางแผนในการปฏิบัติในวงจรต่อไป

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์ (2558) กล่าวถึงขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่าเป็นกระบวนการวิจัยในเชิงการนำไปใช้เพื่อพัฒนาและปรับปรุงการปฏิบัติงานในโรงเรียน สามารถอธิบายการดำเนินการตามวงจรได้ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Planning) เริ่มด้วยการสำรวจปัญหาร่วมกันระหว่างบุคลากรภายในโรงเรียน เพื่อให้ได้ปัญหาที่สำคัญที่ต้องการแก้ไข ตลอดจนการแยกแยะรายละเอียดของปัญหานั้นเกี่ยวกับลักษณะของปัญหาเกี่ยวข้องกับใคร แนวทางแก้ไขอย่างไร และจะต้องปฏิบัติอย่างไร

2. ขั้นปฏิบัติการ (Action) เป็นการนำแนวคิดที่กำหนดเป็นกิจกรรมในขั้นวางแผน มาดำเนินการ โดยวิเคราะห์วิจารณ์ปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นร่วมกันกับทีมงานประกอบไปด้วย เพื่อทำการแก้ไข ปรับปรุงแผน ฉะนั้นแผนที่กำหนดควรจะต้องมีความยืดหยุ่นและปรับได้

3. ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) เป็นการศึกษาความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยความรอบคอบ ซึ่งอาจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นทั้งที่คาดหวังและไม่คาดหวัง โดยต้องอาศัยเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ เข้าช่วย

4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติการ (Reflection) เป็นขั้นสุดท้ายของวงจรการทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยทำการประเมินหรือตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหา หรือสิ่งที่ เป็นข้อจำกัดอันเป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติการ ผู้วิจัยร่วมกับกลุ่มผู้เกี่ยวข้องจะต้องตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นในแง่มุมต่างๆ ที่สัมพันธ์กับสภาพสังคม สิ่งแวดล้อม และระบบการศึกษาของโรงเรียนที่ประกอบกันอยู่ โดยผ่านการร่วมอภิปรายปัญหา และการประเมินโดยกลุ่ม ซึ่งจะทำได้แนวทางของการพัฒนา และขั้นตอนการดำเนินกิจกรรม เพื่อจะได้ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่นำไปสู่การปรับปรุงและวางแผนการปฏิบัติต่อไป

องอาจ นัยวัฒน์ (2548) ได้กล่าวถึงการวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การวางแผน (Planning) เป็นการกำหนดแนวทางปฏิบัติการไว้ก่อนล่วงหน้า โดยอาศัยการคาดคะเนแนวโน้มของผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ ประกอบกับการระลึกถึงเหตุการณ์ หรือเรื่องราวในอดีตที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขตามประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมของผู้วางแผน โดยทั่วไปการวางแผนจะต้องคำนึงถึงความยืดหยุ่น ทั้งนี้เพื่อจะสามารถปรับเปลี่ยนให้เข้ากับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต

2. การปฏิบัติการ (Action) เป็นการลงมือดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้อย่างระมัดระวังและควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในแผน อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงการปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้มีโอกาสแปรเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของสถานการณ์เวลานั้นด้วยเหตุนี้แผนปฏิบัติการที่ดีจะต้องมีลักษณะเป็นเพียงแผนชั่วคราว และเปิดช่องให้ผู้ปฏิบัติการสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามเงื่อนไข และปัจจัยที่เป็นอยู่ในขณะนั้น การปฏิบัติการที่ดีจะต้องดำเนินไปอย่างต่อเนื่องเป็นพลวัตรภายใต้การใช้ดุลยพินิจในการตัดสินใจ

3. การสังเกตการณ์ (Observation) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ และผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานที่ได้ลงมือกระทำลงไป รวมทั้งสังเกตการณ์ ปัจจัยสนับสนุนและ ปัจจัยอุปสรรคการดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ตลอดจนประเด็นปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่าง ปฏิบัติการตามแผนว่ามีสภาพหรือลักษณะเป็นอย่างไร การสังเกตการณ์ที่ดีจะต้องมีการวางแผนไว้ ก่อนล่วงหน้าอย่างคร่าวๆ โดยจะต้องมีขอบเขตไม่แคบหรือจำกัดจนเกินไป เพื่อจะได้เป็นแนวทาง สำหรับการสะท้อนกลับกระบวนการและผลการปฏิบัติที่จะเกิดขึ้นตามมา

4. การสะท้อนกลับ (Reflection) เป็นการให้ข้อมูลถึงการกระทำตามที่เป็นที่ข้อมูลไว้ จากการสังเกตในเชิงวิพากษ์กระบวนการและผลการปฏิบัติงานตามที่วางแผนไว้ ตลอดจนการ วิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการพัฒนา รวมทั้งประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นว่า เป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ โดยอาศัยกระบวนการกลุ่มในลักษณะวิพากษ์ วิจารณ์หรือประเมินผล การปฏิบัติงาน ระหว่างบุคคลที่มีส่วนร่วมในการวิจัย ซึ่งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทบทวน และ ปรับปรุงวางแผนปฏิบัติการในวงจรกระบวนการวิจัยในรอบหรือเกลียวต่อไป

จากการศึกษาแนวคิดและหลักการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการจากผู้เชี่ยวชาญหลายท่าน ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่าเป็นการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาการเรียนการสอน จริงในโรงเรียน ซึ่งเป็นกระบวนการที่เป็นวัฏจักร ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Planning) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นด้วยการสำรวจและวิเคราะห์ปัญหาที่ ต้องการแก้ไขอย่างรอบด้าน โดยอาศัยการศึกษาจากตำรา ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนด แนวทางและวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม รวมถึงการสร้างเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการดำเนินงาน

2. ขั้นปฏิบัติการ (Action) เป็นการนำแผนที่กำหนดไว้ในขั้นวางแผนไปดำเนินการ ปฏิบัติจริง การปฏิบัติควรดำเนินไปอย่างมีเหตุผลและมีการควบคุม อย่างไรก็ตาม แผนงานควรมี ความยืดหยุ่นสูงเพื่อพร้อมรับมือกับปัญหา อุปสรรค หรือสถานการณ์ที่ไม่คาดคิดที่อาจเกิดขึ้น และทำ การปรับปรุงแก้ไขแผนได้ตามบริบทจริง

3. ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) ในขณะที่ยังดำเนินการตามแผน ผู้วิจัยจะติดตามผล การปฏิบัติการอย่างใกล้ชิดและเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ การสังเกตนี้ครอบคลุมการรวบรวม ข้อมูลที่แสดงถึงผลการเรียนรู้ของนักเรียน รวมถึงกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติ โดยใช้ เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นและวิธีการสังเกตการณ์ที่หลากหลาย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน และเป็นจริง

4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติการ (Reflection) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของแต่ละวงจร ซึ่ง เป็นการประเมินหรือตรวจสอบผลที่ได้จากการปฏิบัติงานในขั้นต่าง ๆ รวมถึงปัญหาและอุปสรรคที่พบ เจอ โดยนำข้อมูลและข้อค้นพบทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางปรับปรุงแผนการดำเนินงาน เพื่อ เตรียมพร้อมสำหรับการเริ่มต้นเข้าสู่วงจรปฏิบัติการต่อไป

4.3 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ (2537) กล่าวว่า กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ มีขั้นตอนสำคัญในการดำเนินการดังนี้

1. การจำแนกหรือพิจารณาปัญหาที่ประสงค์จะศึกษา ผู้วิจัยและกลุ่มที่ทำการวิจัยจะต้องศึกษารายละเอียดของปัญหาที่จะศึกษาอย่างชัดเจน ปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องเรียนที่จะทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการจะต้องมีทฤษฎีรองรับในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น การวิเคราะห์สภาพปัญหา (The Matic Concern) ควรพิจารณาให้ครบ 4 องค์ประกอบดังนี้ ปัญหาที่เกี่ยวกับครู ปัญหาที่เกี่ยวกับนักเรียน ปัญหาที่เกี่ยวกับเนื้อหาวิชา และปัญหาที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อม

2. เลือกปัญหาสำคัญที่ควรค่าแก่การศึกษาวิจัย เลือกโดยอาศัยทฤษฎีมาร่วมพิจารณา ลักษณะของปัญหานั้น แล้วสร้างวัตถุประสงค์ของการวิจัย ตลอดจนอาจจะสร้างสมมติฐานของการวิจัยในรูปแบบข้อความที่ต้องการจะประเมินซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของปัญหากับหลักการ หรือทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น

3. เลือกเครื่องมือดำเนินการวิจัยที่จะช่วยให้ได้คำตอบของปัญหาตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เครื่องมือที่ใช้มี 2 ลักษณะ คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองปฏิบัติตามวิธีการ เช่น อุปกรณ์การเรียนการสอน เป็นต้น และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติ เช่น แบบทดสอบ แบบสังเกตพฤติกรรม เป็นต้น

4. บันทึกเหตุการณ์อย่างละเอียดในแต่ละขั้นตอนของการวิจัย ซึ่งส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับข้อมูลเพื่อให้แน่ใจถึงความถูกต้อง แสดงรายละเอียดสถานการณ์ จัดหมวดหมู่ และแยกประเภทของกลุ่มข้อมูลตามเกณฑ์ที่เหมาะสม เปรียบเทียบข้อแตกต่าง และความคล้ายคลึงกันของข้อมูล

5. ตรวจสอบข้อมูลที่กลุ่มวิจัยได้พิจารณาไว้อีกครั้งหนึ่ง เพื่อสรุปหาคำตอบที่เป็นสาเหตุและวิธีแก้ปัญหานั้นตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ และก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยสรุป ประมวลเป็นหลักการ (Principle) รูปแบบ (Model) ของการปฏิบัติ หรือเสนอเชิงทฤษฎี (Theory) ทั้งนี้ต้องอาศัยหลักตรรกวิทยาโดยวิธีอุปมา (Inductive) และความรู้เชิงทฤษฎีของผู้วิจัย

วีระยุทธ ชาติตะกานจน์ (2558) กล่าวถึงขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า กระบวนการวิจัยเมื่อกล่าวในเชิงการนำไปใช้เพื่อพัฒนาและปรับปรุงการปฏิบัติงานในโรงเรียนสามารถ อธิบายการดำเนินการตามวงจรได้ดังนี้

1. การจำแนกหรือพิจารณาปัญหาที่ประสงค์จะศึกษา โดยผู้วิจัยต้องศึกษารายละเอียดของปัญหาที่ศึกษาอย่างชัดแจ้ง ปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงเรียนที่จะทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จะต้องศึกษาค้นคว้าทฤษฎี หลักการที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหานั้น ๆ ให้กว้างพอสมควร

2. เลือกปัญหาสำคัญที่เป็นสาระแก่การศึกษาวิจัย โดยอาศัยพื้นฐานจากหลักการ และ ทฤษฎีมาใช้ในการวิเคราะห์ให้เห็นลักษณะของปัญหา แล้วสร้างวัตถุประสงค์และสมมุติฐานของ การวิจัยในรูปแบบข้อความที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของปัญหากับหลักการทฤษฎี

3. เลือกเครื่องมือดำเนินการวิจัยที่ช่วยให้ได้คำตอบของปัญหาตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองปฏิบัติหรือการฝึกหัด ตามวิธีการ และเครื่องมือที่ใช้สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นผลจากการปฏิบัติการ เช่น แบบทดสอบแบบสังเกตพฤติกรรม เป็นต้น

4. บันทึกเหตุการณ์อย่างละเอียดในแต่ละขั้นตอนของการวิจัย ทั้งส่วนที่เป็น ความก้าวหน้าและที่เป็นอุปสรรคตามวงจรของการปฏิบัติการทั้ง 4 ขั้นตอน โดยจะต้องเก็บสะสมข้อ บันทึกต่างๆ ไว้เพื่อใช้ในการปรับปรุงวงจรปฏิบัติในรอบต่อไป และเพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูลสำหรับ ใช้วิเคราะห์หาคำตอบของสมมุติฐาน

5. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ในด้านต่างๆ ของข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็น ข้อมูลเชิงคุณภาพ ทำการตรวจสอบรายละเอียดของข้อมูลเพื่อให้มั่นใจในความถูกต้อง แสดง รายละเอียดในการอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ จัดหมวดหมู่และแยกประเภทของกลุ่มข้อมูลตามหัวข้อที่ เหมาะสม เปรียบเทียบข้อแตกต่างและความคล้ายคลึงของข้อมูล แต่ละประเภทโดยการวิเคราะห์ อย่างลึกซึ้งร่วมกับกลุ่มผู้วิจัย

6. ตรวจสอบข้อมูลที่กลุ่มวิจัยได้ร่วมกันพิจารณาไว้แล้วอีกครั้งหนึ่ง เพื่อสรุปหาคำตอบ ที่เป็นสาเหตุ วิธีการแก้ปัญหา และผลที่ได้รับตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะ ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด หากผู้วิจัยสามารถทำการประมวลและสรุปเป็นหลักการ (Principle) รูปแบบ (Model) ของการปฏิบัติ ข้อเสนอเชิงทฤษฎี (Proposition) หรือทฤษฎี (Theory) ของ ปฏิบัติการแก้ปัญหานั้นๆ ได้ ทั้งนี้ต้องอาศัยหลักตรรกวิทยา โดยวิธีอุปนัย (Induction) และความรู้ เชิงทฤษฎีของผู้วิจัยเป็นสำคัญ

จากการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้กระบวนการ ของวีร ยุทธ์ ชาตะกาญจน์ เนื่องจากมีความละเอียดของกระบวนการ และสามารถปฏิบัติได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การจำแนกหรือพิจารณาปัญหาที่ประสงค์จะศึกษา ผู้วิจัยต้องศึกษาถึง รายละเอียด ส่วนประกอบของปัญหาของโรงเรียนที่จะทำการวิจัย และศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎี หลักการ ที่เกี่ยวข้อง กับปัญหาให้ครอบคลุม

2. วิเคราะห์ปัญหา และเลือกปัญหาที่สำคัญแก่การศึกษาวิจัย โดยอาศัยหลักการ และ ทฤษฎีที่ได้ศึกษามาข้างต้น แล้วสร้างวัตถุประสงค์และสมมุติฐานของการวิจัยในรูปแบบข้อความ ที่ แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของปัญหากับหลักการทฤษฎี

3. เลือกเครื่องมือดำเนินการวิจัยที่ช่วยให้ได้คำตอบของปัญหาตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งได้จากการศึกษาแนวทางการแก้ปัญหา โดยเครื่องมือที่จะใช้ในการวิจัยมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองหรือปฏิบัติ และเครื่องมือที่ใช้สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นผลจากการปฏิบัติการ เช่น แบบทดสอบ แบบสังเกตพฤติกรรม เป็นต้น

4. บันทึกเหตุการณ์ระหว่างการแก้ปัญหาย่างละเอียดในแต่ละขั้นตอน ทั้งส่วนที่เป็นความก้าวหน้า และที่เป็นอุปสรรคตามวงจรของการปฏิบัติการทั้ง 4 ขั้นตอน โดยจะต้องเก็บข้อบันทึกต่างๆ ไว้เพื่อใช้ในการปรับปรุงวงจรปฏิบัติในรอบต่อไป และเพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูลสำหรับ ใช้วิเคราะห์เพื่อหาคำตอบของสมมุติฐาน

5. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ ทั้งส่วนของข้อมูลเชิงคุณภาพ ทำการตรวจสอบรายละเอียดของข้อมูล แสดงรายละเอียดในการอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ จัดหมวดหมู่ และแยกประเภทของกลุ่มข้อมูล เปรียบเทียบข้อแตกต่างและความคล้ายคลึงของข้อมูล แต่ละประเภทโดยใช้การวิเคราะห์ของผู้วิจัย

6. ตรวจสอบข้อมูลที่ได้อีกครั้งหนึ่ง เพื่อสรุปหาคำตอบที่เป็นสาเหตุวิธีการแก้ปัญหา และผลที่ได้รับตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งสามารถทำการประมวล และสรุปเป็นหลักการ (Principle) รูปแบบ (Model) ของการปฏิบัติ ข้อเสนอเชิงทฤษฎี (Proposition) หรือทฤษฎี (Theory) ของปฏิบัติการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

ตติมา ทิพย์จินดาชัยกุล (2556) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการ แบบเปิดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลปรากฏว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ทานตะวัน สีดา และ ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากรับการ

จัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่องหลักการนับเบื้องต้น โดยมีกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด จำนวน 36 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ มีจำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 91.67 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ มีจำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 97.22 และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ มีจำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00

ประภัสสร เพชรสุ่ม (2558) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดมะม่วงตลอดจังหวัดนครศรีธรรมราช ปีการศึกษา 2558 จำนวน 8 คน ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบ เปิด จำนวน 7 แผน 2) แบบบันทึกพฤติกรรมภาคสนาม 3) กรอบแนวทางการบันทึกวิดิทัศน์ การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์โพโทคอล และการบรรยายเชิงวิเคราะห์ตามแนวคิดของ ครุสิกและรุตนิก ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการอ่านนักเรียนแสดงพฤติกรรมอ่านแบบสังเกตค่าสำคัญ พบในขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองและการนำเสนอปัญหา 2) ขั้นการสำรวจและวินิจฉัย นักเรียนแสดงออกโดยการวาดภาพพบในขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง 3) ขั้นการเลือกยุทธวิธีนักเรียนใช้แนวทางเดียวในการแก้ปัญหา และเมื่อคุ้นเคยกับสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจะมีแนวทางที่หลากหลายเพื่อใช้ในการเลือกแก้ปัญหาพบในขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง 4) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนดำเนินการตามวิธีที่เลือกไว้พบในขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง และ 5) ขั้นการทบทวนและขยายผลนักเรียนแสดง พฤติกรรมตรวจสอบคำตอบการขยายแนวคิดผ่านกิจกรรมการนำเสนอ การอภิปรายร่วมกับ เพื่อนและครูพบในขั้นการอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบและขั้นการสรุปเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน

สุกัญญา จันทุนิย์, กุสุมา ใจสบาย และ กิตติศักดิ์ ใจอ่อน (2566) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวของ นักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีการแบบเปิด โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความก้าวหน้าของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ผลการวิจัยพบว่า ความก้าวหน้าของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง มุม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงขึ้นตามลำดับจากร้อยละ 71.43 จนถึงร้อยละ 100 และนักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทาง

คณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น โดยมีพัฒนาการขั้นตอนการแก้ปัญหาจนครบทั้ง 4 ขั้นตอน คือ ขั้นการทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนมีพฤติกรรมโดยการพูดแสดงความคิดเห็นออกมาเป็นภาษาความเข้าใจของตนเองและอ่านสถานการณ์เพียงครั้งเดียวหรือหลายๆ ครั้ง ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา นักเรียนแสดงออกโดยการพูดและใช้ท่าทางประกอบ ขั้นการดำเนินการตามแผน นักเรียนจะใช้แนวทางในการแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้และขั้นตรวจสอบผล นักเรียนแสดงพฤติกรรมการตรวจคำตอบและวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง

อภิสิทธิ์ ทองกิ่งแดง (2560) ได้ศึกษา การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้อยู่ในระดับดีมาก ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดและนักเรียนทุกคนผ่านเกณฑ์กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคามภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 47 คน รูปแบบการวิจัย คือ การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งประกอบด้วย 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ 3) แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน 4) แบบสัมภาษณ์นักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากรับการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย โดยมีกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดจำนวน 47 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 12.77 และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 43 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 55.32 และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 45 คน และวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 74.47 และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 47 คน

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Battista และ Clements (1996) ได้ทำการศึกษาอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับวัตถุสามมิติและปริมาตร ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของวิธีการแบบเปิดที่เน้นการลงมือสำรวจ พวกเขาพบว่า การให้นักเรียนมีโอกาสได้สำรวจ จัดการ และสร้างแบบจำลองของวัตถุสาม

มิติด้วยตนเอง จะช่วยให้พวกเขาสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ (conceptual understanding) เกี่ยวกับพื้นที่ผิวและปริมาตรได้อย่างลึกซึ้งและยั่งยืน การเรียนรู้ผ่านการสำรวจและค้นพบด้วยตนเอง นี้ดีกว่าการเรียนรู้จากสูตรสำเร็จเพียงอย่างเดียวอย่างมาก นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางเรขาคณิตนามธรรมเข้ากับสถานการณ์จริง และพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาในบริบทของปริมาตรและพื้นที่ผิวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Becker & Shimada (1997) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสอนที่ใช้ปัญหาปลายเปิดเป็นศูนย์กลางของกิจกรรมการเรียนการสอน ผลการวิจัยพบว่าการสอนโดยใช้ปัญหาปลายเปิดเป็นศูนย์กลางมีศักยภาพในการพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีประสบการณ์การเรียนรู้ที่แตกต่างไปจากเดิม เป็นการหาคำตอบของปัญหาซึ่งต้องใช้ความรู้ที่มี มา ก่อน ทักษะ และวิธีการคิดบูรณาการเข้าด้วยกัน เบกเกอร์เชื่อว่าการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดจะช่วยส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และทำให้นักเรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยวิธีปฏิบัติ ซึ่งอาจจะช่วยลดช่องว่างระหว่างการสอนจริงกับมุมมองของหลักสูตร

Nohda (2000) ระบุว่า การใช้วิธีการแบบเปิดในการสอนคณิตศาสตร์สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเรียนรู้ในลักษณะนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการตั้งคำถามและค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งไม่จำกัดอยู่เพียงคำตอบเดียว การศึกษาแสดงให้เห็นว่านักเรียนที่มีโอกาสในการเรียนรู้แบบเปิดนั้นสามารถพัฒนาความมั่นใจในการเผชิญกับปัญหาที่ไม่ชัดเจน รวมถึงลดความกลัวต่อความผิดพลาดเนื่องจากพวกเขาเข้าใจว่าการทำผิดนั้นเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ นอกจากนี้ วิธีการนี้ยังช่วยกระตุ้นความสนใจในการศึกษา ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพและยั่งยืน

Pehkonen (1997) ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านปัญหาปลายเปิดในการศึกษาคณิตศาสตร์ ได้กล่าวถึง การใช้โจทย์ปัญหาปลายเปิด (Open-ended Problems) ในการจัดการเรียนรู้ ว่าเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพอย่างยิ่งในการส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูงของนักเรียน โจทย์ปัญหาปลายเปิด ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของวิธีการแบบเปิดนั้น กระตุ้นให้นักเรียนคิดหาวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และไม่ถูกจำกัดอยู่เพียงคำตอบเดียว การเรียนรู้ในลักษณะนี้ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล การสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และการประเมินทางเลือกต่าง ๆ ซึ่งล้วนเป็นองค์ประกอบสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความสนใจและความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ เนื่องจากนักเรียนรู้สึกว่าคุณมีส่วนร่วมในการสร้างสรรค์คำตอบ

Riasat (2010) ได้ศึกษาผลการใช้วิธีการแก้ปัญหาในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยคือการตรวจสอบผลของการใช้วิธีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับ

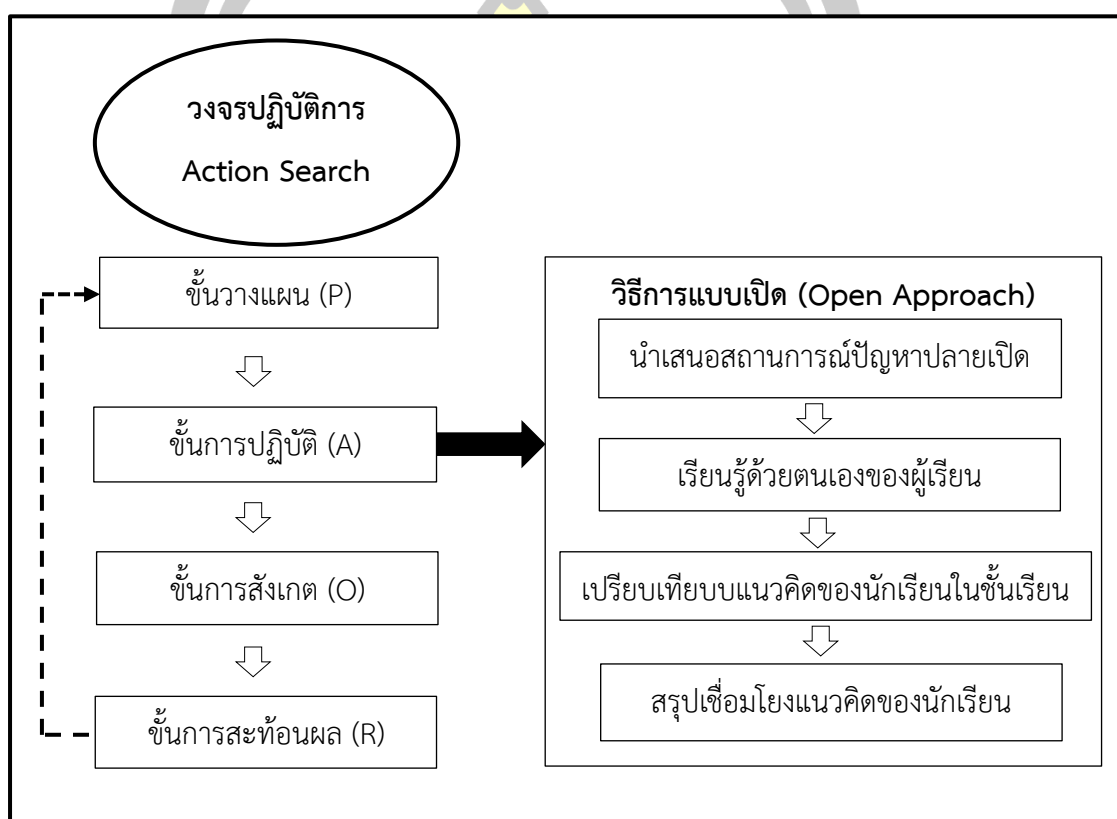
ประถมศึกษา กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนเกรด 8 โรงเรียนกลอริวาลาปากีสถาน จำนวน 76 คน โดยแบ่งออกเป็น กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 38 คน ผลการวิจัยพบว่ามี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างประสิทธิภาพของวิธีการสอนแบบดั้งเดิมและวิธีการสอนแก้ปัญหา นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการแก้ปัญหาประสบความสำเร็จดีกว่าการสอนโดยวิธีการแบบดั้งเดิม และความแตกต่างระหว่างระดับความสำเร็จเป็นเพราะยุทธวิธีในการแก้ปัญหาของทั้งสองกลุ่มที่มีความรู้พื้นฐานไม่เท่ากัน จากผลการวิจัยได้รับการตั้งข้อสังเกตว่าการใช้วิธีการแก้ปัญหาช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์

จากผลการศึกษาค้นคว้าและเอกสารงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศแสดงให้เห็นว่า การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพอย่างชัดเจนในการเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะนี้ช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสในการสำรวจและค้นพบวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งนำไปสู่การเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและมีความหมาย การใช้วิธีการแบบเปิดยังสามารถสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน ทำให้รู้สึกกระตือรือร้นที่จะมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน และนอกจากนี้การเรียนรู้แบบเปิดยังช่วยให้นักเรียนพัฒนาความมั่นใจในการเผชิญกับปัญหาที่ไม่ชัดเจน ลดความกลัวต่อความผิดพลาด และส่งเสริมทักษะการทำงานเป็นทีมผ่านการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และแนวทางการแก้ปัญหาร่วมกัน



6. กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (1988) ผู้วิจัยสรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยได้ ดังนี้



ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ภาพประกอบ 3 กรอบแนวคิดการวิจัย

พูน ปณ ทิโต ชเว

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีวิจัยแบบเชิงปฏิบัติการ (Action Research) มีขอบเขตและขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. รูปแบบของการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านขอนแก่น (นิกรราษฎร์ศรัทธาการ) จังหวัดร้อยเอ็ด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาร้อยเอ็ด เขต 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 6 คน โดยเป็นกลุ่มนักเรียนที่ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนการสอนแล้วพบว่านักเรียนมีผลการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่ำ จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในรายวิชาคณิตศาสตร์ และพบว่าผู้เรียนไม่สามารถหาวิธีการที่หลากหลายมาอธิบายวิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบได้

รูปแบบของการวิจัย

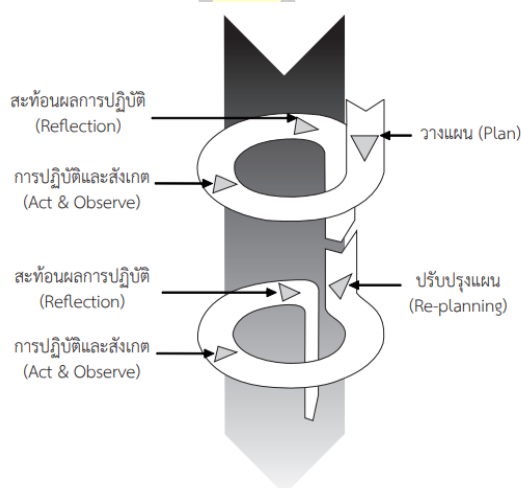
การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในแต่ละวงจรปฏิบัติการ มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) เป็นการสำรวจและวิเคราะห์สภาพปัญหาเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา ที่จะนำไปสู่การปฏิบัติเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ โดยจะทำการสำรวจปัญหา วิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา โดยทำการศึกษาดำรง ทฤษฎี แนวคิด เพื่อวางแผนวิธีการแก้ปัญหา และสร้างเครื่องมือที่จะใช้แก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Act) เป็นการปฏิบัติงานตามแผนที่กำหนดไว้ โดยจะดำเนินการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 1

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observe) เป็นการติดตามผลการปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยจะดำเนินการไปพร้อมๆ กับขั้นตอนการปฏิบัติคือ ในระหว่างที่ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะเก็บรวบรวมข้อมูลที่แสดงถึงผลการเรียนรู้ของนักเรียน โดยใช้เครื่องมือวัดประเมินผลการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น รวมกับสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออก

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) เป็นการสะท้อนแนวคิดและผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนการสังเกต ว่าได้ดำเนินการตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ให้ผู้วิจัยได้เรียนรู้หรือเข้าใจจุดอ่อนและจุดแข็งของแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำไปสู่การปรับแผนการดำเนินงาน เพื่อที่จะเริ่มต้นเข้าสู่วงจรปฏิบัติการต่อไป



ภาพประกอบ 4 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (1988)

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชา ค 22202 คณิตศาสตร์เพิ่มเติม ม.2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร จำนวน 12 แผน เวลา 12 ชั่วโมง โดยจำนวนวงจรขึ้นอยู่กับจำนวนนักเรียนที่ผ่านหรือไม่ผ่านเกณฑ์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติการวิจัย ได้แก่ แบบบันทึกพฤติกรรมการณ์ของนักเรียน แบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ แบบสัมภาษณ์นักเรียนเป็นแบบกึ่งโครงสร้าง และแบบทดสอบท้ายวงจร

3. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการปฏิบัติการวิจัย ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย จำนวน 4 ชุด ชุดละ 3 ข้อ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1. การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร โดยใช้การจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หนังสือเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หนังสือคู่มือครู พร้อมทั้งศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระคณิตศาสตร์ของโรงเรียนบ้านขอนแก่น (นิกรราษฎร์ศรีทศาการ)

1.2 ศึกษาขั้นตอนการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด เอกสารหนังสือ ข้อมูลเกี่ยวกับ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เพื่อกำหนดแนวทางการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด

1.3 กำหนดรูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งในแต่ละแผนมีรายละเอียดประกอบด้วย สาระสำคัญ ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดประเมินผล และแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ และกำหนดผลการเรียนรู้ หน่วยเรียนรู้ เรื่อง เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.5 ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์ ดังตารางที่ 7

ตาราง 7 แสดงการวิเคราะห์ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และจำนวนชั่วโมง

แผนการเรียนรู้ที่	สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1	รูปทรง 3 มิติ	1.นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างระหว่างรูปร่างและรูปทรง 3 มิติ	1

ตาราง 7 (ต่อ)

แผนการ เรียนรู้ที่	สาระการ เรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
2	รูปทรง 3 มิติ	1.นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะรูปทรงของ ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และทรงกลมได้ 2.นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสิ่งของในชีวิตประจำวันที่มี ลักษณะคล้ายรูปทรงของ ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และทรงกลมได้	1
3	พื้นที่ผิว ปริซึม	1.นักเรียนสามารถอธิบายรูปคลี่ของทรงปริซึมและบอกชื่อได้ 2. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของปริซึมได้ 3.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองปริซึมได้	1
4	ปริมาตร ปริซึม	1. นักเรียนสามารถหาปริมาตรของปริซึมได้ 2.นักเรียนสามารถเขียนอธิบายที่มาของปริมาตรปริซึมได้	1
5	พื้นที่ผิว พีระมิด	1.นักเรียนอธิบายรูปคลี่ของพีระมิดและบอกชื่อได้ 2. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของพีระมิดได้ 3.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองพีระมิดได้	1
6	ปริมาตร พีระมิด	1.นักเรียนสามารถหาปริมาตรของพีระมิดได้ 2.นักเรียนสามารถเขียนอธิบายที่มาของปริมาตรพีระมิดได้	1
7	พื้นที่ผิว ทรงกระบอก	1.นักเรียนสามารถอธิบายรูปคลี่ของทรงกระบอกได้ 2. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอกได้ 3.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทรงกระบอกได้	1
8	ปริมาตร ทรงกระบอก	1. นักเรียนสามารถหาปริมาตรของทรงกระบอกได้ 2.นักเรียนสามารถเขียนอธิบายที่มาของปริมาตร ทรงกระบอกได้	1
9	พื้นที่ผิว กรวย	1.นักเรียนอธิบายรูปคลี่ของกรวยได้ 2. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของกรวยได้	

ตาราง 7 (ต่อ)

แผนการเรียนรู้ที่	สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
9 (ต่อ)	พื้นที่ผิวกรวย	3.นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวข้างของกรวยและพื้นที่ของรูปวงกลมได้จากการสร้างแบบจำลองกรวย	1
10	ปริมาตรกรวย	1.นักเรียนสามารถหาปริมาตรของกรวยได้ 2.นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกรวยและทรงกระบอกที่มีรัศมีของฐานเท่ากันได้	1
11	พื้นที่ผิวทรงกลม	1. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของทรงกลมได้ 2.นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวทรงกลมและพื้นที่ผิวข้างของทรงกระบอกที่มีรัศมีของฐานทรงกระบอกเท่ากับรัศมีของทรงกลม	1
12	ปริมาตรทรงกลม	1.นักเรียนสามารถหาปริมาตรของทรงกลมได้ 2.นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรทรงกลมและทรงกระบอกที่มีรัศมีของฐานทรงกระบอกเท่ากับรัศมีของทรงกลมได้	1
รวมทั้งสิ้น			12

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างเสนอต่อที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องขององค์ประกอบแต่ละส่วนของแผนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสม

1.7 ปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เรียบร้อยแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมตตา มาเวียง ปรัชญาดุสิตบัณฑิต สาขา การวัดและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล และด้านหลักสูตรและการสอน

2) นางสาวจิต ป่านภูมิ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านมะอี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาร้อยเอ็ด เขต 1 เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

3) นางอุตร วิชัยวงศ์ การศึกษามหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านขอนแก่น(นิกรราษฎร์ศรัทธาการ) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาร้อยเอ็ด เขต 1 เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

4) นางวิมลรัตน์ ดวงประทุม วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาร้อยเอ็ด เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์

5) นางสาววาริศา รัตตศิริ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ครูชำนาญการ โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์

1.9 เพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน นำผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบเกณฑ์ ซึ่งเป็นคะแนนแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 อันดับ และพิจารณาระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2554) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 เหมาะสมปานกลาง

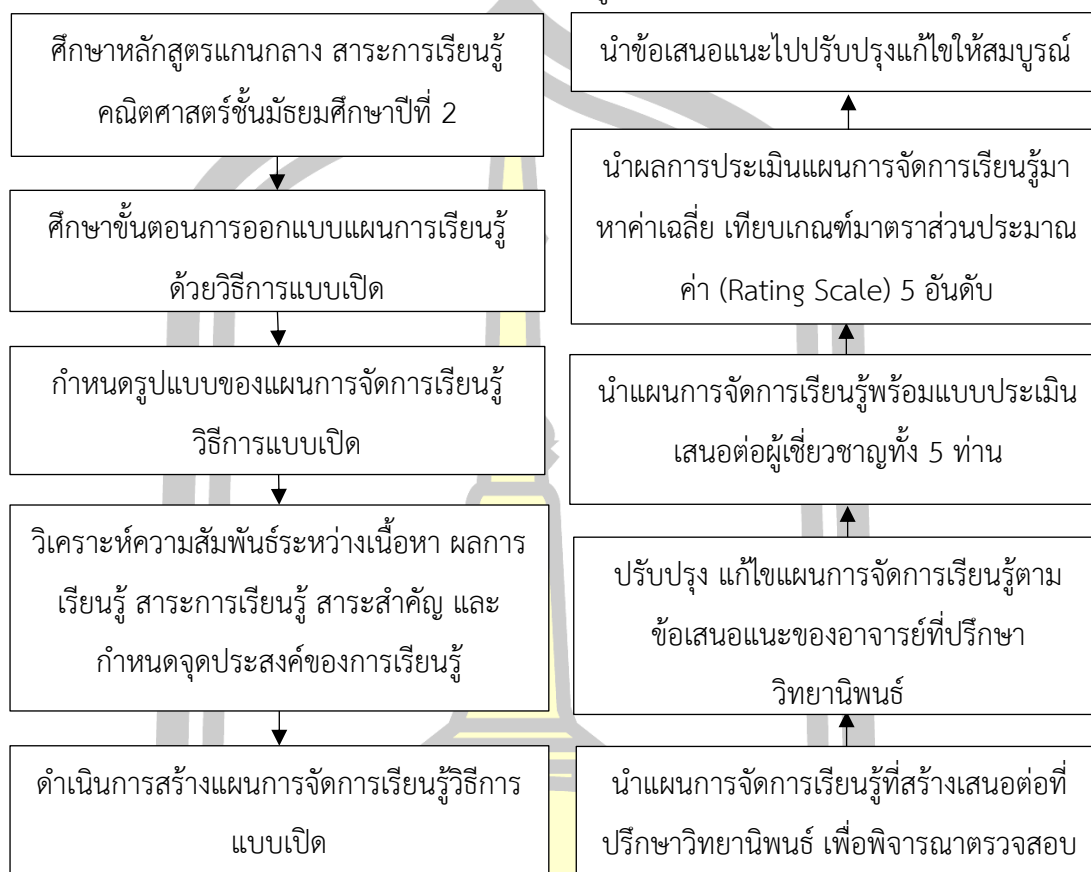
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 เหมาะสมน้อยที่สุด

นำผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ โดยใช้เกณฑ์ยอมรับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป ซึ่งค่าเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญประเมินอยู่ระหว่าง 4.99 – 5.00 ถือว่าเป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจ ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะต่าง ๆ จากนั้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์

สรุปขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร
โดยใช้การจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด



ภาพประกอบ 5 สรุปขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร
โดยใช้การจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด

2. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ซึ่งเป็นประเภทอัตนัย จำนวน 4 ชุด ชุดละ 3 ข้อ มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนบ้านขอนแก่น (นิกรราษฎร์ศรัทธาการ) ที่พัฒนาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2.2 วิเคราะห์เนื้อหา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจากหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หนังสือคู่มือครูรายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2.3 ศึกษาการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาจากเอกสาร และตำราที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการสร้างข้อสอบ โดยปรับปรุง ดัดแปลงมาใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์

2.4 สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ให้ครอบคลุมเนื้อหา และผลการเรียนรู้ที่ตั้งไว้ ซึ่งในแบบวัดนี้ได้กำหนดให้นักเรียนเขียน เป็นขั้นตอน ได้แก่ ทำความเข้าใจปัญหา วางแผนหาแนวทางแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา และตรวจสอบผล ดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงการวิเคราะห์ข้อสอบตามผลการเรียนรู้ เพื่อกำหนดจำนวนข้อสอบของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์

ชุดที่	สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ	จำนวนที่ต้องการ
1	รูปทรง 3 มิติ	1.นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างระหว่างรูปทรง และรูปทรง 3 มิติ	2	1
	รูปทรง 3 มิติ	1.นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะรูปทรงของ ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และทรงกลมได้ 2.นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสิ่งของในชีวิตประจำวันที่มีลักษณะคล้ายรูปทรงของ ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และทรงกลมได้	2	1
	พื้นที่ผิว ปริซึม	1.นักเรียนสามารถอธิบายรูปคลี่ของทรงปริซึมและบอกชื่อได้ 2. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของปริซึมได้ 3.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองปริซึมได้	2	1

ตาราง (8 ต่อ)

ชุดที่	สาระการ เรียนรู้	ผลการเรียนรู้	จำนวน ข้อสอบ	จำนวนที่ ต้องการ
2	ปริมาตร ปริซึม	1. นักเรียนสามารถหาปริมาตรของปริซึมได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนอธิบายที่มาของปริมาตร ปริซึมได้	2	1
	พื้นที่ผิว พีระมิด	1. นักเรียนอธิบายรูปคลี่ของพีระมิดและบอกชื่อได้ 2. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของพีระมิดได้ 3. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองพีระมิดได้	2	1
	ปริมาตร พีระมิด	1. นักเรียนสามารถหาปริมาตรของพีระมิดได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนอธิบายที่มาของปริมาตร พีระมิดได้	2	1
3	พื้นที่ผิว ทรงกระบอก	1. นักเรียนสามารถอธิบายรูปคลี่ของทรงกระบอกได้ 2. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอกได้ 3. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทรงกระบอกได้	2	1
	ปริมาตร ทรงกระบอก	1. นักเรียนสามารถหาปริมาตรของทรงกระบอกได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนอธิบายที่มาของปริมาตร ทรงกระบอกได้	2	1
	พื้นที่ผิว กรวย	1. นักเรียนอธิบายรูปคลี่ของกรวยได้ 2. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของกรวยได้ 3. นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ ระหว่างพื้นที่ผิวข้างของกรวยและพื้นที่ของรูป วงกลมได้จากการสร้างแบบจำลองกรวย	2	1

ตาราง 8 (ต่อ)

ชุดที่	สาระการ เรียนรู้	ผลการเรียนรู้	จำนวน ข้อสอบ	จำนวนที่ ต้องการ
4	ปริมาตร กรวย	1.นักเรียนสามารถหาปริมาตรของกรวยได้ 2.นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาตรกรวยและทรงกระบอกที่มีรัศมี ของฐานเท่ากันได้	2	1
	พื้นที่ผิวทรง กลม	1. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของทรงกลมได้ 2.นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง พื้นที่ผิวทรงกลมและพื้นที่ผิวข้างของทรงกระบอก ที่มีรัศมีของฐานทรงกระบอกเท่ากับรัศมีของทรง กลม	2	1
	ปริมาตรทรง กลม	1.นักเรียนสามารถหาปริมาตรของทรงกลมได้ 2.นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาตรทรงกลมและทรงกระบอกที่มีรัศมี ของฐานทรงกระบอกเท่ากับรัศมีของทรงกลมได้	2	1
รวมทั้งสิ้น			24	12

2.5 สร้างเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 8 คะแนน โดยแบ่งการให้คะแนนเป็น 4 ส่วน ส่วนละ 2 คะแนน แต่ละส่วนมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังตาราง 9

ตาราง 9 เกณฑ์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การประเมิน	คะแนน	พฤติกรรมในการแก้ปัญหาที่ปรากฏ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	2	- มีเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความที่แสดงความเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้อง ครบถ้วน ชัดเจน
	1	- มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหาเพียงบางส่วน หรือมีบางส่วนเข้าใจไม่ถูกต้อง หรือแปลความหมายของปัญหาบางส่วนผิด
	0	- ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความ ที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหา
ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา	2	- มีการเขียนวางแผนการแก้ปัญหาและสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน ครบถ้วนซึ่งนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม
	1	- มีการเขียนวางแผนการแก้ปัญหา แต่ไม่เหมาะสม หรือสื่อความหมายไม่ชัดเจน
	0	- ไม่มีการวางแผนการแก้ปัญหา หรือมีการเขียนแผนการแก้ปัญหา แต่ไม่สื่อความหมาย
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	2	- มีการแสดงวิธีการทำเป็นลำดับขั้นตอน สื่อความหมายชัดเจน สมบูรณ์ ไม่มีความผิดพลาดในการคำนวณ แต่อาจมีการเขียนสัญลักษณ์ บางอย่างที่ไม่ส่งผลต่อการหาคำตอบผิดพลาดเล็กน้อย
	1	- มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความแสดงวิธีทำที่เหมาะสม เกือบสมบูรณ์ หรือเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความสมบูรณ์แต่มีการคำนวณผิดพลาด
	0	- ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความ ใดเลยหรือมีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความแต่ไม่ใช่วิธีที่จะนำไปสู่คำตอบที่ต้องการ
ขั้นตรวจสอบผล	2	- มีการเขียนหรือแสดงการตรวจสอบคำตอบที่เหมาะสมถูกต้อง สมบูรณ์ ไม่มีข้อผิดพลาดใดเลย
	1	- มีการเขียนหรือแสดงการตรวจสอบคำตอบที่เหมาะสมถูกต้อง แต่มีความผิดพลาดในการคำนวณหรือเขียนสัญลักษณ์ผิดพลาด

ตาราง 9 (ต่อ)

การประเมิน	คะแนน	พฤติกรรมในการแก้ปัญหาที่ปรากฏ
ขั้นตรวจสอบผล	0	- ไม่มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบ หรือมีการเขียนแสดงการตรวจคำตอบไม่เหมาะสม ไม่สามารถยืนยันคำตอบที่คำนวณได้

2.6 นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาความสอดคล้อง ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อ กับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์ประเมิน ดังนี้

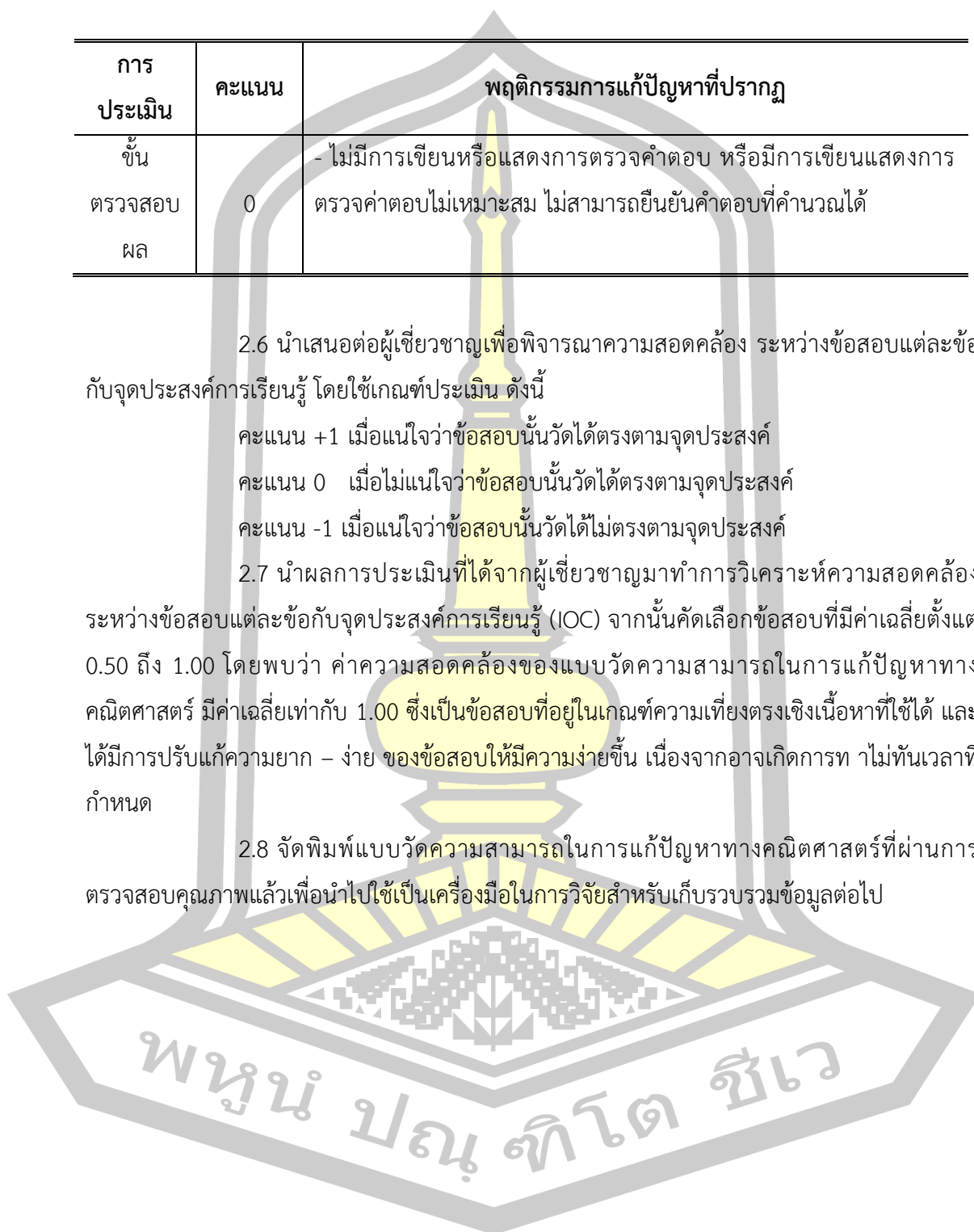
คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

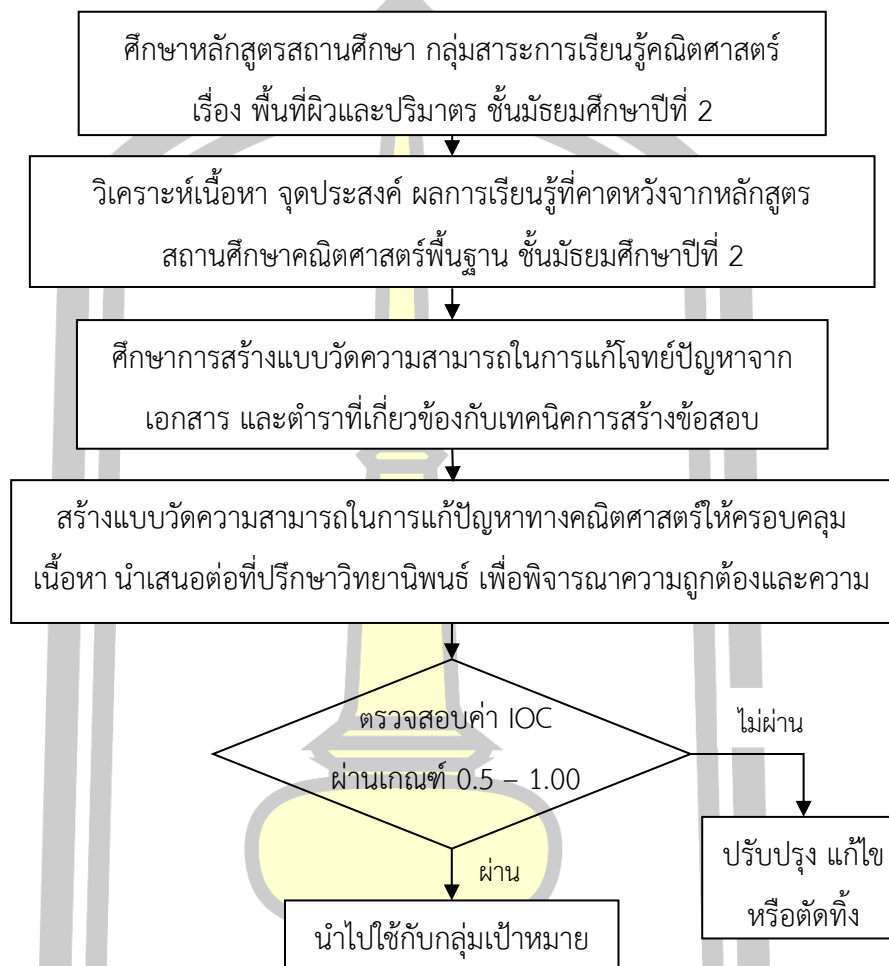
2.7 นำผลการประเมินที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาทำการวิเคราะห์ความสอดคล้อง ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) จากนั้นคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 โดยพบว่า ค่าความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 ซึ่งเป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ และได้มีการปรับแก้ความยาก – ยาก ของข้อสอบให้มีความง่ายขึ้น เนื่องจากอาจเกิดการท ำไม่ทันเวลาที่ กำหนด

2.8 จัดพิมพ์แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านการ ตรวจสอบคุณภาพแล้วเพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป



สรุปขั้นตอนการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ซึ่งเป็นประเภทอัตนัย



ภาพประกอบ 6 สรุปขั้นตอนการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ซึ่งเป็นประเภทอัตนัย

3. การสร้างแบบสัมภาษณ์นักเรียน เป็นแบบกึ่งโครงสร้าง โดยนำแบบสัมภาษณ์นักเรียนไปใช้กับนักเรียนสองกลุ่ม คือ นักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ และนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ขึ้นไป เพื่อเปรียบเทียบว่านักเรียนทั้งสอง กลุ่มมีการเรียนรู้ที่เหมือนหรือต่างกันอย่างไร หลังจากที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยมีประเด็นการสัมภาษณ์ ประกอบด้วยคำถามด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และคำถามที่บ่งชี้ถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีขั้นตอน ในการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาการสร้างแบบสัมภาษณ์จากหนังสือต่างๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3.2 ดำเนินการสร้างแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่มีลักษณะเป็นแบบกึ่งโครงสร้าง ให้ครอบคลุมทุกข้อคำถามในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3.3 นำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อทำการตรวจสอบและดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

3.4 นำแบบสัมภาษณ์ที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญเป็นชุดเดียวกับการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับประเด็นที่ต้องการทราบ โดยใช้เกณฑ์ประเมินดังนี้

คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการทราบ

คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการทราบ

คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการทราบ

3.5 นำผลการประเมินที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาท าการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (IOC) จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 ผลการพิจารณาพบว่าแบบสัมภาษณ์มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ซึ่งจัดว่าเป็นแบบสัมภาษณ์ที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงตามพฤติกรรมชีวิต

3.6 จัดพิมพ์แบบสัมภาษณ์นักเรียน เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลกับประชากรเป้าหมายต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ปฏิบัติการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ปฐมนิเทศและชี้แจงจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนที่เป็นผู้เข้าร่วมวิจัย
2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบเปิด เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรปริซึมและทรงกระบอก นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามชั่วโมงปกติของโรงเรียน โดยใช้เวลาในการจัดการ เรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง
3. ในระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันศึกษาและเขียนคำตอบหรือแสดงวิธีคิดลงในใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยกำหนด ในขณะที่ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นครูผู้สอนรายวิชาคณิตศาสตร์จะสังเกตและจดบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ลงในแบบ สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

4. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะนำผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดทำการสะท้อนผล เพื่อนำผลที่ได้ไปปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

5. เมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 3 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร โดยใช้เวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง

6. นำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังการปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ มีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการวิเคราะห์เนื้อหาจากเครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติการวิจัย โดยผู้วิจัยนำข้อมูลมาประเมินสภาพเพื่อหาข้อมูล ข้อบกพร่อง ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น แล้วหาทางปรับปรุงแก้ไขและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ให้ดียิ่งขึ้นต่อไปซึ่งจะนำไปสู่การอภิปรายผล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. สถิติสำหรับหาคุณภาพเครื่องมือ

1.1 การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยคำนวณจาก สูตร IOC แล้วหาค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2551) ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2. สถิติสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติพื้นฐาน (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

2.1 ร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตร

$$P = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

2.2 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ของคะแนนโดยคำนวณจากสูตรต่อไปนี้

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

เมื่อ μ แทน ค่าเฉลี่ยประชากร

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

N แทน จำนวนของข้อมูลประชากรทั้งหมด

2.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยคำนวณจากสูตรต่อไปนี้

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

เมื่อ σ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานประชากร

x_i แทน ค่าคะแนนของข้อมูลแต่ละรายการ

μ แทน ค่าเฉลี่ยของประชากร

N แทน จำนวนของข้อมูลประชากรทั้งหมด

พูน ปณ จิต ชีเว

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลของผู้วิจัยได้นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายของการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ที่สำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังนี้

μ แทน ค่าเฉลี่ยประชากร

σ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานประชากร

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ทำให้นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการแก้ปัญหามหาวิทยาลัยในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ตามขั้นตอนในการวิจัย เชิงปฏิบัติการ จำนวน 5 วงจรปฏิบัติการ กับกลุ่มเป้าหมาย 6 คน ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลโดยการทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หลังการใช้การจัด

กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดในแต่ละวงจรปฏิบัติการ แล้วนำคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

1. ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ให้นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งผลการวิเคราะห์ในแต่ละวงจรปฏิบัติการมีดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

1. ขั้นวางแผน (Planning)

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจและสังเกตปัญหาของผู้เรียนในชั้นเรียนที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน และศึกษาทฤษฎี แนวคิด งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดและสร้างเครื่องมือที่จะใช้ในการวิจัย หลังจากนั้นให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 6 คน พบว่ามีนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงศึกษารูปแบบการจัดการเรียนการสอนในแบบต่างๆ ที่จะพัฒนา ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายนี้ให้ดีขึ้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด และเขียนแผนจากจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 1

2. ขั้นปฏิบัติการ (Action)

การปฏิบัติการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนการสอน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 รูป 2 มิติ และรูปทรง 3 มิติ กิจกรรมเรื่อง ฉันมีชื่อว่าอะไร แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 รูปทรง 3 มิติ กิจกรรมเรื่อง ฉันเคยเป็นอะไรมาก่อน และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 พื้นที่ผิวปริซึม กิจกรรมเรื่อง ซ็อกโกแลตส่งความสุข ซึ่งทั้ง 3 แผน ถูกออกแบบด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open-ended problem) โดยผู้วิจัยเริ่มต้นแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสร้างสถานการณ์ในชีวิตจริงหรือตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับสิ่งของรอบตัว เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน เช่น การนำรูปทรงของกล่องของขวัญ บ้าน หรือเครื่องใช้ต่าง ๆ มาให้พิจารณา โดยไม่หาคำตอบหรือวิธีแก้ปัญหาชัดเจน เพื่อให้ นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งคำถามด้วยตนเอง

ขั้นที่ 2 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน (Student's self-learning) โดยผู้วิจัยให้นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมและประสบการณ์ของตนในการคิด วิเคราะห์ และหาวิธีแก้ปัญหา

เกี่ยวกับรูปร่าง รูปทรง รูปคลี่ และการหาพื้นที่ผิวของปริซึม และเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดได้อย่างหลากหลาย ไม่จำกัดวิธีคิดหรือคำตอบ

ขั้นที่ 3 ขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดในชั้นเรียน (Whole Class Discussion and Comparison) โดยผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวทางการคิด และเปิดโอกาสให้มีการเปรียบเทียบแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้เห็นความแตกต่างหลากหลายของวิธีคิด และช่วยกันอภิปรายถึงวิธีการที่มีประสิทธิภาพหรือนำไปใช้ได้จริง

ขั้นที่ 4 ขั้นสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (Summing-up by connecting students' emergent mathematical ideas) โดยผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้จากกิจกรรม โดยเชื่อมโยงเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ เช่น ความแตกต่างระหว่างรูป 2 มิติ และรูปทรง 3 มิติ, ชนิดของรูปทรง, รูปคลี่ของปริซึม และการหาพื้นที่ผิวของปริซึม โดยครูทำหน้าที่ชี้แนะอย่างเหมาะสม ให้คำแนะนำเสริม และจัดกิจกรรมต่อเนื่องเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึก

หลังจากดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 3 แผน ผู้วิจัยได้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 1 มีจำนวน 3 ข้อ คะแนนเต็ม 24 คะแนน และใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ทำการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทุกคน

3. ขั้นสังเกตการณ์ (Observation)

นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นประเภทอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ซึ่งในแต่ละข้อวัดความสามารถในการแสดงวิธีหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยวัดได้จากการตอบคำถามในแต่ละขั้น ดังนี้ 1) การทำความเข้าใจปัญหา 2 คะแนน 2) การหาแนวทางการแก้ปัญหา 2 คะแนน 3) การดำเนินการแก้ปัญหา 2 คะแนน และ 4) การตรวจสอบผล 2 คะแนน คะแนนรวม 24 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนการแก้ปัญหาจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นรายบุคคล ดังตารางต่อไปนี้

พูน ปณ จิต ชเว

ตาราง 10 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เป็นรายบุคคล

คนที่	ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์				คะแนนรวม (24)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
	ขั้นที่ 1 (6)	ขั้นที่ 2 (6)	ขั้นที่ 3 (6)	ขั้นที่ 4 (6)			
1	4	3	3	2	12	50.00	ไม่ผ่าน
2	5	5	5	6	21	87.50	ผ่าน
3	5	5	5	6	21	87.50	ผ่าน
4	5	5	4	5	19	79.17	ผ่าน
5	4	4	4	4	16	66.67	ไม่ผ่าน
6	3	3	4	4	14	58.33	ไม่ผ่าน
μ	4.33	4.17	4.17	4.50	17.17	71.53	-
ร้อยละ	72.22	69.44	69.44	75.00	-	-	-
σ	0.75	0.90	0.69	1.38	3.44	14.32	-

จากตาราง 10 พบว่า ผลคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

เมื่อพิจารณาจากภาพรวมพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ย 17.17 คิดเป็นร้อยละ 71.53 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.33 คิดเป็นร้อยละ 72.22 ของคะแนนเต็ม ขั้นที่ 2 ขั้ววางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.17 คิดเป็นร้อยละ 69.44 ของคะแนนเต็ม ขั้นที่ 3 ขั้วดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.17 คิดเป็นร้อยละ 69.44 ของคะแนนเต็ม และขั้นที่ 4 ขั้วตรวจสอบผล นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.50 คิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม ซึ่งเห็นได้ว่าในขั้นที่ 2 และขั้นที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และยังพบว่ามึนักเรียนจำนวน 3 คน คือนักเรียนคนที่ 1 คนที่ 5 และคนที่ 6 มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

โดยผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลในการเขียนคำตอบและการประเมินผลการทดสอบ จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนบางข้อของนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดและสูงสุด ดังภาพประกอบต่อไปนี้

2. นีวซื้อแท่งเหล็กท่อนหนึ่งมีฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากมีความยาวของฐานได้ยาว 12 เซนติเมตร ความกว้าง 8 เซนติเมตร แท่งเหล็กสูง 50 เซนติเมตร ถ้านิวต้องการทาสีแท่งเหล็กท่อนนี้เพื่อนำไปสร้างโมเดล จงหาว่าพื้นที่ที่นิวต้องการทาสีเป็นเท่าใด

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา 2

1.1 สิ่งที่เกี่ยวข้องการทราบ

- พื้นที่ทาสีคือ พื้นที่ผิวทั้งหมดของแท่งเหล็ก

1.2 สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนดให้

- ด้านของแท่งเหล็ก รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ฐานยาว 12 ซม. กว้าง 8 ซม. สูง 50 ซม.

ขั้นที่ 2 ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

- คลี่รูป

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา 2

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล 2

CS สแกนด้วย CamScanner

ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพประกอบ 7 พบว่า นักเรียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ถูกต้องครบถ้วน แต่ระบุข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาและวางแผนการแก้ปัญหาได้ไม่ชัดเจน และนักเรียนไม่ได้ดำเนินการในขั้นตอนการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบผล ซึ่งนักเรียนควรเขียนวางแผนการแก้ปัญหาให้ชัดเจนอย่างเป็นลำดับขั้นตอน นั่นคือ “1) วาดรูปจากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ 2) พื้นที่ที่ทาสีคือพื้นที่ผิวทั้งหมด 3) พื้นที่ผิวทั้งหมดของปริซึม = พื้นที่ผิวข้าง + พื้นฐาน” 4) คลี่รูป 3 มิติที่เกิดจากการวาดเพื่อให้ทราบว่ารูปร่างเกิดจากรูป 2 มิติใดบ้าง 5) หาพื้นที่แต่ละรูปรวมกัน แล้วดำเนินการแก้ปัญหา พร้อมสรุปคำตอบ ”

2. นิยามพื้นที่ของหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากมีความยาวฐานยาว 12 เซนติเมตร ความกว้าง 8 เซนติเมตร และแบ่งครึ่ง 50 เซนติเมตร ถ้านิยามการหาพื้นที่หน้าตัดของหน้าตัดนี้เพื่อนำไปสร้างโมเดล จงหาว่าพื้นที่หน้าตัดของการหาพื้นที่หน้าตัด

ขั้นที่ 1 ขั้นตอนการเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่งที่ต้องการทราบ

- โจทย์กำหนดให้

- โจทย์กำหนดให้

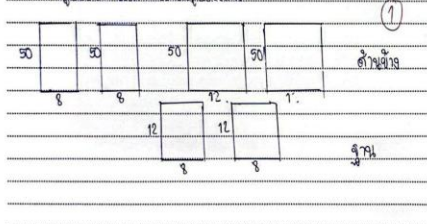
1.2 สิ่งที่ต้องการทราบ

- โจทย์กำหนดให้

ขั้นที่ 2 ขั้นตอนการวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

- คลื่นรูปสี่เหลี่ยม

- คลื่นรูปสี่เหลี่ยม



ขั้นที่ 3 ขั้นตอนการแก้ปัญหา

วิธีทำ

$$= (50 \times 8) \div 2 + (12 \times 8) \div 2 + (12 \times 8)$$

$$= 200 + 48 + 96$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

$$= 344$$

ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพประกอบ 8 พบว่า นักเรียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ถูกต้องครบถ้วน แสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องไม่มีการคำนวณผิดพลาด และสรุปคำตอบได้ถูกต้อง แต่ระบุข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาและวางแผนการแก้ปัญหาได้ไม่ชัดเจน นักเรียนควรเขียนวางแผนการแก้ปัญหาให้ชัดเจนว่าหลังจากที่นักเรียนคลื่นรูปที่เกิดขึ้นแล้ว นักเรียนดำเนินการอย่างไรต่อไป นั่นคือ “1) พื้นที่ที่หาสี่คือพื้นที่ผิวทั้งหมด 2) พื้นที่ผิวทั้งหมดของปริซึม = พื้นที่ผิวข้าง + พื้นที่ฐาน” 3) คลื่นรูป 3 มิติที่เกิดจากการวาดเพื่อให้ทราบว่ารูปร่างนี้เกิดจากรูป 2 มิติใดบ้าง 4) หาพื้นที่แต่ละรูปรวมกัน แล้วดำเนินการแก้ปัญหา พร้อมสรุปคำตอบ ”

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังตารางที่ 10 ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทุกคน ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยสรุปประเด็น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจ

ในขั้นนี้เป็นการทำความเข้าใจปัญหาที่จะแก้ โดยนักเรียนต้องอ่านโจทย์และทำความเข้าใจปัญหาที่จะแก้ให้ชัดเจน จะต้องระบุสิ่งที่โจทย์ถามและสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในขั้นตอนต่อไป ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ คือ นักเรียนต้องใช้เวลาในการอ่าน เพื่อทำความเข้าใจปัญหาหลายรอบ ไม่สามารถระบุสิ่งที่โจทย์ถามและสิ่งที่โจทย์ กำหนดให้ได้ครบถ้วน เขียนตอบโดย

การลอกข้อความหรือประโยคบางส่วนจากโจทย์ปัญหาในข้อนั้น ซึ่งเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...ผมรู้ว่ามันให้หาอะไร หมายถึงอะไร แต่ผมนึกไม่ออก บางข้อผมก็ลอกโจทย์เลยครับ...”

(นักเรียนคนที่ 1, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูจำตอนที่เรารียนได้ค่ะ ค่อยๆอ่านโจทย์แล้วก็นึกว่ามันเกี่ยวกับที่เราเรียนยังไง...”

(นักเรียนคนที่ 2, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...บางข้อหนูก็ไม่รู้จะเรียนอธิบายยังไงค่ะ เดาๆไปเลย...”

(นักเรียนคนที่ 3, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูจำได้ตอนนำเสนอกิจกรรมหน้าชั้นเรียน ว่าครูเคยบอกให้เราวิเคราะห์ที่ยังไงกับอันที่เรียนค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 4, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ครูคะ หนูอ่านโจทย์หลายรอบมากเลยคะ หนูดูจากที่โจทย์บอกเลยคะ อ่านตอนแรกๆ
งงนิดหนึ่งว่าอยากให้เราทำอะไร...”

(นักเรียนคนที่ 5, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมเขียนตามโจทย์เลยครับ ง่ายดี...”

(นักเรียนคนที่ 6, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 2 ขั้ววางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้เป็นการระบุข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาและวางแผนการแก้ปัญหา ซึ่ง เป็นการประเมินการแก้ปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ หาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และความรู้ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งได้มาจากการศึกษาค้นคว้าหรือได้มาจากการประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ก่อน แล้วนำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์ หาหลักการและเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม เพื่อวางแผนการดำเนินงาน จัดลำดับขั้นตอนในการ แก้ปัญหา ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ คือ นักเรียนบางส่วนไม่สามารถระบุข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา และไม่สามารถวางแผนการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นได้ เนื่องจากนักเรียนไม่ทราบคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการแก้ปัญหาในข้อนั้น นักเรียนส่วนใหญ่เขียนวิธีการแก้ปัญหาได้แต่ไม่ละเอียด และไม่จัดลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา ใช้ภาษา ในการสื่อความหมายไม่ชัดเจน เห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...ผมไม่รู้จะเขียนยังไงครับ บางคำผมก็เขียนไม่ออก...”

(นักเรียนคนที่ 1, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูยังไม่ชินเท่าไรค่ะ บางทีก็ไม่ว่าต้องบอกด้วยว่าทำอะไรก่อน...”

(นักเรียนคนที่ 2, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูรู้ว่ามันให้ทำยังไงค่ะ ถ้าแสดงวิธีทำเลยจะง่ายมาก...”

(นักเรียนคนที่ 3, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูนึกไม่ออก แต่รู้แล้วค่ะเพราะตอนนำเสนอกิจกรรมของกลุ่มตัวเอง ครูชอบถามว่าทำอะไรก่อน
...”

(นักเรียนคนที่ 4, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ครูคะ หนูไม่รู้จะเขียนยังไง...”

(นักเรียนคนที่ 5, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมทำข้อแรกๆได้ครับ แต่ข้อสามตีเลย เพราะไม่รู้จะเขียนอะไรอีก...”

(นักเรียนคนที่ 6, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้เป็นการดำเนินการแก้ปัญหาด้วยตนเองของนักเรียน ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ แสดงวิธีทำ และคำนวณคำตอบตามแนวทางที่วางแผนไว้ ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ คือ นักเรียนบางส่วนไม่สามารถดำเนินการตามแผนที่วางไว้ได้ นักเรียนบางคนไม่สามารถนำคุณสมบัติหรือความรู้จากประสบการณ์เดิมมาใช้ในการแก้ปัญหา อีกทั้งยังมีนักเรียนที่แสดงวิธีทำแต่ทำไม่ได้ไม่สิ้นสุดจนได้คำตอบที่ถูกต้อง

“...ผมทำเป็นแต่ข้อที่มันให้เขียนกับวาดรูปครับ บางอันผมก็รู้ว่ามันให้ทำอะไรแต่ผมก็ทำไม่ได้ ข้อสุดท้ายรู้ว่าให้ทำอะไรแต่ผมทำไม่ทัน...”

(นักเรียนคนที่ 1, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...เหมือนที่เราทำกิจกรรมเลยคะ หนูแสดงวิธีทำได้ แต่เขียนอันอื่นเป็นยากๆคะ...”

(นักเรียนคนที่ 2, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูรู้ว่ามันให้ทำยังไงคะ ถ้าแสดงวิธีทำเลยจะง่ายมาก...”

(นักเรียนคนที่ 3, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...เหมือนกิจกรรมที่ทำในห้องเลยคะ หนูก็ทำไปเรื่อย ๆ ตามอันที่วางแผนคะ เหมือนที่เรียนมาเลยคะ ทำได้...”

(นักเรียนคนที่ 4, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูชอบแสดงวิธีทำเลยมากกว่าคะ หนูไม่รู้จะเขียนอะไร...”

(นักเรียนคนที่ 5, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมทำแบบที่เขียนครับ ถ้ามันไม่ได้ผมก็ไม่ทำเลย ...”

(นักเรียนคนที่ 6, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

ในขั้นนี้เป็นการตรวจสอบผลที่ได้จากการคำนวณในขั้นดำเนินการแก้ปัญหาก่อนหน้านี้ ปัญหา ที่พบจากการสัมภาษณ์ คือ นักเรียนส่วนใหญ่หากดำเนินการตามแผนและแก้ปัญหาได้ จะสามารถเขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องตามที่วางแผนไว้ ซึ่งในการดำเนินการตามที่วางแผนไว้จะต้องได้ก็ต่อเมื่อมีการวางแผนได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน ทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา และระบุได้ว่าโจทย์ให้อะไรมาและโจทย์ต้องการอะไร

“...ผมตอบแต่ข้อหนึ่งกับข้อสองครับ ที่เหลือผมทำไม่ได้ครับ...”

(นักเรียนคนที่ 1, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูแสดงวิธีทำตามที่เราเคยอภิปรายที่ห้องค่ะ เอาคำตอบมาตอบเลย พอทำได้ค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 2, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูเอาที่หนูแก้ปัญหาเสร็จแล้วมาตอบค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 3, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูเอาขั้นที่ 3 มาเขียนตอบอีกครั้งค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 4, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูตอบตามที่โจทย์ถามเลยค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 5, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมทำข้อแรกกับข้อสองได้ ข้อสุดท้ายผมเดาตัวเลขเลยครับ ทำไม่ทัน ...”

(นักเรียนคนที่ 6, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

จากการสัมภาษณ์นักเรียนในการดำเนินการจัดกิจกรรมด้วยวิธีการแบบเปิดเรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร สรุปได้ว่า นักเรียนยังไม่คุ้นชินกับวิธีการสอนที่จะต้องทำเป็นลำดับขั้นตอนหรือกระบวนการที่จะต้องมีการวางแผน และมีนักเรียนบางส่วนที่ยังเรียนตามเพื่อนไม่ทัน แต่ไม่กล้าถามหรือแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน ง่ายๆ แล้วปล่อยผ่านไปเลย อีกทั้งยังมีนักเรียนบางส่วนที่ยังไม่กล้าแสดงแนวคิดกับเพื่อน ซึ่งเห็นได้ชัดจากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...ผมไม่เคยเรียนแบบนี้ ตอนสอบก่อนนี้มีแต่แสดงวิธีทำกับข้อกา เลยไม่รู้ว่าจะต้องเขียนมาก เขียนน้อยแบบไหนครับครู...”

(นักเรียนคนที่ 1, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูไม่เคยเรียนการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนแบบนี้ค่ะ ไม่รู้ว่าแต่ละขั้นเขียนยังไง...”

(นักเรียนคนที่ 2, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ชอบแบบนี้ค่ะ ได้คิดกับเพื่อนๆ แต่ว่ายังไม่ชินเวลาเรียงลำดับในการแก้ปัญหาค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 3, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...เพื่อนไม่ค่อยออกความคิดเห็นตอนที่ครูแบ่งกลุ่มให้ทำค่ะ พวกหนูกับเพื่อนอีกคนก็ไม่รู้ว่าแบบไหนจะดีกว่าถ้าต้องเลือกวิธีลงไปเขียนแนวคิด...”

(นักเรียนคนที่ 4, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...มันมีอันหนึ่งที่หนูตามไม่ทัน แต่ว่าหนูไม่กล้าถามครูค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 5, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ตอนคิดกับเพื่อนมันคิดออกนะครับ พอไปทำเองคนเดียว ไปไม่เป็นเลยครับ...”

(นักเรียนคนที่ 5, 19 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

4. ขั้นสะท้อนผล (Reflection)

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรม แบบสัมภาษณ์นักเรียน และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย มีคะแนนเฉลี่ย 17.17 คิดเป็นร้อยละ 71.53 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน และในแต่ละขั้นมีคะแนนคือ ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.33 คิดเป็นร้อยละ 72.22 ของคะแนนเต็ม ขั้นที่ 2 ขั้่นวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.17 คิดเป็นร้อยละ 69.44 ของคะแนนเต็ม ขั้นที่ 3 ขั้่นดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.17 คิดเป็นร้อยละ 69.44 ของคะแนนเต็ม และขั้นที่ 4 ขั้่นตรวจสอบผล นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.50 คิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม ซึ่งเห็นได้ว่าในขั้นที่ 2 และขั้นที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และยังพบว่ามึนักเรียนจำนวน 3 คน คือนักเรียนคนที่ 1 คนที่ 5 และคนที่ 6 มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยผู้วิจัยได้พบปัญหาของชั้นในกระบวนการแก้ปัญหาที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 70 ดังนี้ 1) ขั้นที่ 2 ขั้่นวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา คือ นักเรียนไม่สามารถจัดลำดับวิธีการแก้ปัญหาย่างเป็นระบบ ใช้ภาษาสื่อสารไม่ชัดเจน ขาดความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับคุณสมบัติของรูปเรขาคณิต 2) ขั้นที่ 3 ขั้่นดำเนินการแก้ปัญหา คือ บางคนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ปัญหาได้ หรือหยุดการแก้ปัญหากลางทางโดยไม่สามารถสรุปคำตอบได้ และผู้วิจัยได้สรุปประเด็นปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 11 สรุปปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
1. สื่อในการจัดการเรียนการสอนที่เป็นสื่อจริงจับต้องได้ในรูป 3 มิติ แบบต่างๆ มีจำนวนน้อย นักเรียนบางส่วนไม่สามารถจินตนาการตามได้	1. ครูผู้สอนเพิ่มเติมสื่อจริงให้หลากหลาย ในช่วงทบทวนความรู้เดิมของคาบต่อไป หรือ จัดหาสื่อออนไลน์เพื่อขยายแนวคิดเพิ่มเติม
2. นักเรียนคุ้นเคยกับการแก้ปัญหาที่เจอโจทย์แล้วแสดงวิธีทำเลย ไม่สามารถเขียนอธิบายการวางแผนการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอน	2. ครูผู้สอนตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นแนวคิด หรือ เทคนิคต่างๆ ที่ส่งเสริมการทำงานร่วมกัน
3. นักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนรู้ด้วยตนเองนานกว่าเวลาที่กำหนด เนื่องจากว่าชั้นเรียนรู้ด้วยตนเองนั้นบางกลุ่มยังแบ่งหน้าที่ไม่ชัดเจน ไม่ให้ความร่วมมือกันภายในกลุ่ม	3. ครูผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนทำงานทันเวลา เห็นความสำคัญของการร่วมมือในกลุ่ม และ ปรับเวลาการเรียนรู้แบบเปิดให้ยืดหยุ่นตามสถานการณ์
4. นักเรียนบางส่วนโดยเฉพาะกลุ่มอ่อนไม่กล้าแสดงความคิดเห็น	4. ครูผู้สอนใช้คำถามกระตุ้น พร้อมกับพูดเสริมแรงให้นักเรียนกลุ่มอ่อนกล้าแสดงความคิดเห็น หรือใช้คำถามง่ายๆ ให้นักเรียนสามารถตอบคำถามและมีส่วนร่วมในชั้นเรียนมากขึ้น
5. นักเรียนส่วนใหญ่ขาดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และมีนักเรียนบางคนยังไม่เข้าใจในแต่ละขั้นของกระบวนการแก้ปัญหา	5. ครูควรจัดกิจกรรมที่เน้นการฝึกให้นักเรียนแก้ปัญหาตามกระบวนการแก้ปัญหา และ สร้างความเข้าใจร่วมกันในขั้นที่ 2 (เรียนรู้ด้วยตนเอง) โดยให้นักเรียนเขียนแสดงแนวคิดตามขั้นตอนการแก้ปัญหา

วงจรปฏิบัติการที่ 2

1. ขั้นวางแผน (Planning)

จากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่านักเรียนยังมีข้อจำกัดในทุกขั้นของกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา และ ขั้นที่ 3 ขั้นการดำเนินการแก้ปัญหา ซึ่งผลคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในสองขั้นนี้ยังไม่ถึงเกณฑ์ร้อยละ 70 ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ และจากแบบสัมภาษณ์และใบกิจกรรม พบว่านักเรียนยังขาดทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ

การเชื่อมโยงความรู้พื้นฐาน และการสื่อสารแนวคิดในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นผลมาจากการที่นักเรียนยังไม่คุ้นชินกับการแก้ปัญหาปลายเปิดที่ต้องใช้การวิเคราะห์และวางแผนด้วยตนเองอย่างอิสระ รวมถึงการขาดความมั่นใจในการประยุกต์ใช้ความรู้เดิม

ดังนั้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะใน ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา และ ขั้นที่ 3 ขั้นการดำเนินการแก้ปัญหา ให้ดีขึ้น โดยมีแนวคิดหลักในการปรับปรุงคือ การกระตุ้นให้นักเรียนคิดอย่างมีลำดับขั้นตอน มีความมั่นใจในการเสนอแนวคิด และสามารถเชื่อมโยงความรู้ได้อย่างเป็นระบบมากขึ้นในทุกขั้นตอนของวิธีการแบบเปิด ได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open-ended problem) ผู้วิจัยได้ปรับวิธีการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อให้ นักเรียนทำความเข้าใจโจทย์ได้ง่ายขึ้น ลดความสับสนในการตีความ และเพิ่มการใช้คำถามนำที่เน้นการทำความเข้าใจสถานการณ์และระบุสิ่งที่โจทย์ถามและสิ่งที่โจทย์กำหนด เพื่อเสริมทักษะการตีความปัญหาของนักเรียน

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตัวเองของนักเรียน (Student's self-learning) ผู้วิจัยเน้นเป็นพิเศษโดยเพิ่มบทบาทของครูในการเดินสังเกตการณ์ และให้คำแนะนำรายกลุ่มอย่างใกล้ชิดมากขึ้น มีการใช้คำถามกระตุ้นเน้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์และจัดลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหด้วยตนเอง แทนการบอกแนวทางโดยตรง ส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนแนวคิดภายในกลุ่มมากขึ้น อีกทั้งกระตุ้นให้นักเรียนทบทวนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับคุณสมบัติของรูปเรขาคณิตที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อให้พวกเขาสามารถนำมาใช้ในการวางแผนได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

ขั้นที่ 3 การอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดในชั้นเรียน (Whole Class Discussion and Comparison) ผู้วิจัยจะทำหน้าที่เป็นผู้ประสานงานและตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนที่นำเสนอ อธิบายขั้นตอนการวางแผนและการดำเนินการแก้ปัญหาของตนเองอย่างละเอียดและเป็นระบบ โดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและชัดเจน มีการส่งเสริมให้เพื่อนร่วมชั้นช่วยกันวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแนวคิดที่แตกต่างกัน เพื่อให้นักเรียนเห็นถึงความหลากหลายของวิธีการ และเรียนรู้การเลือกใช้กลยุทธ์ที่เหมาะสม และผู้วิจัยจะช่วยสรุปประเด็นสำคัญที่ได้จากการอภิปรายที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนและการดำเนินการ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องและเป็นระบบ

ขั้นที่ 4 การเชื่อมโยงและสรุปแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (Summing-up by connecting students' emergent mathematical ideas) ผู้วิจัยนำแนวคิดที่หลากหลาย ซึ่งได้จากการอภิปราย มาเชื่อมโยงเข้ากับหลักการและสูตรทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องอย่างชัดเจน โดยเน้นย้ำถึงความสำคัญของการทำความเข้าใจและนำไปใช้ในการแก้ปัญหา และส่งเสริมให้นักเรียนสรุปบทเรียนและแนวคิดทางคณิตศาสตร์ด้วยถ้อยคำของตนเอง โดยเน้นถึงขั้นตอนการแก้ปัญหที่ถูกต้อง และเป็นระบบ เพื่อสร้างความเข้าใจที่คงทนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในอนาคต

2. ขั้นปฏิบัติการ (Action)

ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบเปิด ตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ปริมาตรปริซึม กิจกรรมเรื่อง ซ้อแบบใดคุ่มกว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 พื้นที่ผิวของพีระมิด กิจกรรมเรื่อง ขนมหี้นแสนอร่อย และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ปริมาตรของพีระมิด กิจกรรมเรื่อง ขนมหี้นแสนอร่อย 2 โดยมีแนวทางการจัดกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ฝึกการวางแผนและการดำเนินการแก้ปัญหา ผ่านการเผชิญสถานการณ์ในรูปแบบของโจทย์ปัญหาชีวิตจริง (Realistic problems) ที่มีความท้าทายและเชื่อมโยงกับประสบการณ์ของนักเรียน ในแต่ละคาบเรียน ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมตามขั้นตอนของวิธีการเรียนรู้แบบเปิด ทั้ง 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ชี้นำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open-ended problem) โดยผู้วิจัยนำเสนอโจทย์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับบริบทใกล้ตัวนักเรียน และกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถาม คาดเดา หรือแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนด เช่น การคำนวณปริมาตรของกล่องใส่ของ หรือการหาพื้นที่ผิวของสิ่งปลูกสร้างรูปพีระมิด เป็นต้น เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนเข้าใจสถานการณ์ และตั้งสมมติฐานในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน (Student's self-learning) โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทำงานเป็นรายกลุ่ม เพื่อคิดวิเคราะห์แนวทางการแก้ปัญหาโดยไม่จำกัดวิธีการ และจดบันทึกวิธีคิดของตนเองอย่างเป็นลำดับขั้น โดยผู้วิจัยคอยสังเกตพฤติกรรมการคิด วางแผน และการอธิบายวิธีแก้ปัญหานักเรียนอย่างใกล้ชิด พร้อมจดบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 3 ขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดในชั้นเรียน (Whole Class Discussion and Comparison) โดยผู้วิจัยให้นักเรียนร่วมกันนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา แลกเปลี่ยนความคิดเห็น เปรียบเทียบวิธีคิดหลากหลาย และอภิปรายข้อดีข้อจำกัดของแต่ละวิธี ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการอภิปราย โดยกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายเหตุผลสนับสนุนการเชื่อมโยงแนวคิด และยกตัวอย่างเพื่อเสริมความเข้าใจในเชิงลึก

ขั้นที่ 4 ขั้นสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (Summing-up by connecting students' emergent mathematical ideas) โดยผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิดสำคัญทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการแก้ปัญหา และเชื่อมโยงไปสู่สถานการณ์อื่นๆ เพื่อขยายผลการเรียนรู้ เช่น การเปลี่ยนรูปทรง การเพิ่มความสูงหรือฐาน และผลกระทบต่อพื้นที่หรือปริมาตร พร้อมทั้งชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการวางแผนในแต่ละขั้นตอนของการแก้ปัญหา

หลังจากดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 3 แผนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการ

แก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 มีจำนวน 3 ข้อ คะแนนเต็ม 24 คะแนน และใช้แบบสัมภาษณ์แบบ กึ่งโครงสร้าง ทำการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทุกคน

3. ขั้นสังเกตการณ์ (Observation)

นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นประเภทอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ซึ่งในแต่ละข้อวัดความสามารถในการแสดงวิธีหาคำตอบของ ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยวัดได้จากการตอบคำถามในแต่ละขั้น ดังนี้ 1) การทำความเข้าใจปัญหา 2 คะแนน 2) การหาแนวทางการแก้ปัญหา 2 คะแนน 3) การดำเนินการแก้ปัญหา 2 คะแนน และ 4) การตรวจสอบผล 2 คะแนน คะแนนรวม 24 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัย ได้วิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนการแก้ปัญหามาจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาด้าน คณิตศาสตร์ เป็นรายบุคคล ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 12 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เป็น รายบุคคล

คนที่	ความสามารถในการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์				คะแนน รวม (24)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน
	ขั้นที่ 1 (6)	ขั้นที่ 2 (6)	ขั้นที่ 3 (6)	ขั้นที่ 4 (6)			
1	3	2	3	2	10	41.67	ไม่ผ่าน
2	5	5	6	6	22	91.67	ผ่าน
3	5	5	5	6	21	87.50	ผ่าน
4	5	5	6	6	22	91.67	ผ่าน
5	5	4	4	4	17	70.83	ผ่าน
6	4	3	4	3	14	58.33	ไม่ผ่าน
μ	4.50	4.00	4.67	4.50	17.67	73.61	-
ร้อยละ	75.00	66.67	77.78	75.00	-	-	-
σ	0.76	1.15	1.11	1.61	4.50	18.74	-

จากตาราง 12 พบว่า ผลคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ของ นักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 4 คน คิดเป็น ร้อยละ 66.67 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 2 คน คิด เป็นร้อยละ 33.33 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

เมื่อพิจารณาจากภาพรวมพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ย 17.67 คิดเป็นร้อยละ 73.61 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.50 คิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.00 คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของคะแนนเต็ม ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.67 คิดเป็นร้อยละ 77.78 ของคะแนนเต็ม และขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.50 คิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม ซึ่งเห็นได้ว่าในขั้นที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และยังพบว่ามีนักเรียนจำนวน 2 คน คือนักเรียนคนที่ 1 และคนที่ 6 มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

โดยผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลในการเขียนคำตอบและการประเมินผลการทดสอบ จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนบางข้อของนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดและสูงสุด ดังภาพประกอบต่อไปนี้

3. ครูดำนำโถหอยดินรูปทรงปริซึมฐานสี่เหลี่ยมด้านกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร ไปหอยเป็นรูปทรงพีระมิดที่มีฐานเท่าเดิม จงหาว่าพีระมิดใหม่ที่หอยได้ สูงเท่าใด

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่งที่ต้องการทราบ
- ความสูงของพีระมิดใหม่

1.2 สิ่งที่ต้องกำหนดให้
- ความกว้างของฐาน 10 ซม. ความยาวของฐาน 15 ซม. ความสูงของฐาน 2 ซม.

ขั้นที่ 2 หาแนวทางการแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 2

จากภาพประกอบ 9 พบว่า นักเรียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและสิ่งที่โจทย์กำหนดแต่ยังไม่ครบถ้วน ซึ่งนักเรียนควรเขียนให้ชัดเจนว่าโจทย์ต้องการทราบ นั่นคือ “ความสูงของพีระมิดจาก

ปริซึมที่มีปริมาตรเท่ากัน” และในส่วนของสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ควรเพิ่มเติมว่า “การเท่ากันของปริมาตรปริซึมกับปริมาตรพีระมิด” อีกทั้งนักเรียนไม่ระบุข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา ไม่ดำเนินการในการวางแผนการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบผล ซึ่งนักเรียนควรเขียนวางแผนการแก้ปัญหาให้ชัดเจนอย่างเป็นลำดับขั้นตอน

3. ครูดำเนินการปริซึมฐานสี่เหลี่ยมด้านกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร ไปหาค่าปริมาตรพีระมิดที่มีฐานเท่าเดิม จงหาว่าพีระมิดใหม่ที่สูงเท่าใด

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่งที่ต้องทราบคือ

- ความยาว กว้าง ยาว สูง

1.2 สิ่งที่ต้องกำหนดให้

- ปริมาตรปริซึมฐานสี่เหลี่ยมด้านกว้าง 10 (cm) ยาว 15 (cm) สูง 2 (cm)

ขั้นที่ 2 หาแนวทางการแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

1. หาปริมาตรปริซึม

2. ปริมาตรปริซึม = พื้นที่ฐาน $\times$ ความสูง

3. $V = \frac{1}{2} \times \text{พื้นที่ฐาน} \times \text{ความสูง}$

4. ปริมาตรปริซึม = ปริมาตรพีระมิด

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

วิธีทำ ปริมาตรปริซึม = พื้นที่ฐาน $\times$ ความสูง

$= (10 \times 15) \times 2$

$= 1500$

ใน $h = \text{ความสูงใหม่}$

$1500 = \text{ปริมาตรใหม่}$

$= \frac{1}{2} \times (10 \times 15) \times h$

$1500 = 75h$

$\frac{1500}{75} = h$

หรือ $h = 20$

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

ตอบ ความสูงใหม่ของพีระมิด คือ 20 cm

ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 2

จากภาพประกอบ 10 พบว่า นักเรียนวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหาคบถ้วน ดำเนินการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง ไม่มีการคำนวณผิดพลาด และตรวจสอบผลได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน แต่นักเรียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบซึ่งนักเรียนควรระบุให้ชัดเจน นั่นคือ “ความสูงของพีระมิดรูปใหม่ ที่ฐานคือรูปเดิม” และสิ่งที่โจทย์กำหนดให้นักเรียนควรเขียนให้ชัดเจนว่า “ลักษณะของปริซึมฐานสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร และการหาค่าปริมาตรของปริซึมฐานสี่เหลี่ยมผืนผ้าเท่ากับปริมาตรรูปทรงพีระมิดใหม่”

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทำวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังตารางที่ 12 ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทุกคน ซึ่งจากการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยสรุปประเด็น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจ

ในขั้นนี้เป็นการทำความเข้าใจปัญหาที่จะแก้ โดยนักเรียนต้องอ่านโจทย์และทำความเข้าใจปัญหาที่จะแก้ให้ชัดเจน จะต้องระบุสิ่งที่โจทย์ถามและสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในขั้นตอนต่อไป ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ คือนักเรียนบางคนยังคงตีความข้อมูลในโจทย์คลาดเคลื่อน หรือไม่สามารถระบุสิ่งที่ต้องการหาหรือเงื่อนไขของปัญหาได้อย่างชัดเจน หากไม่ได้รับการกระตุ้นเพิ่มเติม ดังนี้

“...ครูครับ ผมจะบอกว่าผมลอกอันที่ครูถามมาเลยครับ ไม่รู้มันต้องเขียนอะไรเพิ่ม...”

(นักเรียนคนที่ 1, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูเข้าใจขึ้นแล้วค่ะ คิดต่อจากคำถามอีกทีว่าโจทย์หมายถึงอะไร...”

(นักเรียนคนที่ 2, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูทวนโจทย์ให้เป็นเรื่องที่ครูสอนค่ะ เลยเดาๆว่ามันจะให้เขียนอะไร...”

(นักเรียนคนที่ 3, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูทำเหมือนเดิมค่ะ ครูเคยบอกให้เราวิเคราะห์ยังงี้กับอันที่เรียนค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 4, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ครูคะ รอบนี้หนูว่าหนูอย่างน้อยก็มีคะแนน เพราะหนูเขียนที่ครูถามไว้ก่อนเลย แล้วก็เขียนเพิ่มนิดหน่อย...”

(นักเรียนคนที่ 5, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมเขียนตามโจทย์เลยเหมือนเดิมครับ ง่ายดี...”

(นักเรียนคนที่ 6, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 2 ขั้ววางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้เป็นการระบุข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาและวางแผนการแก้ปัญหา ซึ่ง เป็นการประเมินการแก้ปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ หาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และความรู้ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งได้มาจากการศึกษาค้นคว้าหรือได้มาจากการประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ก่อน แล้วนำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์ หาหลักการและเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม เพื่อวางแผนการดำเนินงาน จัดลำดับขั้นตอนในการ แก้ปัญหา ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ คือ นักเรียนบางส่วนไม่สามารถระบุข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา และไม่สามารถวางแผนการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นได้ เนื่องจากนักเรียนไม่ทราบคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการแก้ปัญหาในข้อนั้น นักเรียนส่วนใหญ่เขียนวิธีการแก้ปัญหาได้แต่ไม่ละเอียด และไม่จัดลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา ใช้ภาษา ในการสื่อความหมายไม่ชัดเจน เห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...ผมเขียนวางแผนอยู่นะครับครู แต่โจทย์มันงกว่าครั้งก่อนมาก...”

(นักเรียนคนที่ 1, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...พออ่านโจทย์หนูก็วางแผนไว้ก่อนว่าจะใช้สูตรไหน แล้วค่อยดูว่าต้องหาค่าก่อนหรือหลัง แต่ไม่รู้จะเขียนครบมั้ยคะ...”

(นักเรียนคนที่ 2, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูวางแผนคล้ายๆ เดิมค่ะ เพราะมันวางแผนก็เหมือนตอนที่เรารู้กันตอนนำเสนอกิจกรรมเลยค่ะ แต่นึกไม่ออกเหมือนเดิมว่าเราจะเขียนเป็นลำดับยังไง...”

(นักเรียนคนที่ 3, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...มันค่อนข้างคล้ายกับที่เคยเรียน หนูก็เลยลองวางแผนเองเหมือนที่เคยทำค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 4, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...รอบนี้หนูตั้งใจคิดก่อนว่าจะต้องใช้สูตรไหน แล้วค่อยเริ่มทำ...”

(นักเรียนคนที่ 5, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมพยายามคิดก่อนว่าจะทำยังไง ต้องหาตัวไหนก่อน...”

(นักเรียนคนที่ 6, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้เป็นการดำเนินการแก้ปัญหาด้วยตนเองของนักเรียน ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ แสดงวิธีทำ และคำนวณคำตอบตามแนวทางที่วางแผนไว้ ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ คือ นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจเพียงผิวเผินในกระบวนการแก้ปัญหา แม้จะสามารถลงมือคำนวณได้ แต่ยังไม่แม่นยำหรือขาดการตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ บางคนยังไม่สามารถเชื่อมโยงแผนกับการดำเนินการจริงได้อย่างสอดคล้อง ทำให้ผลลัพธ์ยังไม่เป็นไปตามเป้าหมาย อีกทั้งยังคล้ายเดิมที่มีนักเรียนที่แสดงวิธีทำแต่ทำได้ไม่สิ้นสุดจนได้คำตอบที่ถูกต้อง

“...ตอนทำ ผมจำสูตรได้บ้าง แต่บางทีก็ลืมว่าต้องทำอะไรก่อน แล้วก็ทำไม่ทันครับ...”

(นักเรียนคนที่ 1, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูพยายามค่อย ๆ ทำตามแผนที่คิดไว้ ไม่รีบ แล้วก็ตรวจสอบคำตอบด้วยค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 2, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...บางข้อหนูลืมตรวจคำตอบ กลัวว่าพลาดอยู่ค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 3, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...รอบนี้หนูพยายามไม่ข้ามขั้นตอน และเขียนให้ละเอียดขึ้น แต่ยังไม่มั่นใจว่าจะถูกไหมค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 4, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ข้อที่มันซับซ้อนหนะคะครู หนูทำไม่เป็นเลย แต่ลองพยายามเขียนให้เข้ากับเรื่องที่เรียนมาค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 5, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ทำไมทันเลยครับ เพราะไม่เข้าใจว่ามันให้ทำอะไร ...”

(นักเรียนคนที่ 6, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

ในขั้นนี้เป็นการตรวจสอบผลที่ได้จากการคำนวณในขั้นตอนการแก้ปัญหาก่อนหน้านี้ ปัญหา ที่พบจากการสัมภาษณ์ คือ นักเรียนส่วนใหญ่หากดำเนินการตามแผนและแก้ปัญหาได้ จะสามารถเขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องตามที่วางแผนไว้ อีกทั้งเรียนบางคนเริ่มตระหนักถึงความสำคัญของการตรวจสอบคำตอบหรือพยายามเชื่อมโยงคำตอบกับโจทย์มากขึ้น และนักเรียนบางคนอาจมอง การตรวจสอบผลเป็นเพียงขั้นตอนจบ โดยไม่ตระหนักถึงคุณค่าของการตรวจสอบความสมเหตุสมผล ทำให้ขาดการฝึกคิดวิเคราะห์ย้อนกลับหรือไตร่ตรองคำตอบของตนเอง เห็นได้จากแนวคำตอบของ นักเรียน ดังนี้

“...ผมคิดเสร็จแล้วผมก็ตอบเลย ถ้าข้อไหนที่ผมทำได้นะครับ...”

(นักเรียนคนที่ 1, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูจะย้อนกลับไปดูทุกครั้งว่าโจทย์เขาถามอะไร กลัวผิดค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 2, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ครั้งนี้หนูลองเช็คอีกทีว่าคำตอบมันตรงกับคำถามไหมค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 3, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูคิดว่าถ้าคำนวณถูกก็น่าจะถูกแล้วค่ะ หนูเลยตอบเลย...”

(นักเรียนคนที่ 4, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ครั้งนี้หนูลองเช็คอีกทีว่าคำตอบมันตรงกับคำถามไหม...”

(นักเรียนคนที่ 5, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมทำได้ผมก็เขียนตอบเลยครับ ไม่น่าจะคิดถูกไหม ...”

(นักเรียนคนที่ 6, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

จากการสัมภาษณ์นักเรียนในการดำเนินการจัดกิจกรรมด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิว และปริมาตร สรุปได้ว่า นักเรียนบางคนยังไม่คุ้นชินกับการทำงานตามลำดับขั้นตอนที่ต้องใช้ กระบวนการวางแผนและการตรวจสอบ ซึ่งเป็นทักษะที่ต้องฝึกฝนในระยะยาว นอกจากนี้ยังมี นักเรียนบางส่วนที่ยังรู้สึกไม่มั่นใจในการแสดงความคิดเห็นหรือการถามคำถามกับเพื่อน ซึ่งทำให้การ เรียนรู้บางครั้งยังไม่ลึกซึ้งและไม่ได้รับการแก้ไขข้อผิดพลาดอย่างเหมาะสม ซึ่งเห็นได้ชัดจากแนว คำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...บางครั้งผมก็ไม่เข้าใจว่าเขาถามอะไรกัน แต่ก็ไม่กล้าถามเพราะคิดว่าคงจะไม่ทันเวลา...”

(นักเรียนคนที่ 1, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ตอนแรกหนูคิดว่าการเรียนแบบนี้จะยาก แต่พอเริ่มทำไปก็รู้สึกว่ามันสนุกนะคะ แต่หนูยังไม่มั่นใจ
ในวิธีคิดของตัวเองค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 2, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูคิดว่าต้องฝึกทำขั้นตอนเยอะ ๆ ยังไม่ชินค่ะ บางครั้งก็ไม่แน่ใจว่าจะต้องเริ่มจากตรงไหนค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 3, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูคิดว่าบางทีตอนทำกิจกรรม หนูก็ทำตามเพื่อนไปเลยคะ เพราะมันง่ายดี...”

(นักเรียนคนที่ 4, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูไม่ค่อยกล้าแชร์ความคิดเห็นในกลุ่มค่ะ บางครั้งรู้สึกกลัวว่าเพื่อนจะไม่เห็นด้วย หรือว่าผิด...”

(นักเรียนคนที่ 5, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมเคยลองบอกเพื่อน ๆ ไปแล้วแต่มันไม่เหมือนกับที่เพื่อนทำ เลยไม่กล้าพูดครับ...”

(นักเรียนคนที่ 6, 26 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

4. ขั้นสะท้อนผล (Reflection)

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรม แบบสัมภาษณ์นักเรียน และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย มีคะแนนเฉลี่ย 17.67 คิดเป็นร้อยละ 73.61 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.50 คิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.00 คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของคะแนนเต็ม ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.67 คิดเป็นร้อยละ 77.78 ของคะแนนเต็ม และขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.50 คิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม ซึ่งเห็นได้ว่าในขั้นที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และยังพบว่ามึนักเรียนจำนวน 2 คน คือนักเรียนคนที่ 1 และคนที่ 6 มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยผู้วิจัยได้พบปัญหาของขั้นในกระบวนการแก้ปัญหาที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 70 ดังนี้ 1) ขั้นวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา คือ นักเรียนบางคนยังไม่สามารถออกแบบหรือเลือกวิธีแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน แม้จะพยายามคิดเป็นขั้นตอน แต่ขาดความมั่นใจและไม่สามารถอธิบายเหตุผลเบื้องหลังแผนของตนเองได้ชัดเจน

ตาราง 13 สรุปปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
1. นักเรียนบางคนไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์เพื่อแยกข้อมูลสำคัญได้	1. ใช้คำถามชี้แนะและแบบฝึกแยกข้อมูลจากสถานการณ์โจทย์ก่อนเริ่มกิจกรรม
2. นักเรียนยังไม่สามารถวางแผนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน	2. สอนให้เห็นตัวอย่างการวางแผนอย่างชัดเจนและให้ฝึกวางแผนร่วมกับครู/เพื่อน
3. นักเรียนบางคนดำเนินการผิดพลาดจากความไม่เข้าใจสูตรหรือความสะเพร่า	3. จัดกิจกรรมเสริมก่อนเริ่มบทเรียน เช่น เกมหรือแบบฝึกการใช้สูตร
4. นักเรียนไม่ตรวจสอบคำตอบหรือไม่เห็นความสำคัญของการตรวจสอบ	4. ส่งเสริมให้นักเรียนใช้เช็กลิสต์ตรวจสอบตนเองหลังทำโจทย์แต่ละข้อ
5. นักเรียนบางส่วนยังไม่กล้าแสดงความคิดเห็นหรือถามเมื่อไม่เข้าใจ	5. สร้างบรรยากาศที่ปลอดภัยในการเรียนรู้ และใช้กิจกรรมกลุ่มย่อยที่เน้นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น
6. นักเรียนบางคนยังไม่ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมกลุ่ม	6. ครูควรชี้แจงเหตุผลและเกณฑ์การประเมินนักเรียนให้ชัดเจนและสร้างข้อตกลงร่วมกันในชั้นเรียน

วงจรปฏิบัติการที่ 3

1. ขั้นวางแผน (Planning)

จากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า แม้ภาพรวมคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนจะดีขึ้นและนักเรียนส่วนใหญ่สามารถเข้าใจสถานการณ์และดำเนินการแก้ปัญหาได้ดีขึ้นในบางขั้น แต่ปัญหาสำคัญที่ยังคงอยู่คือในขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด (ร้อยละ 66.67) และยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดทักษะในการออกแบบหรือเลือกวิธีแก้ปัญหาอย่างชัดเจน ขาดความมั่นใจ และไม่สามารถอธิบายเหตุผลเบื้องหลังแผนของตนเองได้ นอกจากนี้ นักเรียนบางคนยังคงติดขัดใน ขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหา และยังขาดนิสัยในการ ตรวจสอบผล ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

จากปัญหาดังกล่าว ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างทักษะใน ขั้นวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา ของนักเรียนเป็นหลัก พร้อมทั้ง

พัฒนาทักษะการดำเนินการแก้ปัญหาให้เชื่อมโยงกับแผนที่วางไว้ และปลูกฝังการตรวจสอบผล โดยมีแนวคิดหลักในการปรับปรุงคือ การกระตุ้นให้นักเรียนคิดอย่างเป็นระบบ มีลำดับขั้นตอนในการวางแผน เพิ่มความมั่นใจในการเลือกและนำเสนอแนวทางแก้ปัญหา รวมถึงการส่งเสริมให้ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบอย่างสม่ำเสมอในทุกขั้นตอนของวิธีการแบบเปิด ดังนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open-ended problem) ผู้วิจัยจะยังคงเน้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาให้กระชับและชัดเจน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจโจทย์ได้ง่าย และเพิ่มการใช้คำถามนำที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนคิดถึง "แนวทางที่เป็นไปได้" ในการแก้ปัญหาดังแต่เริ่มต้น เพื่อเชื่อมโยงไปสู่ขั้นวางแผนได้อย่างเป็นธรรมชาติมากขึ้น

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตัวเองของนักเรียน (Student's self-learning) โดยผู้วิจัยจะเน้นการวางแผนอย่างมีระบบ และให้ความสำคัญกับการใช้เวลาและโอกาสแก่นักเรียน ในการคิดและออกแบบแผนการแก้ปัญหอย่างละเอียดและเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน ในใบกิจกรรม เพื่อให้เป็นพื้นฐานที่มั่นคงก่อนลงมือดำเนินการ รวมไปถึงการให้คำแนะนำแบบเฉพาะเจาะจง โดยการเดินสังเกตการณ์และให้คำแนะนำรายกลุ่มอย่างใกล้ชิด ใช้คำถามกระตุ้นที่เน้นให้ นักเรียนระบุขั้นตอนการวางแผนและอธิบายเหตุผลเบื้องหลังการเลือกใช้วิธีการต่างๆ เพื่อเสริมสร้างความมั่นใจและทักษะการสื่อสารแผนการแก้ปัญหา และส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนแนวคิดและแผนการแก้ปัญหาภายในกลุ่มอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้เกิดการตรวจสอบและปรับปรุงแผนก่อนนำเสนอ

ขั้นที่ 3 การอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดในชั้นเรียน (Whole Class Discussion and Comparison) ผู้วิจัยจะมุ่งเน้นการเชื่อมโยงแผนและการดำเนินการ เน้นการนำเสนอแผนที่ชัดเจน เมื่อนักเรียนนำเสนอแนวคิด ผู้วิจัยจะกระตุ้นให้นักเรียนอธิบาย "แผนการแก้ปัญหา" ตั้งแต่เริ่มต้น และเชื่อมโยงให้เห็นว่าแผนนั้นนำไปสู่ "การดำเนินการ" และ "คำตอบ" ได้อย่างไร อย่างละเอียดและเป็นลำดับขั้นตอน เพื่อให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนรู้กระบวนการคิดและดำเนินการที่ชัดเจน พร้อมส่งเสริมให้นักเรียนเปรียบเทียบและวิเคราะห์ทั้ง "แผนการ" และ "วิธีการดำเนินการ" ที่แตกต่างกัน เพื่อให้เห็นข้อดีข้อเสียของแต่ละแนวทาง และผู้วิจัยจะช่วยสรุปประเด็นสำคัญที่ได้จากการอภิปรายที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนและการดำเนินการแก้ปัญหาที่ถูกต้องและเป็นระบบ

ขั้นที่ 4 การเชื่อมโยงและสรุปแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (Summing-up by connecting students' emergent mathematical ideas) ผู้วิจัยจะเชื่อมโยงแนวคิด "แผนการแก้ปัญหา" ที่นักเรียนได้ค้นพบและอภิปรายเข้ากับหลักการและสูตรทางคณิตศาสตร์ที่เป็นนามธรรมอย่างชัดเจน เพื่อให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างการวางแผนส่วนบุคคลกับทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ และกระตุ้นให้นักเรียนสะท้อนและสรุปถึง "กระบวนการวางแผนและการดำเนินการ

แก้ปัญหา" ที่ตนเองได้เรียนรู้ เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาอื่นๆ ได้

ในวงจรนี้ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7-9 โดยเน้นกิจกรรมที่ช่วยให้ นักเรียนฝึกฝนการวางแผน เช่น การร่างแผนแนวคิด การอภิปรายแนวทางในกลุ่มย่อย และการแลกเปลี่ยนแผนการคิดร่วมกันก่อนลงมือแก้ปัญหา พร้อมทั้งใช้การสะท้อนผลแบบเปิดในชั้นอภิปรายแนวคิด เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความมั่นใจและสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ขั้นปฏิบัติการ (Action)

ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบเปิด ตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 พื้นที่ผิวทรงกระบอก กิจกรรมเรื่อง อยากให้เธอออมเงิน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 ปริมาตรของทรงกระบอก กิจกรรมเรื่อง ถังน้ำกว้าง และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 พื้นที่ผิวของกรวย กิจกรรมเรื่อง หมวกวันปีใหม่ โดยมีแนวทางการจัดกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ฝึกการวางแผนและการดำเนินการแก้ปัญหาผ่านการเผชิญสถานการณ์ในรูปแบบของโจทย์ปัญหาชีวิตจริง (Realistic Problems) ที่มีความท้าทายและเชื่อมโยงกับประสบการณ์ของนักเรียน ในแต่ละคาบเรียน ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมตามขั้นตอนของวิธีการเรียนรู้แบบเปิด ทั้ง 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open-ended problem) โดยผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่มีความเชื่อมโยงกับบริบทในชีวิตประจำวันของนักเรียน เช่น การออกแบบกระปุกออมสินรูปทรงกระบอก การคำนวณความจุของถังน้ำ หรือการทำหมวกสำหรับงานวันปีใหม่ เพื่อให้นักเรียนรู้สึกใกล้ชิด เข้าใจสถานการณ์ และเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ โดยกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐาน หรือแสดงความคิดเห็นต่อสถานการณ์ปัญหาดังกล่าว

ขั้นที่ 2 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน (Student's self-learning) โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทำงานเป็นรายกลุ่ม เพื่อคิดวิเคราะห์แนวทางการแก้ปัญหาโดยไม่จำกัดวิธีการ และจดบันทึกวิธีคิดของตนเองอย่างเป็นลำดับขั้น โดยผู้วิจัยคอยสังเกตพฤติกรรมการคิด วางแผน และการอธิบายวิธีแก้ปัญหาของนักเรียนอย่างใกล้ชิด พร้อมจดบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 3 ขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดในชั้นเรียน (Whole Class Discussion and Comparison) โดยผู้วิจัยให้นักเรียนร่วมกันนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา แลกเปลี่ยนความคิดเห็น เปรียบเทียบวิธีคิดหลากหลาย และอภิปรายข้อดีข้อจำกัดของแต่ละวิธี ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการอภิปราย โดยกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายเหตุผลสนับสนุนการเชื่อมโยงแนวคิด และยกตัวอย่างเพื่อเสริมความเข้าใจในเชิงลึก

ขั้นที่ 4 ขั้นสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (Summing-up by connecting students' emergent mathematical ideas) โดยผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิดหลักที่เกิดขึ้นจากกิจกรรม โดยผู้วิจัยชี้ให้เห็นความสำคัญของการวางแผนที่ชัดเจนในแต่ละขั้นตอนของการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเชื่อมโยงแนวคิดไปสู่บริบทอื่น ๆ เพื่อขยายผลการเรียนรู้ และส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจที่ยั่งยืน

หลังจากดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 3 แผนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 มีจำนวน 3 ข้อ คะแนนเต็ม 24 คะแนน และใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ทำการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทุกคน

3. ขั้นสังเกตการณ์ (Observation)

นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นประเภทอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ซึ่งในแต่ละข้อวัดความสามารถในการแสดงวิธีหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยวัดได้จากการตอบคำถามในแต่ละขั้น ดังนี้ 1) การทำความเข้าใจปัญหา 2 คะแนน 2) การหาแนวทางการแก้ปัญหา 2 คะแนน 3) การดำเนินการแก้ปัญหา 2 คะแนน และ 4) การตรวจสอบผล 2 คะแนน คะแนนรวม 24 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนการแก้ปัญหาจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นรายบุคคล ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 14 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เป็นรายบุคคล

คนที่	ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์				คะแนนรวม (24)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
	ขั้นที่ 1 (6)	ขั้นที่ 2 (6)	ขั้นที่ 3 (6)	ขั้นที่ 4 (6)			
1	4	4	2	2	12	50.00	ไม่ผ่าน
2	6	6	6	6	24	100.00	ผ่าน
3	6	5	6	6	23	95.83	ผ่าน
4	5	5	6	6	22	91.67	ผ่าน
5	5	4	5	5	19	79.17	ผ่าน
6	5	3	3	4	15	62.50	ไม่ผ่าน
μ	5.17	4.50	4.67	4.83	19.17	79.86	-

ตาราง 14 (ต่อ)

คนที่	ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์				คะแนน รวม (24)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน
	ขั้นที่ 1 (6)	ขั้นที่ 2 (6)	ขั้นที่ 3 (6)	ขั้นที่ 4 (6)			
ร้อยละ	86.11	75.00	77.78	80.56	-	-	-
σ	0.69	0.96	1.60	1.46	4.37	18.23	-

จากตาราง 14 พบว่า ผลคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

เมื่อพิจารณาจากภาพรวมพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ย 19.17 คิดเป็นร้อยละ 79.86 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 5.17 คิดเป็นร้อยละ 86.11 ของคะแนนเต็ม ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.50 คิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.67 คิดเป็นร้อยละ 77.78 ของคะแนนเต็ม และขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.83 คิดเป็นร้อยละ 80.56 ของคะแนนเต็ม และพบว่ามีนักเรียนจำนวน 2 คน คือนักเรียนคนที่ 1 และคนที่ 6 มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

โดยผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลในการเขียนคำตอบและการประเมินผลการทดสอบ จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนบางข้อของนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดและสูงสุด ดังภาพประกอบต่อไปนี้



3. เด็กผ้าใบปรกรวกรวมผลิตเป็นพื้นที่ผิวข้าง 264 ตารางเมตร ระยะห่างระหว่างจุดยอดใบ
ถึงรอบฐานของเส้นคือ 12 เมตร ถ้าคุณครูอยากไปเก็บบริเวณฐานของต้นให้พอดีรอบฐาน
จงหาว่าครูต้องเตรียมผ้าใบรูปวงรีใด และใช้ผ้าใบพื้นที่เท่าใด

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

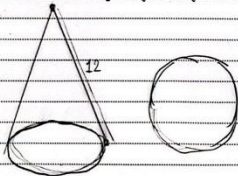
1.1 สิ่งที่เกี่ยวข้องการทราบ

สูง(เส้นรอบรูป) รูปวงรีคือ 264 ตารางเมตร 12 เมตร

1.2 สิ่งที่เกี่ยวข้องถามให้

พื้นที่ผิวข้าง 264 ตารางเมตร 12 เมตร 264 ตารางเมตร 12 เมตร

ขั้นที่ 2 หาแนวทางการแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)



ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

$$\pi r^2 = \frac{22}{7} \times \frac{664}{12}$$

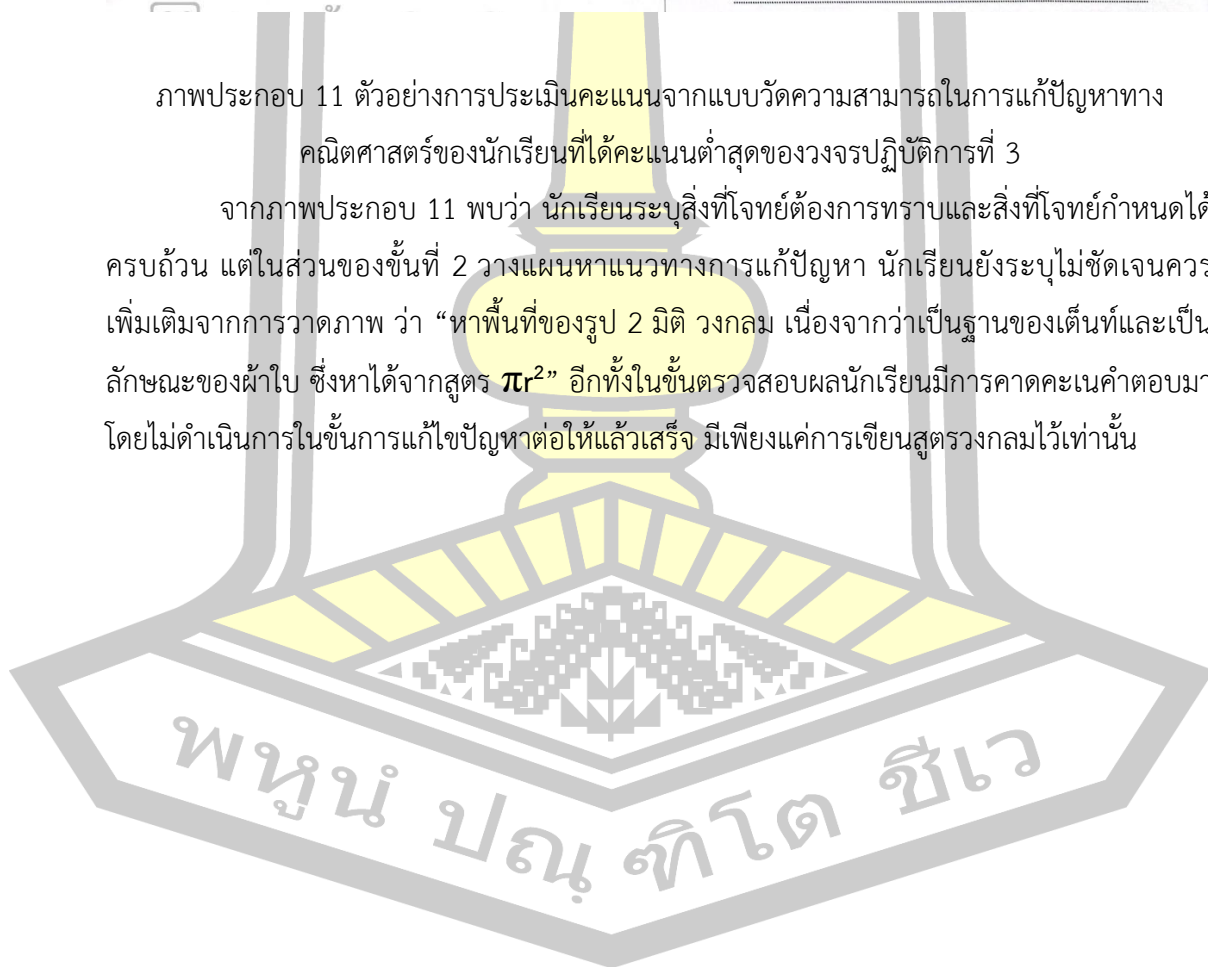
ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

พื้นที่ $1,000$

ภาพประกอบ 11 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง

คณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 3

จากภาพประกอบ 11 พบว่า นักเรียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและสิ่งที่โจทย์กำหนดได้ครบถ้วน แต่ในส่วนของขั้นที่ 2 วางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนยังระบุไม่ชัดเจนควรเพิ่มเติมจากการวาดภาพ ว่า “หาพื้นที่ของรูป 2 มิติ วงกลม เนื่องจากว่าเป็นฐานของเต็นท์และเป็นลักษณะของผ้าใบ ซึ่งหาได้จากสูตร πr^2 ” อีกทั้งในขั้นตรวจสอบผลนักเรียนมีการคาดคะเนคำตอบมาโดยไม่ดำเนินการในขั้นการแก้ปัญหาคือได้แล้วเสร็จ มีเพียงแค่การเขียนสูตรวงกลมไว้เท่านั้น



3. เติมน้ำในรูปทรงกรวยกลมกลืนที่มีพื้นที่ผิวข้าง 264 ตารางเมตร ระยะห่างระหว่างจุดยอดไปถึงรอบฐานของมันเป็น 12 เมตร ถ้าคุณครูอยากได้ใบที่บริเวณฐานของเขื่อนที่โทดคือรูปฐานจงหาว่าครูต้องเตรียมผ้าใบปูข้างใด และใช้ผ้าใบพื้นที่เท่าใด

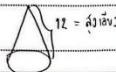
ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่งที่ต้องทราบ

- ผ้าใบปูฐานเขื่อน (ฐานของกรวยกลมกลืน) (วงกลม)
- พื้นที่ผ้าใบ (พื้นที่ฐานของกรวย)

1.2 สิ่งที่ยากทำให้

- พื้นที่ผิวข้าง (P.S.A)
- ระยะห่างจากยอดลงไปรอบฐาน (สูงชัน)



ขั้นที่ 2 ทบทวนความรู้ก่อนการแก้ปัญหาคือ

1. พื้นที่ผิวข้างของกรวยกลมกลืนเป็นรูปวงกลม สูตร πr^2
2. ต้องการค่า r
3. หาจากพื้นที่ผิวข้าง

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนการแก้ปัญหา

$$\text{พื้นที่ } 0.70 \pi r^2 = 264$$

$$\frac{22 \times r \times 12}{4} = 264$$

$$\frac{264 \times 4}{3} = 264$$

$$r = \frac{264 \times 4}{264}$$

$$r = 7$$

$$\text{พื้นที่ฐาน } \pi r^2 \text{ แทนค่า } r = 7$$

$$\pi r^2 = \frac{22 \times 7 \times 7}{4}$$

$$= 154$$

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

ตอบ รูปวงกลม มีพื้นที่ 154 ตารางเมตร

ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 3

จากภาพประกอบ 12 พบว่า นักเรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นระบบครบถ้วนในทั้ง 4 ขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การทำความเข้าใจโจทย์ ที่นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ได้อย่างชัดเจนและระบุข้อมูลสำคัญได้ถูกต้อง ถัดมาในขั้นการวางแผน นักเรียนเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมกับลักษณะของปัญหา พร้อมแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหามีเหตุผลและเป็นแบบแผน ในขั้นการดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนสามารถคำนวณได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยแสดงการคิดอย่างละเอียด ไม่ละขั้นตอนสำคัญ สะท้อนถึงความเข้าใจในแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และสุดท้ายในขั้นการตรวจสอบและสรุปคำตอบ นักเรียนได้ทบทวนผลลัพธ์ของ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทำวงจรปฏิบัติการที่ 3 ดังตารางที่ 14 ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทุกคน ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยสรุปประเด็น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจ

ในขั้นนี้เป็นการทำความเข้าใจปัญหาที่จะแก้ โดยนักเรียนต้องอ่านโจทย์และทำความเข้าใจปัญหาที่จะแก้ให้ชัดเจน จะต้องระบุสิ่งที่โจทย์ถามและสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในขั้นตอนต่อไป ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ คือนักเรียนส่วนใหญ่สามารถจับประเด็นของโจทย์ได้

ค่อนข้างดี อย่างไรก็ตาม ยังมีนักเรียนบางคนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน ขาดความมั่นใจในการเริ่มต้นแก้ปัญหา และยังมีความลังเลเมื่อเผชิญกับโจทย์ปลายเปิด ซึ่งส่งผลให้เกิดความสับสนในขั้นตอนแรกของการแก้ปัญหา เห็นได้จากการตอบของนักเรียน ดังนี้

“...ตอนทำในห้องกับเพื่อผมทำได้นะครับครู ผมจำได้ห่อของขวัญกับหมวก เริ่มเขียนอันแรกๆได้ครับ
...”

(นักเรียนคนที่ 1, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...โจทย์มันคล้ายๆ ของจริงดีค่ะ หนูเลยพอมองภาพออกว่าอะไรคือสิ่งที่โจทย์ถาม...”

(นักเรียนคนที่ 2, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูอ่านโจทย์แล้วนึกภาพสถานการณ์ได้เลย คล้ายกับตอนเราทำกิจกรรมในห้องเด๊ะเลย...”

(นักเรียนคนที่ 3, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูทำเหมือนเดิมค่ะ ครูเคยบอกให้เราวิเคราะห์ยังงี้กับอันที่เรียนค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 4, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ครูคะ ตอนแรกหนูงุนิดหน่อย แต่พออ่านอีกรอบถึงรู้ว่ามันให้หาอะไรค่ะ เกือบไม่อ่าน...”

(นักเรียนคนที่ 5, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...อันนี้ผมจำได้ มันเหมือนตอนป.6 ด้วย ผมว่าผมต้องได้เยอะกว่ารอบที่แล้ว...”

(นักเรียนคนที่ 6, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้เป็นการระบุข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาและวางแผนการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการประเมินการแก้ปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ หาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และความรู้ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งได้มาจากการศึกษาค้นคว้าหรือได้มาจากการประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ก่อน แล้วนำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์ หาหลักการและเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม เพื่อวางแผนการดำเนินงาน จัดลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ คือ นักเรียนบางคนยังขาดทักษะในการจัดลำดับขั้นตอนและเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ แม้จะเข้าใจโจทย์ในเบื้องต้น แต่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสถานการณ์ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ บางคนไม่แน่ใจว่าจะเริ่มจากจุดใดก่อน หรือเปรียบเทียบแนวทางต่าง ๆ ได้ไม่ชัดเจน ทำให้เกิดความลังเลในการตัดสินใจวางแผน โดยเฉพาะนักเรียนที่มีคะแนนต่ำ มักแสดงอาการไม่มั่นใจในแนวคิดของตนเองและเลือกเดินตามเพื่อนมากกว่าคิดวางแผนด้วยตนเอง เห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...ผมว่ารอบนี้ง่าย ผมชอบกิจกรรมผมเลยจำได้ ว่ามันน่าจะให้ทำอะไรครับ เลยลองเขียนๆไป...”

(นักเรียนคนที่ 1, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูจับทางครูได้แล้วค่ะ ตอนอ่านโจทย์ก็เลยลองนึกว่าต้องใช้สูตรไหน แล้วก็เขียนแผนไว้เลยว่าต้องทำอะไรบ้าง ...”

(นักเรียนคนที่ 2, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...พอเข้าใจโจทย์หนูก็คิดว่าต้องใช้สูตรไหน แล้วก็พยายามวางลำดับว่าจะคิดอะไรก่อนหลัง แต่บางทีก็คิดว้างไม่เป๊ะค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 3, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...พอรู้ว่าจะคิดยังไง หนูก็ลองเขียนไว้ก่อน แต่บางทีมันมีหลายวิธี เลยเลือกวิธีที่คิดว่าง่ายที่สุด...”

(นักเรียนคนที่ 4, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูพอคิดออกแต่ลืมสูตรค่ะ เลยไม่ค่อยมั่นใจว่าจะใช้สูตรนี้ได้ไหม...”

(นักเรียนคนที่ 5, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมยังไม่ค่อยเข้าใจว่าต้องคิดอะไรก่อนครับ แต่ว่ารู้แน่ครับว่ามีเรื่องอะไรบ้าง...”

(นักเรียนคนที่ 6, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้เป็นการดำเนินการแก้ปัญหาด้วยตนเองของนักเรียน ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ แสดงวิธีทำ และคำนวณคำตอบตามแนวทางที่วางแผนไว้ ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ คือ นักเรียนบางคนยังขาดความมั่นใจเมื่อลงมือดำเนินการแก้ปัญหา แม้จะมีแนวทางในใจ แต่เมื่อลงมือคำนวณกลับลังเลหรือไม่สามารถจัดลำดับขั้นตอนการคิดได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังมีนักเรียนที่เร่งรีบเกินไป ทำให้ไม่ได้ตรวจสอบคำตอบก่อนส่งงาน ขณะที่บางคนแม้จะเข้าใจแนวคิดแต่ยังขาดทักษะการคำนวณที่แม่นยำ จึงทำให้ไม่สามารถถ่ายทอดแนวคิดออกมาได้ครบถ้วน เห็นได้จากการคำตอบดังนี้

“...ตอนทำ ผมจำสูตรได้นะครับแค่ทรงกระบอก แต่บางทีก็ลืมว่าต้องทำอะไรก่อน แล้วก็ทำไม่ทันข้อสุดท้ายครับ...”

(นักเรียนคนที่ 1, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูทำตามแผนที่คิดไว้เลยนะคะ ค่อย ๆ คำนวณทีละขั้นตอน แล้วก็ตรวจสอบอีกทีให้แน่ใจ...”

(นักเรียนคนที่ 2, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ตอนทำแรกๆก็ทำไปเรื่อย ๆ มีข้อนู่นทำผิดค่ะ แต่ดีเกิน...”

(นักเรียนคนที่ 3, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...คิดไว้ล่วงหน้าแล้วว่าต้องทำยังไงค่ะ เพราะว่าชอบเรื่องนี้ แล้วก็เช็คคำตอบด้วยค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 4, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...รู้ว่าต้องใช้สูตรอะไร แต่บางทีมันงตรงหน่วยหรือจุดทศนิยมเลยผิดไปหน่อย...”

(นักเรียนคนที่ 5, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมยังไม่ค่อยแน่ใจลำดับขั้นตอนเลยต้องลบแล้วคิดใหม่หลายรอบ ...”

(นักเรียนคนที่ 6, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

ในขั้นนี้เป็นการตรวจสอบผลที่ได้จากการคำนวณในขั้นดำเนินการแก้ปัญหาก่อนหน้านี้ ปัญหา ที่พบจากการสัมภาษณ์ คือ แม้ว่าจะมีนักเรียนบางคนที่สามารถตรวจสอบคำตอบได้อย่างถูกต้องครบถ้วน แต่ยังมีนักเรียนจำนวนหนึ่งที่ไม่สามารถเชื่อมโยงผลลัพธ์กับสถานการณ์โจทย์อย่างมีเหตุผล บางคนแม้จะคำนวณได้แล้ว แต่ไม่สามารถอธิบายหรือยืนยันว่าคำตอบตนเองถูกต้องได้เพราะขาดการไตร่ตรองหรือการตรวจสอบย้อนกลับ เห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...ถ้าข้อที่ผมทำได้พอได้คำตอบแล้ว ก็จะเขียนเลยครับ ไม่ได้ย้อนกลับไปดูว่ามันตรงกับโจทย์ไหม แต่คิดว่ามันน่าจะใช่ ...”

(นักเรียนคนที่ 1, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ลองแทนค่ากลับเข้าไปดู แล้วมันตรงกับโจทย์พอดีค่ะ เหมือนข้อสุดท้ายถ้าได้ r มาแล้วพื้นที่ผิวจะเท่ากับที่โจทย์ให้ไหม หนูเลยมั่นใจว่าใช่ค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 2, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูเช็คทุกขั้นตอนเลยคะ ว่าคำนวณถูกไหม แล้วคำตอบที่ได้ต้องมีหน่วยอะไรด้วย จะไม่ลืมคะ...”

(นักเรียนคนที่ 3, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูคิดว่าคำตอบมันมีเหตุผลไหม ประมาณแบบถ้ามันมากเกินไปก็ต้องลองตรวจดูใหม่คะ...”

(นักเรียนคนที่ 4, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...บางทีหนูตรวจแค่บางขั้น ไม่ได้เช็คหมด แต่รอบนี้โชคดีมันออกมาดูสมเหตุสมผลคะ...”

(นักเรียนคนที่ 5, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมไม่ค่อยแน่ใจว่าคำตอบที่ได้น่าจะใช่หรือเปล่า แต่ก็รู้ว่าต้องตรวจยังไงถึงจะชัวร์ ...”

(นักเรียนคนที่ 6, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

จากการสัมภาษณ์นักเรียนในการดำเนินการจัดกิจกรรมด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร สรุปได้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่ชอบการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง รู้สึกสนุกกับการคิดวิเคราะห์ในแบบที่ไม่จำกัดวิธี นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำยังมีปัญหาในการเชื่อมโยงแนวคิดคณิตศาสตร์กับบริบทสถานการณ์ปัญหา โดยเฉพาะในขั้นการวางแผนและการตรวจสอบผลนักเรียนบางคนยังไม่มั่นใจในการอธิบายวิธีคิดของตนเอง หรือหลีกเลี่ยงการเปรียบเทียบกับเพื่อนในชั้นเรียน อย่างไรก็ตาม นักเรียนส่วนใหญ่เห็นว่าการเรียนรู้แบบเปิดช่วยให้ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน

เข้าใจแนวคิดหลากหลายมากขึ้น และรู้สึกมีส่วนร่วมมากกว่าเดิม ซึ่งเห็นได้ชัดจากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...ไม่ค่อยกล้ายกมือตอบครับ กลัวผิด พอเห็นโจทย์ก็พยายามทำกับเพื่อน แต่งๆ ตรงวางแผนว่าจะเริ่มจากตรงไหนก่อนดี...”

(นักเรียนคนที่ 1, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูชอบที่ครูให้โจทย์มาแบบให้เราคิดเองค่ะ มันไม่เหมือนแบบฝึกหัดที่มีแค่สูตร พอได้คิดเองแล้วมาแลกเปลี่ยนกับเพื่อน มันทำให้หนูรู้ว่าบางวิธีที่ดีกว่าวิธีที่เราคิด...”

(นักเรียนคนที่ 2, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ตอนทำโจทย์ หนูคิดหลายวิธีเลยค่ะ แล้วก็คิดว่าอันไหนเร็วกว่า หนูว่าการเรียนแบบนี้สนุกดี ได้คิดเยอะ และได้ฟังเพื่อนอธิบาย บางทีมันทำให้หนูเข้าใจมากกว่าที่ครูอธิบายด้วยซ้ำค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 3, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูว่ามันดีตรงที่เราได้ใช้สถานการณ์จริงมาคิดคำนวณ มันทำให้รู้ว่าคณิตศาสตร์เอาไปใช้อย่างไร หนูชอบตอนครูให้คิดก่อนเรียน แล้วก็ชอบตอนอภิปรายในห้อง เพราะบางที่เราคิดได้ไม่เยอะ แต่เพื่อนมีวิธีแปลกๆ...”

(นักเรียนคนที่ 4, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ถึงเวลาสอบหนูทำไม่ค่อยได้ แต่หนูชอบเรียนแบบนี้ค่ะ มันไม่กดดันเหมือนการสอบ แล้วได้คิดเองด้วยค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 5, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...บางทีผมก็ทำไปแบบคร่าวๆครับ ไม่ได้คิดเยอะ แต่ผมรู้สึกว่าการเรียนแบบนี้ช่วยให้ผมรู้ว่าคณิตศาสตร์ไม่ใช่แค่สูตรอย่างเดียวครับ...”

(นักเรียนคนที่ 6, 5 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

4. ขั้นสะท้อนผล (Reflection)

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรม แบบสัมภาษณ์นักเรียน และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย มีคะแนนเฉลี่ย 19.17 คิดเป็นร้อยละ 79.86 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน และเมื่อพิจารณาเป็นรายชั้น พบว่า ชั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 5.17 คิดเป็นร้อยละ 86.11 ของคะแนนเต็ม ชั้นที่ 2 ขั้นวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.50 คิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม ชั้นที่ 3 ขั้นตอนการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.67 คิดเป็นร้อยละ

77.78 ของคะแนนเต็ม ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.83 คิดเป็นร้อยละ 80.56 ของคะแนนเต็ม

จะเห็นได้ว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นี้ คะแนนเฉลี่ยในทุกขั้นของกระบวนการแก้ปัญหาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการที่สำคัญและต่อเนื่องของนักเรียน อย่างไรก็ตาม ยังพบว่ามีนักเรียนจำนวน 2 คน คือนักเรียนคนที่ 1 และคนที่ 6 ที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์รวมต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และผู้วิจัยได้พบปัญหาของขั้นในกระบวนการแก้ปัญหาที่ยังต้องการการพัฒนาเพิ่มเติม เพื่อให้ นักเรียนทุกคนสามารถบรรลุเป้าหมายได้อย่างสมบูรณ์ ดังนี้ 1) ขั้นที่ 1 ขั้นการทำความเข้าใจปัญหาแม้คะแนนเฉลี่ยจะสูงมาก แต่นักเรียนบางคนอาจยังต้องการการกระตุ้นเพิ่มเติมในการตีความโจทย์ที่ซับซ้อน หรือการแยกแยะข้อมูลสำคัญหลายส่วนได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น 2) ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการวางแผนที่ดีขึ้นอย่างมาก และสามารถออกแบบหรือเลือกวิธีแก้ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอน อย่างไรก็ตามนักเรียนบางส่วน (โดยเฉพาะกลุ่มที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์) อาจยังต้องการการสนับสนุนในการสร้างแผนการแก้ปัญหาที่หลากหลายและยืดหยุ่นสำหรับปัญหาที่ซับซ้อน หรือการอธิบายเหตุผลเบื้องหลังการเลือกแผนนั้นๆ ให้ชัดเจนขึ้น 3) ขั้นที่ 3 ขั้นการดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ได้ดีเยี่ยม แต่ยังคงมีข้อจำกัดบางประการในด้านการอธิบายขั้นตอนและเหตุผลเบื้องหลังการดำเนินการอย่างละเอียด นักเรียนบางคนอาจยังไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ปัญหาได้อย่างลึกซึ้งในทุกมิติ หรืออาจขาดความมั่นใจในการนำเสนอขั้นตอนการทำงานของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างครบถ้วน 4) ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล แม้คะแนนเฉลี่ยในขั้นนี้จะสูง แต่ยังคงมีนักเรียนที่ขาดความรอบคอบในการตรวจสอบคำตอบ นอกจากนี้ บางคนยังขาดทักษะในการพิจารณาว่าคำตอบสมเหตุสมผลหรือไม่ และ ไม่สามารถอธิบายผลลัพธ์ที่ได้เชิงแนวคิดอย่างชัดเจนและมีเหตุผล ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาให้สมบูรณ์ ผู้วิจัยได้สรุปประเด็นปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 15 สรุปปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 3

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
1. นักเรียนบางคนยังไม่สามารถแยกแยะข้อมูลสำคัญในโจทย์หรือเข้าใจสถานการณ์อย่างลึกซึ้ง	1. ครูผู้สอนใช้การถามคำถามนำ เพื่อฝึกให้มองเห็นเงื่อนไขและความสัมพันธ์ในโจทย์

ตาราง 15 (ต่อ)

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
2. นักเรียนบางคนวางแผนการแก้ปัญหาไม่เป็นลำดับ หรือเลือกวิธีไม่เหมาะสมกับสถานการณ์	2. ครูผู้สอนใช้การสาธิตแนวคิดที่หลากหลาย และฝึกนักเรียนอธิบายเหตุผลของการเลือกวิธี พร้อมให้เพื่อน ๆ ถาม-ตอบในชั้นเรียน
3. นักเรียนบางคนคิดคำนวณคลาดเคลื่อน ใช้สูตรผิด หรือใช้หน่วยไม่สอดคล้อง	3. ครูผู้สอนฝึกวิเคราะห์โจทย์ก่อนคำนวณ สร้างความเข้าใจร่วมกันส่วนส่วนของการทำความเข้าใจปัญหา ในขั้นนำเสนอสถานการณ์ปัญหา
4. นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถตรวจสอบและประเมินความสมเหตุสมผลของคำตอบได้	4. ครูใช้เสริมกิจกรรม “สะท้อนคิด” หลังเสร็จสิ้นกิจกรรมในชั้นเชื่อมโยงแนวคิดทั้งชั้นเรียน พร้อมทั้งคำถามในส่วนของความสมเหตุสมผล
5. นักเรียนบางคนยังไม่กล้าอธิบายแนวคิดหรือแลกเปลี่ยนในชั้นเรียน	5. ครูผู้สอนใช้กิจกรรมย่อยในกลุ่มย่อยเพื่อฝึกพูดก่อนรวมกลุ่มในชั้นเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

วงจรปฏิบัติการที่ 4

1. ขั้นวางแผน (Planning)

จากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยพบว่านักเรียนโดยรวมมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้นอย่างมาก โดยคะแนนเฉลี่ยในทุกชั้นของกระบวนการแก้ปัญหาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แล้ว อย่างไรก็ตาม ยังคงมีนักเรียนจำนวน 2 คนที่คะแนนรวมยังไม่ผ่านเกณฑ์ และเมื่อพิจารณาในเชิงคุณภาพแล้ว ผู้วิจัยยังคงพบข้อจำกัดที่สำคัญใน ขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหาซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยน้อยกว่าชั้นอื่นๆ โดยนักเรียนบางส่วนยังขาดความสามารถในการอธิบายขั้นตอนและเหตุผลในการดำเนินการอย่างละเอียด และในขั้นตรวจสอบผล ที่นักเรียนยังขาดนิสัยในการทบทวนและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ รวมถึงการไม่สามารถอธิบายผลลัพธ์เชิงแนวคิดได้อย่างชัดเจน ซึ่งสะท้อนว่านักเรียนยังต้องการการส่งเสริมด้านความมั่นใจในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และการคิดอย่างรอบคอบ

ดังนั้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เพื่อเสริมสร้างความสามารถของนักเรียนใน ขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยเน้นการเชื่อมโยงความรู้สู่การปฏิบัติและการอธิบายอย่างเป็นเหตุผล พร้อมทั้ง ปลูกฝังนิสัยการตรวจสอบผลและการอภิปรายเพื่อยืนยันคำตอบ โดยมีแนวคิดหลักในการปรับปรุงคือ การกระตุ้น

ให้นักเรียนคิดอย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้นในทุกขั้นตอนของการแก้ปัญหา และพัฒนาทักษะการสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนเองให้ชัดเจน โดยผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ในแต่ละขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด ผู้วิจัยยังคงรักษาแนวทางการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่กระตุ้นการคิด แต่จะมีการเสริมสถานการณ์ที่อาจต้องมีการประยุกต์ใช้ความรู้จากหลายส่วน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนต้องคิดวิเคราะห์และวางแผนอย่างรอบคอบมากขึ้นตั้งแต่ต้น

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตัวเองของนักเรียน ผู้วิจัยยังคงให้โอกาสนักเรียนได้คิดและวางแผนด้วยตนเองอย่างอิสระ และผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเพิ่มเติมที่เน้นการกระตุ้นให้นักเรียนคิดถึง "วิธีดำเนินการ" ที่เป็นไปได้จากแผนที่วางไว้ และพยายามเขียนขั้นตอนการดำเนินการในใบกิจกรรมให้ละเอียดขึ้น เพื่อเป็นพื้นฐานในการอธิบายในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 3 การอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดในชั้นเรียน โดยในขั้นนี้ผู้วิจัยจะเน้นเป็นพิเศษ ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 จะกระตุ้นให้นักเรียนที่นำเสนอแนวคิด อธิบาย "ขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหา" ของตนเองอย่างละเอียดและเป็นเหตุเป็นผล โดยไม่เพียงแค่บอกคำตอบ แต่ต้องอธิบายว่า "ทำไมถึงทำเช่นนั้น" และ "เชื่อมโยงความรู้ใดมาใช้" ในแต่ละขั้นตอน รวมไปถึงการส่งเสริมให้เพื่อนร่วมชั้นตั้งคำถามเกี่ยวกับ "ขั้นตอนการดำเนินการ" ของผู้นำเสนอ เพื่อสร้างการอภิปรายที่ลึกซึ้งและกระตุ้นการคิดเชิงวิเคราะห์ และผู้วิจัยจะช่วยเชื่อมโยงและสรุป "หลักการดำเนินการ" ที่มีประสิทธิภาพที่ได้จากการอภิปราย เพื่อให้นักเรียนเข้าใจและนำไปปรับใช้ได้

ขั้นที่ 4 การเชื่อมโยงและสรุปแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยจะมุ่งเน้นการตรวจสอบและอธิบายผลเป็นพิเศษ ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ผู้วิจัยจะกำหนดให้มีกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียน "ตรวจสอบผลลัพธ์" และ "อธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบ" อย่างเป็นระบบมากขึ้น เช่น การให้ตรวจสอบย้อนกลับ หรือการให้เปรียบเทียบคำตอบกับข้อมูลในโจทย์ และผู้วิจัยจะเน้นย้ำถึงความสำคัญของการตรวจสอบผลและนิสัยการทบทวน เพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงความถูกต้องและความรอบคอบในการแก้ปัญหาย่างสมบูรณ์จากผล

ในวงจรนี้ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10-12 โดยในแต่ละแผนมีการออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่ท้าทาย เชื่อมโยงกับชีวิตจริง และกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการตรวจสอบคำตอบของตนเอง อธิบายแนวคิดอย่างเป็นระบบ และสรุปความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งใช้การอภิปรายร่วมในชั้นเรียนเพื่อเปรียบเทียบแนวคิดที่หลากหลายและเชื่อมโยงองค์ความรู้ในมิติที่ลึกซึ้งกว่าเดิม

2. ขั้นปฏิบัติการ (Action)

ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบเปิด ตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 ปริมาตรกรวย

กิจกรรมเรื่อง ขนมกรวย ขนมหอย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11 ปริมาตรของทรงกลม กิจกรรมเรื่อง มีพื้นที่เท่าไรนะ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 ปริมาตรทรงกลม กิจกรรมเรื่อง ลูกบอลมหัศจรรย์ โดยมีแนวทางการจัดกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ฝึกการวางแผนและการดำเนินการแก้ปัญหา ผ่านการเผชิญสถานการณ์ในรูปแบบของโจทย์ปัญหาชีวิตจริง (Realistic Problems) ที่มีความท้าทาย และเชื่อมโยงกับประสบการณ์ของนักเรียน ในแต่ละคาบเรียน ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมตามขั้นตอนของวิธีการเรียนรู้แบบเปิด ทั้ง 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open-ended problem) โดยผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เช่น การคำนวณปริมาตรของขนมกรวยในกิจกรรม "ขนมกรวย ขนมหอย", การหาพื้นที่ผิวของทรงกลมในกิจกรรม "มีพื้นที่เท่าไรนะ", และการหาปริมาตรทรงกลมในกิจกรรม "ลูกบอลมหัศจรรย์" เพื่อสร้างความใกล้ชิดกับนักเรียนและกระตุ้นแรงจูงใจในการแก้ปัญหา นักเรียนได้รับการส่งเสริมให้ตั้งคำถาม แสดงความคิดเห็น และตั้งสมมติฐานต่อสถานการณ์ปัญหาเหล่านั้นอย่างอิสระ

ขั้นที่ 2 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน (Student's self-learning) โดยนักเรียนทำงานเป็นกลุ่มหรือรายบุคคลเพื่อคิดวิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหา โดยไม่มีการจำกัดวิธีการ พร้อมทั้งจดบันทึกวิธีคิดของตนเองอย่างมีลำดับขั้น ผู้วิจัยทำหน้าที่สังเกตพฤติกรรม การวางแผน และวิธีการคำนวณของนักเรียนอย่างใกล้ชิด พร้อมทั้งจดบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ภายหลัง

ขั้นที่ 3 ขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดในชั้นเรียน (Whole Class Discussion and Comparison) โดยผู้วิจัยให้นักเรียนร่วมกันนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา แลกเปลี่ยนความคิดเห็น เปรียบเทียบวิธีคิดหลากหลาย และอภิปรายข้อดีข้อจำกัดของแต่ละวิธี นักเรียนร่วมกันนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่ตนเองได้ดำเนินการ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น เปรียบเทียบข้อดีข้อจำกัดของแต่ละแนวทาง ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการอภิปราย สนับสนุนให้นักเรียนอธิบายเหตุผลของตนเอง ยกตัวอย่างเพิ่มเติม และเชื่อมโยงแนวคิดระหว่างกัน เพื่อส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 4 ขั้นสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (Summing-up by connecting students' emergent mathematical ideas) โดยผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิดหลักที่เกิดขึ้นจากกิจกรรม เช่น ความสัมพันธ์ที่ทำให้เกิดสูตรในการหาค่าพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปทรงต่างๆ เช่น ปริมาตรทรงกระบอก กรวย และทรงกลม ที่มีรัศมีของฐานกรวย ฐานทรงกระบอก และรัศมีทรงกลมเท่ากัน โดยผู้วิจัยชี้ให้เห็นความสำคัญของการวางแผนที่ชัดเจนในแต่ละขั้นตอนของการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเชื่อมโยงแนวคิดสู่บริบทอื่น ๆ เพื่อส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจที่ยั่งยืน

หลังจากดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 3 แผนในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ผู้วิจัยได้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 4 มีจำนวน 3 ข้อ คะแนนเต็ม 24 คะแนน และใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ทำการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทุกคน

3. ขั้นสังเกตการณ์ (Observation)

นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นประเภทอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ซึ่งในแต่ละข้อวัดความสามารถในการแสดงวิธีหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยวัดได้จากการตอบคำถามในแต่ละขั้น ดังนี้ 1) การทำความเข้าใจปัญหา 2 คะแนน 2) การหาแนวทางการแก้ปัญหา 2 คะแนน 3) การดำเนินการแก้ปัญหา 2 คะแนน และ 4) การตรวจสอบผล 2 คะแนน คะแนนรวม 24 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนการแก้ปัญหาจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นรายบุคคล ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 16 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 เป็นรายบุคคล

คนที่	ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์				คะแนน รวม (24)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน
	ขั้นที่ 1 (6)	ขั้นที่ 2 (6)	ขั้นที่ 3 (6)	ขั้นที่ 4 (6)			
1	4	3	3	0	10	41.67	ไม่ผ่าน
2	5	4	5	5	19	79.17	ผ่าน
3	5	4	5	4	18	75.00	ผ่าน
4	5	4	4	4	17	70.83	ผ่าน
5	4	4	4	4	16	66.67	ไม่ผ่าน
6	5	3	4	1	13	54.17	ไม่ผ่าน
μ	4.67	3.67	4.17	3.00	15.50	64.58	-
ร้อยละ	77.78	61.11	69.44	50.00	-	-	-
σ	0.47	0.47	0.69	1.83	3.10	12.90	-

จากตาราง 16 พบว่า ผลคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 4 มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 3 คน คิดเป็น

ร้อยละ 50 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

เมื่อพิจารณาจากภาพรวมพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ย 15.50 คิดเป็นร้อยละ 64.58 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.67 คิดเป็นร้อยละ 77.78 ของคะแนนเต็ม ขั้นที่ 2 ขั้ววางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 3.67 คิดเป็นร้อยละ 61.11 ของคะแนนเต็ม ขั้นที่ 3 ขั้วดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.17 คิดเป็นร้อยละ 69.44 ของคะแนนเต็ม และขั้นที่ 4 ขั้วตรวจสอบผล นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 3.00 คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของคะแนนเต็ม ซึ่งเห็นได้ว่าในขั้นที่ 2 ขั้นที่ 3 และขั้นที่ 4 อยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และยังพบว่ามึนักเรียนจำนวน 3 คน คือนักเรียนคนที่ 1 คนที่ 5 และคนที่ 6 มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

โดยผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลในการเขียนคำตอบและการประเมินผลการทดสอบ จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนบางข้อของนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดและสูงสุด ดังภาพประกอบต่อไปนี้

2. โกลบิณเฝ้าสวนกล้วยาวประมาณ 12,640 กิโลเมตร จงหาความยาวของเส้นศูนย์สูตร และพื้นที่ผิวโลก

ขั้นที่ 1 ขั้วทำความเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่งที่ต้องหาทราบ
ความยาวของเส้นศูนย์สูตร, พื้นที่ผิวโลก

1.2 สิ่งที่เกี่ยวข้องกัน
ความยาวของเส้นศูนย์สูตร, พื้นที่ผิวโลก

ขั้นที่ 2 หาแนวทางการแก้ปัญหา (เขียนหรือความรู้ที่ต้องการในการหาคำตอบ)
หาความยาวของเส้น 4/11

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

ภาพประกอบ 13 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 4

จากภาพประกอบ 13 พบว่า นักเรียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและสิ่งที่โจทย์กำหนดได้ ไม่ครบถ้วน นักเรียนควรระบุเพิ่มเติมว่า “พื้นที่ผิวโลกหรือหาพื้นที่ผิวทรงกลม และความยาวของเส้นศูนย์สูตรหรือเส้นรอบวงของทรงกลม” แต่ในส่วนของขั้นที่ 2 วางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนยังระบุไม่ครบถ้วนเพิ่มเติมจากการวาดภาพ ว่า “ 1. ต้องหารัศมีจากเส้นผ่านศูนย์กลาง 2. หาพื้นที่ผิวทรงกลมจากสูตร $4\pi r^2$ 3.หาเส้นศูนย์สูตรได้จากสูตรเส้นรอบวงคือ $2\pi r$ ” และในขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหานักเรียนมีการเขียนสูตรพื้นที่ผิวทรงกลมมา แต่ไม่ได้ดำเนินการต่อให้เสร็จจนไปถึงขั้นตรวจสอบผล

2. โคมมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวประมาณ 12,640 กิโลเมตร จงหาความยาวของเส้นศูนย์สูตร และพื้นที่ผิวโลก

ขั้นที่ 1 ขั้นตอนการเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่งที่ต้องทราบคือ หาอะไร
- หาพื้นที่ผิวโลก (หาจากสูตร) , ความยาวเส้นศูนย์สูตร

1.2 สิ่งที่ต้องกำหนดให้
- เส้นผ่านศูนย์กลางของโคม

ขั้นที่ 2 หาแนวทางการแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

- 1. หาเส้นผ่านศูนย์กลาง หาร 2

- 2. หาเส้นศูนย์สูตร

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

พื้นที่ผิวของทรงกลม = $4\pi r^2$

= $4 \times (3.14) \times \left(\frac{12640}{2}\right)^2$

= $4 \times \pi \times 1591696$

= $1591696 \times 4 \times \pi$

เส้นศูนย์สูตร = 12640×2

= 25280

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

คำตอบ จึงทำ $1591696 \times 4 \times \pi$ ผลคือ ✓

เส้นศูนย์สูตร 12640×2 ผลคือ ✓

ภาพประกอบ 14 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 4

จากภาพประกอบ 14 พบว่า นักเรียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและสิ่งที่โจทย์กำหนดได้ ไม่ครบถ้วน นักเรียนควรระบุเพิ่มเติมว่า “พื้นที่ผิวโลกหรือหาพื้นที่ผิวทรงกลม และความยาวของเส้นศูนย์สูตรหรือเส้นรอบวงของทรงกลม” แต่ในส่วนของขั้นที่ 2 วางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนยังระบุไม่ครบถ้วนเพิ่มเติมว่า “ 1. ต้องหารัศมีจากเส้นผ่านศูนย์กลาง 2. หาพื้นที่ผิวทรงกลมจากสูตร $4\pi r^2$ 3.หาเส้นศูนย์สูตรได้จากสูตรเส้นรอบวงคือ $2\pi r$ ” ในขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหานักเรียนมีการหาพื้นที่ผิวโลกจากสูตรพื้นที่ผิวทรงกลมโดยแทนค่าได้ถูกต้องครบถ้วน จนนำไปสู่ขั้นที่

4 ตรวจสอบผลในส่วนของพื้นที่ผิวโลก แต่ไม่ได้ครบถ้วนเนื่องจากไม่ดำเนินการในส่วนของเส้นศูนย์สูตรของโลก

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจ

ในขั้นนี้เป็นการทำความเข้าใจปัญหาที่จะแก้ โดยนักเรียนต้องอ่านโจทย์และทำความเข้าใจปัญหาที่จะแก้ให้ชัดเจน จะต้องระบุสิ่งที่โจทย์ถามและสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในขั้นตอนต่อไป ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ คือแม้นักเรียนส่วนใหญ่จะสามารถทำความเข้าใจโจทย์ได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังพบปัญหาในการตีความความหมายของคำถามและคำสำคัญในสถานการณ์ปัญหา เช่น ให้หาเส้นศูนย์สูตร นักเรียนส่วนใหญ่จำไม่ได้ว่าเส้นศูนย์สูตรหมายถึงอะไร เห็นได้จากการตอบของนักเรียน ดังนี้

“...ผมจำสูตรได้ครับตอนที่เราทดลอง แต่รอบนี้ผมว่ามันยากครู...”

(นักเรียนคนที่ 1, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ข้อปริมาตรกรวยง่ายมากค่ะ ส่วนข้อสุดท้ายคล้ายๆ กับที่หนูเคยไปสอบเลยคะครู แต่ข้อพื้นที่ทรงกลมหนูไม่รู้เลยว่าเส้นศูนย์สูตรคืออะไร ลืมคะครูเลยไม่ได้เขียนด้วย...”

(นักเรียนคนที่ 2, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ครูคะ หนูทำไม่ได้ข้อหนึ่ง หาได้แต่พื้นที่คะ เส้นศูนย์สูตรคืออะไร ตีบเลยคะ เลยเขียนแค่ที่รู้...”

(นักเรียนคนที่ 3, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูเกือบลืมนะคะว่าเส้นศูนย์สูตรคืออะไร ง่ายนะคะข้อนี้แค่เลขเยอะ แต่หนูตายข้อปริมาตรทรงกลมจำได้แต่สูตร คิดไม่ได้เลยคะ...”

(นักเรียนคนที่ 4, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ครูคะ หนูรู้เลยว่ามันให้หาอะไร อ่านโจทย์แล้วคิดว่าเป็นเรื่องอะไรกับที่เรียน...”

(นักเรียนคนที่ 5, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมพอรู้แล้วครับว่าต้องเขียนเกี่ยวกับสูตรพวกที่เรียนไปด้วยว่าเราจะหาอะไร...”

(นักเรียนคนที่ 6, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 2 ขั้ววางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้เป็นการระบุข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาและวางแผนการแก้ปัญหา ซึ่ง เป็นการประเมินการแก้ปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ หาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และความรู้ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งได้มาจากการศึกษาค้นคว้าหรือได้มาจากการประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ก่อน แล้วนำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์ หาหลักการและเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม เพื่อวางแผนการดำเนินงาน จัดลำดับขั้นตอนในการ แก้ปัญหา ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังมีความไม่

มั่นใจในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม แม้จะเข้าใจโจทย์ในระดับหนึ่งแต่ยังไม่สามารถวางแผนเป็นลำดับขั้นได้ชัดเจน หลายคนมีความลังเลระหว่างการเลือกใช้สูตรหรือขั้นตอนการคำนวณ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องเชื่อมโยงข้อมูลจากสถานการณ์จริงเข้ากับความรู้ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนบางคนพยายามใช้วิธีที่เคยเรียนมาก่อนแต่ไม่ได้พิจารณาความเหมาะสมกับสถานการณ์ใหม่ ส่งผลให้แผนการแก้ปัญหาล้มเหลวหรือคลาดเคลื่อนตั้งแต่ต้น เห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...ตอนแรกไม่แน่ใจว่าจะใช้สูตรอะไรครับ เลยลองนึกถึงที่เคยทดลองหาสูตร เขียนแต่สูตรลงไปทุกข้อเลยครับ...”

(นักเรียนคนที่ 1, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูน่าจะผิดข้อหนึ่งเลยคะ เพราะเส้นศูนย์สูตรหนูไม่รู้ว่ามันต้องวางแผนยังไง...”

(นักเรียนคนที่ 2, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูเข้าใจที่โจทย์ถามนะคะ ยกเว้นข้อเดียวเลยว่าเส้นศูนย์สูตรคืออะไร เลยไม่ได้วางแผนในคำถามนี้เลยคะ...”

(นักเรียนคนที่ 3, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูไม่ค่อยมั่นใจว่าเข้าใจโจทย์ถูกหรือเปล่าข้อสุดท้ายคะ แต่รู้ว่ารวมปริมาตร นึกเป็นสมการไม่ออกกลัวว่าจะวางแผนผิด...”

(นักเรียนคนที่ 4, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูพอจำสูตรได้คะ แต่ไม่แน่ใจว่าจะแบ่งปัญหาออกเป็นขั้นๆ ยังไง ตรงเส้นศูนย์สูตรกับข้อรวมปริมาตรคะ...”

(นักเรียนคนที่ 5, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมคิดออกอย่างหนึ่ง แต่ไม่แน่ใจว่ามันถูกหรือเปล่า แล้วก็ไม่ว่าต้องเริ่มตรงไหนก่อน เลยวางแผนแบบคร่าวๆ ไว้เฉยๆ ครับ...”

(นักเรียนคนที่ 6, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้เป็นการดำเนินการแก้ปัญหาด้วยตนเองของนักเรียน ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ แสดงวิธีทำ และคำนวณคำตอบตามแนวทางที่วางแผนไว้ ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ คือ แม้ว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถเริ่มต้นลงมือแก้ปัญหได้ตามแผนที่วางไว้ แต่พบว่ายังมี ความไม่แม่นยำในกระบวนการคำนวณและความเข้าใจสูตร เช่น จำสลับสูตรกันระหว่างพื้นที่ผิวของทรงกลมและปริมาตรทรงกลม สลับแทนค่าครบถ้วน หรือจัดลำดับการดำเนินการไม่ถูกต้อง นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนบางคนไม่สามารถเชื่อมโยงแผนที่วางไว้กับวิธีปฏิบัติจริงได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดความ

ลังเลในขณะลงมือทำ บางคนเปลี่ยนวิธีระหว่างทางโดยไม่มีเหตุผลแน่ชัด หรือเกิดความสับสนเมื่อผลลัพธ์ไม่เป็นไปตามที่คาด ทำให้ต้องย้อนกลับไปเริ่มใหม่โดยไม่เข้าใจปัญหาอย่างแท้จริง เห็นได้จากคำตอบ ดังนี้

“...วางแผนไว้แล้วว่าจะใช้สูตรนี้ แต่ตอนคำนวณไม่ได้ทำเลยครับคิดว่าโจทย์มันให้มาไม่ครบ...”

(นักเรียนคนที่ 1, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูทำตามแผนที่คิดไว้เลยคะ ยกเว้นปัญหาเดียวคือเส้นศูนย์สูตร น่าจะได้น้อยเพราะข้อนี้เลย...”

(นักเรียนคนที่ 2, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ครูคะ หนูทำเส้นศูนย์สูตรไม่ได้เลย แถมพื้นที่ผิวข้อนี้ ไม่รู้คิดเลขถูกไหมคะ...”

(นักเรียนคนที่ 3, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ครูคะ หนูแสดงข้อสามไม่ได้เลยเพราะหนูลืมไม่รู้จะเขียนสมการยังไง ตอนนี้อยู่แล้ว เสียหาย...”

(นักเรียนคนที่ 4, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูจำสูตรสลับกันข้อสองกับข้อสาม เลยลองสูตรเดียวอย่างน้อยก็จะได้ข้อหนึ่งข้อ...”

(นักเรียนคนที่ 5, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...มันใจนิดนึงครับตอนเขียนสูตร ผมแทนค่าแต่ผมไม่ได้คำนวณต่อจนจบ..”

(นักเรียนคนที่ 6, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

ในขั้นนี้เป็นการตรวจสอบผลที่ได้จากการคำนวณในขั้นตอนการแก้ปัญหาก่อนหน้านี้ ปัญหา ที่พบจากการสัมภาษณ์ คือ แม้นักเรียนบางคนจะสามารถคำนวณได้ถูกต้องในขั้นที่แล้ว แต่เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนของการตรวจสอบผล กลับไม่ได้ย้อนกลับไปตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบอย่างเป็นระบบ หรือ ไม่สามารถอธิบายเหตุผลรองรับคำตอบของตนเองได้ชัดเจน นักเรียนบางคนคิดว่าได้คำตอบแล้วก็ไม่ได้กลับไปดูว่า คำตอบนั้นสมเหตุสมผลหรือไม่ หน่วยถูกต้องหรือไม่ หรือสอดคล้องกับบริบทของโจทย์หรือไม่ เห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...รอบนี้ผมทำต่อแล้วมันไม่ออก ผมเลยไม่ได้ตอบเลยครับ ...”

(นักเรียนคนที่ 1, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ลองแทนค่ากลับเข้าไปในสมการที่เขียนคะดูว่าตรงกับที่หาได้มั้ย ยกเว้นข้อเส้นศูนย์สูตร...”

(นักเรียนคนที่ 2, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูว่ารอบนี้หนูน่าจะได้น้อยลงคะ เพราะคำนวณไม่รู้จะคูณมัย ไม่ได้ใช้คี่กรอบเลย เพราะมัวกังวลกับข้อที่สาม กลัวไม่ทันเวลาคะ...”

(นักเรียนคนที่ 3, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูคิดว่าคำนำจะคำนวณถูกเพราะบางข้อหนูติดตัวแปรรไว้แล้วใช้มันตัดกันค่ะ จะได้ไม่ต้องคิดเยอะ ส่วนข้อที่ไม่มั่นใจคือข้อสุดท้ายหนูเขียนสมการไม่ได้ เลยไม่ได้ตอบเลย...”

(นักเรียนคนที่ 4, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...รอบนี้หนูไม่ได้ตรวจคำตอบเลยคะ คิดเลขได้ตอบเลย...”

(นักเรียนคนที่ 5, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมไม่ค่อยแน่ใจว่าคำตอบที่ได้น่าจะใช้หรือเปล่า เพราะกลัวสูตรที่จำมันไม่ถูกต้องครับ ...”

(นักเรียนคนที่ 6, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

จากการสัมภาษณ์นักเรียนในการดำเนินการจัดกิจกรรมด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิว และปริมาตร สรุปได้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่ชอบการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง รู้สึกสนุกกับการคิดวิเคราะห์ในแบบที่ไม่จำกัดวิธี แม้นักเรียนยังคงมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้แบบเปิด และแสดงพฤติกรรมมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่อง แต่ปัญหาที่เกิดจากการสับสนสูตร และการจำข้อมูลไม่แม่นยำเป็นอุปสรรคสำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ ซึ่งควรได้รับการปรับปรุงในวงจรถัดไป ซึ่งเห็นได้ชัดจากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...ชอบมากครับครู ชอบที่ครูพาทดลองมากๆ มันเลยจำที่มาได้ เลยจำสูตรได้บ้างครับ...”

(นักเรียนคนที่ 1, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูชอบกิจกรรมที่ได้ทำของจริงค่ะ สนุกดี รู้สึกว่าเข้าใจง่ายกว่าตอนเรียนแบบปกติ ผิดที่หนูลืมทวนมาเลยไม่ค่อยมั่นใจค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 2, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูชอบกิจกรรมมากเลยคะ อย่างน้อยมันก็ทำให้รู้ที่มาสูตร ถ้าจำไม่ได้ก็ไปดูที่เราจดสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ค่ะ หนูก็จะไปทวนเอง...”

(นักเรียนคนที่ 3, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูชอบที่มันทำให้รู้ว่าสูตรที่เราเห็นมันมีที่มาค่ะ แล้วมันต่อเนื่องกัน ไม่ได้จำเยอะเลย...”

(นักเรียนคนที่ 4, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...มันดีที่ได้คุยกับเพื่อน ช่วยกันคิด หนูเข้าใจตอนทำกิจกรรม แต่พอมาสอบหนูตื่นเต้นลืมสูตรค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 5, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ชอบแบบนี้ครับ ชอบที่ครูให้ทำกับเพื่อน แล้วก็ชอบมากตอนที่ครูบอกเงื่อนไขของการตั้งชื่อกลุ่มสนุกมาก...”

(นักเรียนคนที่ 6, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

4. ขั้นสะท้อนผล (Reflection)

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรม แบบสัมภาษณ์นักเรียน และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 พบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ย 15.50 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 64.58 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ตั้งไว้ และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย และมีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย แม้ว่าคะแนนเฉลี่ยโดยรวมของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 4 จะลดลง และจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ลดน้อยลงเมื่อเทียบกับวงจรก่อนหน้า แต่จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ปัญหาหลักที่เกิดขึ้นในวงจรนี้ไม่ได้เกิดจากข้อบกพร่องของกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หรือการถดถอยของทักษะการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นของนักเรียนโดยตรง แต่เป็นผลมาจากการที่นักเรียนยังไม่สามารถประยุกต์ใช้สูตรคำนวณในสถานการณ์จริงที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงความสับสนในการใช้สูตรและการเชื่อมโยงแนวคิด ซึ่งสะท้อนว่าวิธีการจัดการเรียนรู้อย่างส่งเสริมพัฒนาการด้านกระบวนการคิดและแก้ปัญหาของนักเรียนในทิศทางที่ดีอยู่ เพียงแต่มีความท้าทายในด้านความรู้พื้นฐานและการประยุกต์ใช้เนื้อหาในบริบทที่แตกต่างออกไปจากที่คุ้นเคย โดยผู้วิจัยได้พบปัญหาที่สำคัญและจำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงพร้อมทั้งแนวทางการแก้ไขในวงจรปฏิบัติการต่อไป ดังนี้ 1) ความสามารถในการประยุกต์ใช้สูตรคำนวณในสถานการณ์จริง คือ นักเรียนยังคงมีความสับสนในการใช้สูตรคำนวณในบริบทที่หลากหลายและซับซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการแก้ปัญหาที่ต้องการการประยุกต์ใช้สูตรที่แตกต่างกันในสถานการณ์เดียวกัน ซึ่งบ่งชี้ว่านักเรียนยังขาดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในการเลือกและใช้สูตรที่เหมาะสม 2) ความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานและการแยกแยะ คือ นักเรียนบางส่วนยังสับสนระหว่างแนวคิดที่คล้ายคลึงกัน เช่น ปริมาตร และพื้นที่ผิวของทรงกลม และไม่สามารถใช้สูตรได้อย่างถูกต้องเมื่อข้อมูลไม่สมบูรณ์ หรือในสถานการณ์ที่ต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเลือกใช้สูตรที่เหมาะสม 3) การแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน คือ นักเรียนยังไม่สามารถใช้สูตรในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นได้ แม้จะมีความเข้าใจในกระบวนการแก้ปัญหา แต่เมื่อเผชิญกับโจทย์ที่ต้องคิดวิเคราะห์และเชื่อมโยงหลายขั้นตอน นักเรียนจะพบความท้าทายในการนำความรู้และทักษะที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ใช้อย่างเต็มที่

ตาราง 17 สรุปปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 4

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
1. ความสามารถในการประยุกต์ใช้สูตรคำนวณในสถานการณ์จริงของนักเรียนยังคงมีความสับสนในการใช้สูตรคำนวณในบริบทที่หลากหลายและซับซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการแก้ปัญหาที่ต้องการการประยุกต์ใช้สูตรที่แตกต่างกันในสถานการณ์เดียวกัน ซึ่งบ่งชี้ว่านักเรียนยังขาดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในการเลือกและใช้สูตรที่เหมาะสม	1. ครูจัดลำดับความซับซ้อนของปัญหาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ควรมีโจทย์ปัญหาที่ค่อยๆ เพิ่มระดับความซับซ้อนทีละน้อย เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกฝนการเชื่อมโยงความรู้และทักษะหลายอย่างเข้าด้วยกันอย่างเป็นขั้นตอน
2. ความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานและการแยกแยะของนักเรียนบางส่วนยังสับสนระหว่างแนวคิดที่คล้ายคลึงกัน เช่น ปริมาตรและพื้นที่ผิวของทรงกลม และไม่สามารถใช้สูตรได้อย่างถูกต้องเมื่อข้อมูลไม่สมบูรณ์ หรือในสถานการณ์ที่ต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเลือกใช้สูตรที่เหมาะสม	2. ครูผู้สอนส่งเสริม "การแตกปัญหา" โดยสอนให้นักเรียนมีทักษะในการ "แตกปัญหาใหญ่" ออกเป็น "ปัญหาย่อย ๆ" ที่สามารถแก้ไขได้ที่ละส่วน แล้วค่อยนำผลลัพธ์มารวมกัน เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างเป็นระบบ
3. การแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนของนักเรียนยังไม่สามารถใช้สูตรในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นได้ แม้จะมีความเข้าใจในกระบวนการแก้ปัญหา แต่เมื่อเผชิญกับโจทย์ที่ต้องคิดวิเคราะห์และเชื่อมโยงหลายขั้นตอน นักเรียนจะพบความท้าทายในการนำความรู้และทักษะที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ใช้อย่างเต็มที่	3. ครูผู้สอนควรเน้น "การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างขั้นตอน" โดยในขั้นตรวจสอบผล ผู้วิจัยจะกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบไม่เพียงแค่คำตอบสุดท้าย แต่ยังรวมถึงความสมเหตุสมผลและความสอดคล้องของแต่ละขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหาทั้งหมดด้วย

วงจรปฏิบัติการที่ 5

1. ขั้นวางแผน (Planning)

จากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ผู้วิจัยตระหนักว่า แม้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด จะยังคงส่งเสริมทักษะการคิดของนักเรียนไปในทิศทางที่ดี แต่ปัญหาสำคัญที่ทำให้คะแนนรวมลดลงคือข้อจำกัดของนักเรียนในการประยุกต์ใช้ความรู้เนื้อหาและสูตรคำนวณในสถานการณ์จริงที่มีความซับซ้อน รวมถึงความสับสนในแนวคิดพื้นฐานบางประการ เช่น ปริมาตรและพื้นที่ผิวของทรงกลม ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการแก้ปัญหาที่ต้องเชื่อมโยงหลายขั้นตอน

ดังนั้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 5 ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจเนื้อหาเชิงลึก การแยกแยะแนวคิดที่คล้ายคลึงกัน และความสามารถในการประยุกต์ใช้สูตรคำนวณอย่างมีประสิทธิภาพในสถานการณ์จริงที่มีความซับซ้อน โดยมีแนวคิดหลักคือ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้สู่การปฏิบัติ การสร้างความชัดเจนในแนวคิดพื้นฐาน และการพัฒนากลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนผ่านวิธีการแบบเปิด ดังนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open-ended problem) เน้นการทบทวนแนวคิดสำคัญก่อนเริ่ม ก่อนนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด ผู้วิจัยจะทบทวนแนวคิดพื้นฐานและสูตรคำนวณที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อนั้นๆ อย่างกระชับและตรงประเด็น โดยเน้นย้ำถึง "เงื่อนไขการใช้" และ "ความหมาย" ของแต่ละสูตร เพื่อเตรียมความพร้อมด้านเนื้อหาให้นักเรียนก่อนเผชิญปัญหาจริง และคัดเลือกสถานการณ์ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนประยุกต์ใช้สูตรหลากหลายรูปแบบ หรือต้องมีการแยกแยะแนวคิดที่คล้ายคลึงกัน เพื่อกระตุ้นให้คิดอย่างรอบคอบตั้งแต่เริ่มต้น

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตัวเองของนักเรียน (Student's self-learning) ผู้วิจัยจะส่งเสริมการวิเคราะห์โจทย์เชิงเนื้อหา พร้อมกระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์โจทย์เพื่อระบุว่าต้องใช้แนวคิดหรือสูตรใดบ้างในการแก้ปัญหา และพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ให้มา กับสูตรที่จะใช้ ให้คำแนะนำรายบุคคลหรือรายกลุ่มที่เน้นการช่วยเหลือนักเรียนในการ "แตกปัญหาใหญ่" ออกเป็น "ปัญหาย่อย ๆ" และ "จัดลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา" ที่ต้องใช้ความรู้จากหลายส่วน เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างเป็นระบบมากขึ้น และเตรียมสื่อประกอบการเรียนรู้ เช่น แผนภาพ สื่อรูปธรรม หรือตารางเปรียบเทียบ ที่ช่วยให้นักเรียนสามารถแยกแยะและทบทวนแนวคิดที่มักสับสนได้

ขั้นที่ 3 การอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดในชั้นเรียน (Whole Class Discussion and Comparison) ผู้วิจัยจะเน้นการอธิบาย "เหตุผลในการเลือกใช้สูตรและแนวคิด" โดยผู้วิจัยจะกระตุ้นให้นักเรียนที่นำเสนอแนวคิด อธิบายอย่างชัดเจนว่า "ทำไมถึงเลือกใช้สูตรนี้" "สูตรนี้เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาอย่างไร" และ "เชื่อมโยงความรู้จากส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันอย่างไร" เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจกระบวนการคิดและประยุกต์ใช้ ผู้วิจัยจะส่งเสริมให้นักเรียนเปรียบเทียบแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลาย โดยไม่เพียงเน้นที่คำตอบ แต่รวมถึงวิธีการเลือกใช้สูตร การลำดับขั้นตอน

และการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน เพื่อให้ได้เรียนรู้กลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจะช่วยสรุปประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้สูตร การแยกแยะแนวคิด และการเชื่อมโยงขั้นตอนที่ได้จากการอภิปราย

ขั้นที่ 4 การเชื่อมโยงและสรุปแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (Summing-up by connecting students' emergent mathematical ideas) ผู้วิจัยจะสร้างความเข้าใจที่มั่นคง โดยจะช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดที่หลากหลายที่ได้จากการแก้ปัญหาและอภิปรายเข้ากับหลักการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นสากล โดยเน้นย้ำถึงความสำคัญของความเข้าใจเนื้อหาเชิงลึก การประยุกต์ใช้ และการแยกแยะแนวคิดที่ถูกต้อง และกระตุ้นให้นักเรียนสรุปบทเรียนและสร้างข้อสรุปที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในอนาคตได้ และเน้นย้ำความสำคัญของการตรวจสอบความถูกต้องและสมเหตุสมผลของคำตอบ

ในวงจรนี้ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10-12 คือแผนของวงจรปฏิบัติการที่ 4 โดยการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 5 นี้มุ่งเน้นการเสริมสร้างความสามารถในการประยุกต์ใช้สูตรคำนวณในสถานการณ์จริง และการกระตุ้นให้นักเรียนฝึกฝนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น โดยการเพิ่มกิจกรรมที่มีความท้าทายและหลากหลาย ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้สูตรในการคำนวณและแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีขั้นตอนดังนี้

การปรับแผนการเรียนรู้ที่ 10 ปริมาตรกรวย (กิจกรรมเรื่อง ขนมกรวย ขนมไทย) ในแผนที่ 10 ซึ่งเน้นการคำนวณปริมาตรกรวยจากการประยุกต์ใช้สูตรในการคำนวณปริมาตรกรวยที่ใช้ในชีวิตจริง ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนยังมีความสับสนในการใช้สูตรนี้ในบริบทที่แตกต่างกัน จึงได้ปรับปรุงกิจกรรมโดยการเพิ่มโจทย์ที่มีความหลากหลายมากขึ้น เช่น การเปรียบเทียบปริมาตรกรวยในสถานการณ์ต่างๆ เช่น การคำนวณปริมาตรกรวยที่มีขนาดต่างกันในบริบทของการซื้อขนมกรวยในร้านต่างๆ ซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับการประยุกต์ใช้สูตรในชีวิตประจำวันมากขึ้น

การปรับแผนการเรียนรู้ที่ 11 ปริมาตรของทรงกลม (กิจกรรมเรื่อง มีพื้นที่เท่าไรนะ) ในแผนที่ 11 ซึ่งเน้นการคำนวณปริมาตรของทรงกลม ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมักจะสับสนระหว่างปริมาตรและพื้นที่ผิวของทรงกลม และไม่สามารถใช้สูตรได้อย่างถูกต้องในกรณีที่มีข้อมูลไม่สมบูรณ์ ดังนั้น จึงได้ปรับปรุงแผนการเรียนรู้โดยเพิ่มกิจกรรมที่เชื่อมโยงการใช้สูตรปริมาตรของทรงกลมกับสถานการณ์จริง เช่น การคำนวณปริมาตรของน้ำในถังทรงกลม หรือการคำนวณการใช้วัสดุห่อหุ้มทรงกลมเพื่อทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจและใช้สูตรได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

การปรับแผนการเรียนรู้ที่ 12 ปริมาตรทรงกลม (กิจกรรมเรื่อง ลูกบอลมหัศจรรย์) ในแผนที่ 12 ซึ่งเกี่ยวข้องกับการคำนวณปริมาตรของลูกบอลมหัศจรรย์ ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนยังไม่สามารถใช้สูตรในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนได้ ดังนั้นจึงมีการปรับปรุงโดยการเพิ่ม

กิจกรรมที่มีการใช้สูตรในการคำนวณในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น การคำนวณปริมาตรของลูกบอลหลายขนาดในกิจกรรมการกีฬา หรือการใช้ลูกบอลในรูปแบบต่างๆ เพื่อฝึกฝนการใช้สูตรให้เกิดความชำนาญและความเข้าใจ

2. ขั้นปฏิบัติการ (Action)

ในวงจรปฏิบัติการที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบเปิด ตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 ปริมาตรกรวย กิจกรรมเรื่อง ขนมหกรวย ขนมหไทย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11 ปริมาตรของทรงกลม กิจกรรมเรื่อง มีพื้นที่เท่าไรนะ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 ปริมาตรทรงกลม กิจกรรมเรื่อง ลูกบอลมหัศจรรย์ โดยมีแนวทางการจัดกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ฝึกการวางแผนและการดำเนินการแก้ปัญหา ผ่านการเผชิญสถานการณ์ในรูปแบบของโจทย์ปัญหาชีวิตจริง (Realistic Problems) ที่มีความท้าทายและเชื่อมโยงกับประสบการณ์ของนักเรียน ในแต่ละคาบเรียน ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมตามขั้นตอนของวิธีการเรียนรู้แบบเปิด ทั้ง 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open-ended problem) โดยผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน (Student's self-learning) โดยนักเรียนทำงานเป็นกลุ่มหรือรายบุคคลเพื่อคิดวิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหา โดยไม่มีการจำกัดวิธีการ พร้อมทั้งจัดบันทึกวิธีคิดของตนเองอย่างมีลำดับขั้น ผู้วิจัยทำหน้าที่สังเกตพฤติกรรม การวางแผน และวิธีการคำนวณของนักเรียน พร้อมทั้งจัดบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 3 ขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดในชั้นเรียน (Whole Class Discussion and Comparison) โดยผู้วิจัยให้นักเรียนร่วมกันนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา แลกเปลี่ยนความคิดเห็น เปรียบเทียบวิธีคิดหลากหลาย และอภิปรายข้อดีข้อจำกัดของแต่ละวิธี นักเรียนร่วมกันนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่ตนเองได้ดำเนินการ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น เปรียบเทียบข้อดีข้อจำกัดของแต่ละแนวทาง ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการอภิปราย สนับสนุนให้นักเรียนอธิบายเหตุผลของตนเอง ยกตัวอย่างเพิ่มเติม และเชื่อมโยงแนวคิดระหว่างกัน เพื่อส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 4 ขั้นสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (Summing-up by connecting students' emergent mathematical ideas) โดยผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิดหลักที่เกิดขึ้นจากกิจกรรม โดยผู้วิจัยชี้ให้เห็นความสำคัญของการวางแผนที่ชัดเจนในแต่ละขั้นของการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเชื่อมโยงแนวคิดสู่บริบทอื่น ๆ เพื่อส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจที่ยั่งยืน

หลังจากดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 3 แผนในวงจรปฏิบัติการที่ 5 ผู้วิจัยได้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถใน

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 5 มีจำนวน 3 ข้อ คะแนนเต็ม 24 คะแนน และใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ทำการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทุกคน

3. ขั้นสังเกตการณ์ (Observation)

นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นประเภทอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ซึ่งในแต่ละข้อวัดความสามารถในการแสดงวิธีหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยวัดได้จากการตอบคำถามในแต่ละขั้น ดังนี้ 1) การทำความเข้าใจปัญหา 2 คะแนน 2) การหาแนวทางการแก้ปัญหา 2 คะแนน 3) การดำเนินการแก้ปัญหา 2 คะแนน และ 4) การตรวจสอบผล 2 คะแนน คะแนนรวม 24 คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนการแก้ปัญหาจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นรายบุคคล ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 18 แสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 5 เป็นรายบุคคล

คนที่	ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์				คะแนน รวม (24)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน
	ขั้นที่ 1 (6)	ขั้นที่ 2 (6)	ขั้นที่ 3 (6)	ขั้นที่ 4 (6)			
1	5	4	3	1	13	54.17	ไม่ผ่าน
2	6	5	6	6	23	95.83	ผ่าน
3	6	5	6	6	23	95.83	ผ่าน
4	5	6	6	6	23	95.83	ผ่าน
5	5	5	5	5	20	83.33	ผ่าน
6	4	4	4	4	16	66.67	ไม่ผ่าน
μ	5.17	4.83	5.00	4.67	19.67	81.94	-
ร้อยละ	86.11	80.56	83.33	77.78	-	-	-
σ	0.69	0.69	1.15	1.80	3.90	16.26	-

จากตาราง 18 พบว่า ผลคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 5 มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

เมื่อพิจารณาจากภาพรวมพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ย 19.67 คิดเป็นร้อยละ 81.94 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 5.17 คิดเป็นร้อยละ 86.11 ของคะแนนเต็ม ขั้นที่ 2 ขั้ววางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.83 คิดเป็นร้อยละ 80.56 ของคะแนนเต็ม ขั้นที่ 3 ขั้วดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 5.00 คิดเป็นร้อยละ 83.33 ของคะแนนเต็ม และขั้นที่ 4 ขั้วตรวจสอบผล นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.67 คิดเป็นร้อยละ 77.78 ของคะแนนเต็ม ซึ่งเห็นได้ว่าในขั้นที่ 1 ขั้นที่ 2 ขั้นที่ 3 และขั้นที่ 4 มีคะแนนเฉลี่ยแต่ละขั้นสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แต่พบว่ามีนักเรียนจำนวน 2 คน คือนักเรียนคนที่ 1 และคนที่ 6 ยังมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

โดยผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลในการเขียนคำตอบและการประเมินผลการทดสอบ จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนบางข้อของนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดและสูงสุด ดังภาพประกอบต่อไปนี้

2. ต้องการหาจำนวนคนในหมู่บ้านเป็นครั้งแรกของหมู่บ้าน มีบ้านอยู่กี่หลัง จากข้อมูลข้างบนยกยาว 35 เซนติเมตร จะต้องใช้เงินกี่บาทในการซื้อบ้าน (ในกรณีบ้านของแม่บ้าน)

ขั้นที่ 1 ขั้วทำความเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่งที่ต้องการทราบ

คือ จำนวนเงินที่ต้องจ่าย

1.2 สิ่งที่ยกหนดให้

คือ จำนวนเงินที่ต้องจ่าย 35 เซนติเมตร

ขั้นที่ 2 หาแนวทางการแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

จากข้อมูลข้างบนยกยาว 4×11^2

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

$$4 \times 11^2 = 4 \times 22 \times 17.5^2$$

17.5
22.5
2
15
14
10

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

ภาพประกอบ 15 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 5

จากภาพประกอบ 15 พบว่า ในขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจ นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและสิ่งที่โจทย์กำหนดได้ครบถ้วน แต่ในส่วนของขั้นที่ 2 วางแผนหาแนวทางการ

แก้ปัญหา นักเรียนยังระบุไม่ครบควรเพิ่มเติม ว่า “ 1. ต้องหารัศมีจากเส้นผ่านศูนย์กลาง 2. หาพื้นที่ผิวทรงกลมจากสูตร $4\pi r^2$ ” และในขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหานักเรียนมีการเขียนสูตรพื้นที่ผิวทรงกลมมา แต่ไม่ได้ดำเนินการต่อให้เสร็จจนไปถึงขั้นตรวจสอบผล

2. ต้องการหาค้นหาขนาดใดให้มีรูปเป็นรูปทรงกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางวัดจากขอบชั้นภายในถาวร 35 เซนติเมตร จะต้องใช้แผ่นไม้ที่ความหนาเท่าไรบ้าง (ไม่คิดส่วนขอบแผ่นไม้)

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่งที่ต้องทราบ

→ เส้นผ่าศูนย์กลาง = 35 เซนติเมตร (จุดประสงค์)

1.2 สิ่งที่ต้องหา

→ ความหนาของแผ่นไม้ = 35

ขั้นที่ 2 หาแนวทางการแก้ปัญหา (ระบุหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

1. หาครึ่งเส้นผ่าศูนย์กลาง $4\pi r^2$ คูณด้วยค่าคงที่ของทรงกลม

2. หา r (ครึ่ง)



ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ให้ $D = 35$, $r = 35$ =

$4\pi r^2 = 4 \times 3.14 \times 35^2$

$= 4 \times 3.14 \times 1225$

$= 4 \times 3878.5$

$= 15514$

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

ผล = 15514

ภาพประกอบ 16 ตัวอย่างการประเมินคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดของวงจรปฏิบัติการที่ 5

จากภาพประกอบ 16 พบว่า นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและสิ่งที่โจทย์กำหนด ในขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา และสามารถดำเนินการวางแผนในขั้นที่ 2 วางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน มีลำดับขั้นตอน อีกทั้งในการดำเนินการในขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหานักเรียนสามารถดำเนินการตามแผนที่ระบุไว้ ตลอดจนขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลนักเรียนสามารถทำได้ครบถ้วนทั้งหมด

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจ

ในขั้นนี้เป็นการทำความเข้าใจปัญหาที่จะแก้ โดยนักเรียนต้องอ่านโจทย์และทำความเข้าใจปัญหาที่จะแก้ให้ชัดเจน จะต้องระบุสิ่งที่โจทย์ถามและสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในขั้นตอนต่อไป ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ คือนักเรียนส่วนใหญ่สามารถจับประเด็นของโจทย์ได้ค่อนข้างดี อย่างไรก็ตาม ยังมีนักเรียนบางคนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน ขาดความมั่นใจในการ

เริ่มต้นแก้ปัญหา และยังมีความลังเลเมื่อเผชิญกับโจทย์ปลายเปิด ซึ่งส่งผลให้เกิดความสับสนในขั้นตอนแรกของการแก้ปัญหา เห็นได้จากการตอบของนักเรียน ดังนี้

“...รอบนี้ผมมั่นใจมากกว่าชั้นนี้ผมต้องมีคะแนน เพราะผมรู้แล้วว่าเราเรียนเรื่องอะไร...”

(นักเรียนคนที่ 1, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ทำได้ค่ะครู หนูก็ทวนด้วย มั่นใจว่ารอบนี้มาก...”

(นักเรียนคนที่ 2, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ครูคะ ง่ายกว่ารอบที่แล้วมาก หนูกลัวมากเลยทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้อีกรอบทุกอันเลย...”

(นักเรียนคนที่ 3, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ชีวะ ๆ ค่ะครู รอบนี้น่าจะเขียนแบบไม่ลืมนะคะ...”

(นักเรียนคนที่ 4, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูทำได้ ข้อขึ้นหนูเกือบลืมนะคะว่ามันแค่ครึ่งใบ กลัวลืมนะ เลยเขียนเน้นค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 5, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมซั้วมากครับว่ามันเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน...”

(นักเรียนคนที่ 6, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 2 ขั้ววางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้เป็นการระบุข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาและวางแผนการแก้ปัญหา ซึ่ง เป็นการประเมินการแก้ปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ หาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และความรู้ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งได้มาจากการศึกษาค้นคว้าหรือได้มาจากการประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ก่อน แล้วนำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์ หาหลักการและเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม เพื่อวางแผนการดำเนินงาน จัดลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ คือ นักเรียนบางคนยังขาดทักษะในการจัดลำดับขั้นตอนและเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ แม้จะเข้าใจโจทย์ในเบื้องต้น แต่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสถานการณ์ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังมีนักเรียนบางส่วนที่ประสบปัญหาในการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหายังเป็นระบบ นักเรียนบางคนสามารถระบุได้ว่าต้องใช้สูตรหรือวิธีการใด แต่ไม่สามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลในโจทย์ได้อย่างชัดเจน หรือยังมีความลังเลในการเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม เช่น การเขียนแบบกว้างๆ เห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...ตอนหนูเห็นโจทย์ ผมจำได้ว่าเคยเรียนสูตรนี้ ก็เลยจะลองใช้เลย แต่ไม่แน่ใจว่าต้องเริ่มจากตรงไหน

ก่อน เลยเขียนไว้เฉย ๆ...”

(นักเรียนคนที่ 1, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูเห็นโจทย์แล้วลองสรุปในใจว่าต้องคิดอะไรบ้าง หนูก็เขียนแผนไว้เลยว่าให้หาอะไรบ้างค่ะ อ่านหลายรอบจะได้แน่ใจไม่โดนโจทย์หลอก...”

(นักเรียนคนที่ 2, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูเขียนลำดับขั้นตอนไว้อย่างชัดเจนค่ะ เริ่มจากวิเคราะห์หน่วยก่อน แล้วก็ดูว่าใช้สูตรอะไร จากนั้นก็แทนค่า หนูคิดล่วงหน้าไว้เลยว่าจะเปรียบเทียบผลลัพธ์ยังไง...”

(นักเรียนคนที่ 3, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูวาดภาพออกมาก่อน แล้วค่อยดูว่าโจทย์ให้ค่าตัวไหนบ้าง หนูก็เลยวางแผนเป็นข้อๆ...”

(นักเรียนคนที่ 4, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูเขียนวางแผนไว้แบบเป็นข้อ ๆ แต่หนูยังไม่มั่นใจบางอัน ดินะคะเห็นก่อน มันมีข้อหนึ่งให้หาพื้นที่ผิวแค่ครึ่งเดียวค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 5, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมลองใช้วิธีเขียนสูตรไว้ก่อนครับ กลัวลืม แล้วดูที่โจทย์ถามแล้วค่อยเรียงใหม่...”

(นักเรียนคนที่ 6, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้เป็นการดำเนินการแก้ปัญหาด้วยตนเองของนักเรียน ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ แสดงวิธีทำ และคำนวณคำตอบตามแนวทางที่วางแผนไว้ ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ คือ นักเรียนหลายคนสามารถคำนวณได้อย่างถูกต้องและตามแผนที่วางไว้ โดยเฉพาะนักเรียนที่มีคะแนนสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อเข้าใจสูตรและขั้นตอนการคำนวณอย่างชัดเจนแล้ว นักเรียนสามารถดำเนินการได้สำเร็จโดยไม่มีข้อผิดพลาด แต่ยังมีนักเรียนในบางส่วนที่มีความผิดพลาดในการคำนวณหรือทำไปแล้วทำต่อไม่ได้เห็นได้จากการคำตอบ ดังนี้

“...ผมจำสูตรได้ แต่ว่าเวลาคำนวณมันไม่ตรงตามที่คิดไว้ ตอนแรกคิดว่าจะได้คำตอบที่ง่ายกว่านี้ แต่ผมว่าผมโอเคกว่ารอบที่แล้วมากๆ ครับ...”

(นักเรียนคนที่ 1, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูทำตามทีเขียนไว้เลยนะคะ มันใจมาก เพราะทวนมาด้วย คำนวณออกมาถูกทุกขั้นตอนเลย...”

(นักเรียนคนที่ 2, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูทำตามทีเขียนไว้ แล้วก็ทำตามสูตรเลยนะคะ มันมีข้อหนึ่งที่ถามแค่ครึ่งเดียว ก็เขียนไว้แล้วนะคะ แต่เกือบหาร 2 เลย...”

(นักเรียนคนที่ 3, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูเช็กค่าต่าง ๆ ก่อนคำนวณค่ะ กลัวโดนโจทย์หลอก คิดว่ารอบนี้ไม่มีผิดค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 4, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...พอทำไปหนูเริ่มรู้สึกว่าการคำนวณไม่ได้ผลตามที่คิด รอบนี้มั่นใจค่ะ แต่กลัวคิดเลขไม่ถูกเพราะไม่ได้ทวนสักข้อเลยคะ...”

(นักเรียนคนที่ 5, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...มั่นใจนิดนึงเหมือนเดิมครับ แต่รอบนี้แสดงวิธีทำสุดท้ายข้อนี้คะ...”

(นักเรียนคนที่ 6, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบผล

ในขั้นนี้เป็นการตรวจสอบผลที่ได้จากการคำนวณในขั้นตอนการแก้ปัญหาก่อนหน้านี้ ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ คือ นักเรียนส่วนใหญ่ที่ได้คะแนนสูง สามารถสรุปผลได้อย่างมั่นใจและอธิบายคำตอบได้ดีตามที่คำนวณไป แต่ยังมีนักเรียนบางคนที่มีปัญหาเกี่ยวกับการอธิบายคำตอบ โดยเฉพาะในส่วนของ การตรวจสอบคำตอบและการเชื่อมโยงแนวคิดให้ชัดเจน ทำให้คำตอบที่ได้ดูไม่แน่ใจหรือลืมนำไปบางส่วน เห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...ผมเขียนตอบตามที่แสดงวิธีทำเลยครับ คิดว่าคิดเลขคนเดียวไม่ถูก...”

(นักเรียนคนที่ 1, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ง่ายกว่ารอบที่แล้วคะ เข้าใจ แล้วก็หวั่นๆมากตอนตอบคะ...”

(นักเรียนคนที่ 2, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ทุกอันเป็นตามที่คิดเลยคะ แต่ว่ารู้สึกว่ามันง่ายไป จะถูกไหม...”

(นักเรียนคนที่ 3, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูคิดว่าคำนำจะคิดเลขถูกนะคะ เพราะมันเหมือนกิจกรรมที่เราทำกันเลยถ้าจำสูตรได้...”

(นักเรียนคนที่ 4, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ตอนแรกมีบางข้อที่ไม่มั่นใจคะ แต่มีเวลาดูอีกรอบคิดว่าทำได้คะ มั่นใจขึ้น...”

(นักเรียนคนที่ 5, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมแทนคำออกตั้งข้อนี้ครับ ...”

(นักเรียนคนที่ 6, 12 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

จากการสัมภาษณ์นักเรียนในการดำเนินการจัดกิจกรรมด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร สรุปได้ว่า นักเรียนรู้สึกว่าได้เรียนรู้และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น โดยไม่รู้สึกเหมือนกับการเรียนแบบเดิมที่ต้องทำตามขั้นตอนที่ครูสอนเท่านั้น แต่สามารถคิดและแก้ปัญหาด้วยตัวเองได้ นอกจากนี้ การทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จริงยังทำให้นักเรียนเข้าใจคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้นและมีความมั่นใจในการแก้ปัญหามากขึ้น อีกทั้งนักเรียนยังรู้สึกสนุกกับการเรียนในรูปแบบนี้ ซึ่งทำให้การเรียนรู้ไม่รู้สึกเบื่อหน่ายหรือเครียดมากเกินไป นมีความมั่นใจในความสามารถในการแก้ปัญหามากขึ้น เห็นได้จากการเข้าใจและอธิบายคำตอบได้ดีขึ้น รวมทั้งมีการเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ดีกว่าเดิม ซึ่งเห็นได้ชัดจากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...ผมชอบตรงที่ได้ทดลอง ได้ตอบคำถามกับครู คาคการณ์ไปก่อนว่าจะเป็นอย่างไง สุดท้ายก็มาทดลองดูครับ...”

(นักเรียนคนที่ 1, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูคิดว่าวิธีนี้ทำให้หนูเข้าใจโจทย์และแก้ปัญหาได้ดีขึ้นค่ะ ปกติแล้วสอบแต่ท่องสูตรค่ะ แบบนี้มีทดลองที่มาสูตรด้วย คิดว่าได้เรียนรู้มากกว่าการเรียนแบบเดิม ๆ ได้คิดและพยายามหาคำตอบด้วยตัวเองค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 2, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูชอบวิธีการนี้ค่ะ เพราะมันทำให้หนูไม่รู้สึกเครียดเวลาเรียน ได้แก้ปัญหา เรียงลำดับก่อนหลัง ถ้าทำได้จะง่ายมากค่ะ เวลาทำกิจกรรมถ้ากลุ่มเราไม่ถูกครูก็จะเทียบกับเพื่อนอีกกลุ่มค่ะ ชอบลื่นไหลในกลุ่มไหนถูกต้องกว่า...”

(นักเรียนคนที่ 3, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...หนูรู้สึกว่ามันเป็นการเรียนที่ไม่ยากเท่าที่คิดค่ะ เข้าใจบทเรียนได้ดีขึ้น จากตอนที่ครูพาทดลอง เหมือนกับเป็นการเรียนที่สนุกและเข้าใจได้ง่ายขึ้นค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 4, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ชอบที่ได้คิดกับเพื่อนค่ะ ไม่ต้องกังวลว่าครูเข้ามาจะบวกลบเลขอะไร แต่เหมือนได้ทำ ได้ประดิษฐ์ ได้คิดกับเพื่อน...”

(นักเรียนคนที่ 5, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

“...ผมชอบที่เป็นแบบนี้ครับ ลื่นด้วยเวลาเข้ากลุ่มว่าจะอยู่แบบไหน ได้ช่วยกันเขียนนำเสนอ กับช่วยคิดครับ แต่ผมยังไม่ค่อยกล้าเป็นคนนำเสนอ...”

(นักเรียนคนที่ 6, 18 มีนาคม 2568: สัมภาษณ์)

4. ชั้นสะท้อนผล (Reflection)

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรม แบบสัมภาษณ์นักเรียน และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 5 พบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ย 19.67 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.94 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในบรรดาวงจรปฏิบัติการทั้งหมด และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ตั้งไว้อย่างชัดเจน มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 2 คน (คือนักเรียนคนที่ 1 และคนที่ 6) คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย เมื่อพิจารณาในแต่ละขั้นของกระบวนการแก้ปัญหา พบว่า ในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 5.17 คิดเป็นร้อยละ 86.11 ของคะแนนเต็ม ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.83 คิดเป็นร้อยละ 80.56 ของคะแนนเต็ม

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 5.00 คิดเป็นร้อยละ 83.33 ของคะแนนเต็ม และ ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.67 คิดเป็นร้อยละ 77.78 ของคะแนนเต็ม ซึ่งเห็นได้ว่าในทุกขั้นของกระบวนการแก้ปัญหาทั้ง 4 ขั้นตอน มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ทั้งสิ้น สะท้อนให้เห็นถึงพัฒนาการที่เด่นชัดของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในด้านทักษะกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าผลคะแนนเฉลี่ยโดยรวมและรายชั้นจะอยู่ในระดับสูง แต่จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกยังพบว่ามึนักเรียนจำนวน 2 คน คือนักเรียนคนที่ 1 และคนที่ 6 ที่ยังคงมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งชี้ให้เห็นถึงประเด็นปัญหาที่ผู้วิจัยได้พบ และจำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงพร้อมทั้งแนวทางการแก้ไขใน ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 19 สรุปปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 5

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
1. ปัญหาในการบรรลุผลที่คาดหวังสำหรับนักเรียนบางรายที่มีพื้นฐานต่างกัน คือ แม้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเปิดจะส่งเสริมพัฒนาการของนักเรียนส่วนใหญ่ได้อย่างดีเยี่ยม แต่ยังคงมีนักเรียนบางรายที่อาจต้องการการสนับสนุนที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้นในการก้าวข้ามข้อจำกัดด้านพื้นฐานความรู้หรือกลยุทธ์การเรียนรู้ส่วนบุคคลเพื่อทำคะแนนให้ผ่านเกณฑ์อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งบ่งชี้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้ควรได้รับการปรับเสริมให้มีความยืดหยุ่น และสามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในอนาคต	1. ครูควรจัดการการเรียนรู้ที่ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลและการให้ความช่วยเหลือแบบเฉพาะเจาะจง มีการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และแบบฝึกหัดเสริมที่สามารถปรับระดับความยาก-ง่าย หรือวิธีการนำเสนอให้เหมาะสมกับพื้นฐานและความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคน เช่น การจัดการเรียนรู้แบบปรับความแตกต่าง และ การสอนซ่อมเสริมเชิงรุก โดยเน้นการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่แท้จริงของนักเรียนเป็นรายบุคคล และให้คำแนะนำที่ตรงจุด เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจในแนวคิดพื้นฐานและทักษะที่เป็นจุดอ่อนอย่างมั่นคง พร้อมทั้งส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกันผ่าน การใช้กลุ่มเพื่อนช่วยเพื่อน โดยมีครูเป็นผู้กำกับดูแล เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และช่วยเหลือซึ่งกันและกันอย่างมีประสิทธิภาพ

ตาราง 19 (ต่อ)

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
2. ความสามารถในการให้เหตุผลและสื่อสารเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน คือแม้ว่านักเรียนส่วนใหญ่จะสามารถดำเนินการแก้ปัญหาและได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง แต่การอธิบายกระบวนการคิด การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน และการเชื่อมโยงแนวคิดเชิงทฤษฎีได้อย่างชัดเจนและมั่นใจ ยังคงเป็นทักษะที่ต้องได้รับการส่งเสริมอย่างต่อเนื่องและเข้มข้นยิ่งขึ้น เพื่อให้นักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจในเนื้อหาได้อย่างสมบูรณ์แบบและพัฒนาไปสู่การเป็นผู้คิดวิเคราะห์ที่มีเหตุผล	1. ครูควรส่งเสริมการคิดเชิงเหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ: ควรสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลและสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้งและชัดเจน ด้วยการใช้ คำถามปลายเปิดและคำถามกระตุ้นการคิดขั้นสูง ที่เน้นการอธิบาย "ทำไม" และ "อย่างไร" ควบคู่ไปกับ การจัดกิจกรรมการนำเสนอและอภิปรายอย่างเป็นระบบ ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดและรับฟังจากผู้อื่น นอกจากนี้ ควรพิจารณารูปแบบการประเมินที่หลากหลาย ซึ่งรวมถึงการวัดทักษะการให้เหตุผลและการสื่อสาร และเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์สู่ บริบทในชีวิตจริง เพื่อให้นักเรียนสามารถนำเสนอและอธิบายความซับซ้อนของคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นรูปธรรมและเข้าใจง่าย

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทดสอบหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ทั้ง 5 วงจรปฏิบัติการ และนำคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ดังตาราง 20

ตาราง 20 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 6 คน ทั้ง 5 วงจรปฏิบัติการ

วงจรปฏิบัติการที่		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	μ	σ
1	คะแนนที่ได้	12	21	21	19	16	14	17.17	3.44
	ร้อยละ	50.00	87.50	87.50	79.17	66.67	58.33	71.53	14.32
	ผลการประเมิน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	-	-
	ผ่านเกณฑ์(คน)	จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของกลุ่มเป้าหมาย							
2	คะแนนที่ได้	10	22	21	22	17	14	17.67	4.50
	ร้อยละ	41.67	91.67	87.50	91.67	70.83	58.33	73.61	18.74
	ผลการประเมิน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	-	-
	ผ่านเกณฑ์(คน)	จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของกลุ่มเป้าหมาย							
3	คะแนนที่ได้	12	24	23	22	19	15	19.17	4.37
	ร้อยละ	50.00	100	95.83	91.67	79.17	62.50	79.86	18.23
	ผลการประเมิน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	-	-
	ผ่านเกณฑ์(คน)	จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของกลุ่มเป้าหมาย							
4	คะแนนที่ได้	10	19	18	17	16	13	15.50	3.10
	ร้อยละ	41.67	79.17	75.00	70.83	66.67	54.17	64.58	12.90
	ผลการประเมิน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	-	-
	ผ่านเกณฑ์(คน)	จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของกลุ่มเป้าหมาย							
5	คะแนนที่ได้	13	23	23	23	20	16	19.67	3.90
	ร้อยละ	54.17	95.83	95.83	95.83	83.33	66.67	81.94	16.26
	ผลการประเมิน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	-	-
	ผ่านเกณฑ์(คน)	จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของกลุ่มเป้าหมาย							

*หมายเหตุ ผลการประเมิน หมายถึง ผลการประเมินผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70

จากตารางที่ 20 ซึ่งแสดงภาพรวมคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายตลอดการดำเนินการวิจัยแบบปฏิบัติการทั้ง 5 วงจร สามารถสรุปพัฒนาการและข้อค้นพบที่สำคัญได้ดังนี้ การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ได้แสดงให้เห็นถึง

ศักยภาพในการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอย่างเป็นรูปธรรม ตลอดทั้งกระบวนการวิจัยแบบวัฏจักร ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ผู้วิจัยได้พบว่าแม้ทักษะในแต่ละขั้นของ กระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนจะยังคงได้รับการส่งเสริมไปในทิศทางที่ต่อเนื่อง แต่คะแนน รวมของนักเรียนกลับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการวิเคราะห์เชิงลึกได้บ่งชี้ว่าปัญหาหลักมิได้มาจาก ข้อบกพร่องของวิธีการแบบเปิด หรือการถดถอยของทักษะกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียนโดยตรง หากแต่เป็นความท้าทายในด้านความเข้าใจเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และการ ประยุกต์ใช้สูตรคำนวณในสถานการณ์จริงที่มีความซับซ้อน รวมถึงความสับสนในแนวคิดพื้นฐานบาง ประการที่นักเรียนยังไม่สามารถจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้วยข้อค้นพบนี้ ผู้วิจัยจึงได้นำผลการสะท้อนจากวงจรที่ 4 มาใช้ในการ ปรับปรุง แผนการจัดการเรียนรู้สำหรับวงจรปฏิบัติการที่ 5 อย่างละเอียด โดยมุ่งเน้นการเสริมสร้างความเข้าใจ เนื้อหาเชิงลึก การแยกแยะแนวคิดที่คล้ายคลึงกัน และการพัฒนาความสามารถในการประยุกต์ใช้ ความรู้ในบริบทที่ซับซ้อนมากขึ้น และผลจากการดำเนินการใน วงจรปฏิบัติการที่ 5 ได้ยืนยันถึง ประสิทธิภาพของการปรับแผนดังกล่าว โดยนักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์เฉลี่ยรวมสูงขึ้นอย่างก้าวกระโดด และเป็นค่าเฉลี่ยสูงสุดของการวิจัยทั้งหมด ซึ่งชี้ให้เห็น ว่าวิธีการจัดการเรียนรู้แบบเปิดนี้ สามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้อย่าง ดีเยี่ยม และเมื่อมีการปรับปรุงแผนการสอนให้เข้ากับข้อจำกัดด้านเนื้อหาที่พบ ก็จะสามารถยกระดับ ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามยังคงมีนักเรียนบางรายที่ ต้องการการสนับสนุนเฉพาะบุคคลอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถก้าวข้ามข้อจำกัดด้านความรู้และ ทักษะการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์

โดยสรุป การดำเนินงานวิจัยทั้ง 5 วงจรปฏิบัติการ แสดงให้เห็นถึงพลวัตของการ จัดการเรียนรู้แบบเปิด ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอย่าง เป็นองค์รวม และชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการวิเคราะห์ผลลัพธ์เชิงประจักษ์และการปรับปรุง แผนการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการและข้อจำกัดของผู้เรียนได้ อย่างแท้จริง อันเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่ความสำเร็จของการวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้

ทั้งนี้ การวิจัยได้สิ้นสุดลงที่วงจรปฏิบัติการที่ 5 เนื่องจากเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ได้ครอบคลุมตามหลักสูตร และบรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยในภาพรวม แล้ว ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสมบูรณ์ของกระบวนการพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ใน ขอบเขตที่กำหนดไว้

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ เป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ให้นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ให้นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

สรุปผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ซึ่งดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการจำนวน 5 วงจรปฏิบัติการ การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้จากการดำเนินงานในแต่ละวงจร ทำให้สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเฉลี่ยร้อยละ 71.53 นักเรียนส่วนใหญ่เริ่มแสดงความเข้าใจในหลักการแก้ปัญหาพื้นฐานและการประยุกต์ใช้แนวคิดเบื้องต้น การจัดการเรียนรู้เริ่มต้นช่วยสร้างความคุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหาแบบเปิดและกระตุ้นการมีส่วนร่วม

วงจรปฏิบัติการที่ 2 มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เฉลี่ยร้อยละคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 73.61 คะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สะท้อนถึงการปรับตัวและความก้าวหน้าของนักเรียนในการทำความเข้าใจโจทย์และวางแผนแก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้นเล็กน้อย การปรับกิจกรรมในวงจรนี้ช่วยให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้ดีขึ้น

วงจรปฏิบัติการที่ 3 มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เฉลี่ยร้อยละ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 79.86 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน บ่งชี้ว่านักเรียนสามารถบูรณาการความรู้และกลยุทธ์การแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้นในสถานการณ์ที่หลากหลาย การดำเนินงานในวงจรนี้ตอกย้ำความแข็งแกร่งของกระบวนการกลุ่มและการอภิปรายภายใต้วิธีการแบบเปิด

วงจรปฏิบัติการที่ 4 มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เฉลี่ยร้อยละคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 64.58 พบว่าคะแนนเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการวิเคราะห์เชิงลึกชี้ให้เห็นว่าแม้ทักษะในแต่ละขั้นของกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนยังคงได้รับการส่งเสริมไปในทิศทางที่ดีอย่างต่อเนื่อง แต่การลดลงนี้มีได้มาจากข้อบกพร่องของวิธีการแบบเปิด หากแต่เป็นความท้าทายในด้านความเข้าใจเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น รวมถึงความสับสนในแนวคิดพื้นฐานบางประการที่นักเรียนยังไม่สามารถจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพในการนำไปประยุกต์ใช้กับโจทย์ที่ท้าทาย

วงจรปฏิบัติการที่ 5 มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเฉลี่ยร้อยละ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 81.94 ด้วยข้อค้นพบจากวงจรที่ 4 ผู้วิจัยจึงได้นำผลการสะท้อนมาใช้ในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับวงจรนี้อย่างละเอียด โดยมุ่งเน้นการเสริมสร้างความเข้าใจเนื้อหาเชิงลึก การแยกแยะแนวคิดที่คล้ายคลึงกัน และการพัฒนาความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในบริบทที่ซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งผลจากการดำเนินการได้ยืนยันถึงประสิทธิภาพของการปรับแผนดังกล่าว โดยนักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงขึ้นอย่างก้าวกระโดด และเป็นค่าเฉลี่ยสูงสุดของการวิจัยทั้งหมด ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเมื่อมีการปรับปรุงแผนการสอนให้เข้ากับข้อจำกัดด้านเนื้อหาที่พบ การจัดการเรียนรู้แบบเปิดจะสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และบรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ตั้งไว้

โดยสรุปผลการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการทั้ง 5 วงจร พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดมีประสิทธิภาพอย่างยิ่งในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพของวิธีการแบบเปิดในการเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีพลวัตและปรับตัวได้ตามความต้องการของผู้เรียนในสภาพจริง และนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน

อภิปรายผล

ผลการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ทำให้นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ผู้วิจัยได้อภิปรายผลการวิจัยไว้ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 6 คน มีคะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 17.17 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 71.53 ของคะแนนเต็ม โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์กลุ่มนี้มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ครบถ้วนในหลายด้าน โดยเฉพาะในขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา และ ขั้นที่ 2 วางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนสามารถตีความข้อมูลจากโจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง มีการอธิบายสิ่งที่โจทย์ต้องการและข้อมูลที่กำหนดให้ได้ อย่างชัดเจน และสามารถเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ เพื่อวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหามีเหตุผลสอดคล้องกับแนวคิดของ Polya (1973) ที่ระบุว่า การเข้าใจปัญหาเป็นขั้นพื้นฐานที่สำคัญที่สุดของการแก้ปัญหา และการวางแผนที่ดีเป็นเงื่อนไขของการลงมือแก้ปัญหอย่างถูกต้อง ขั้นที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนสามารถคำนวณได้อย่างมีลำดับและถูกต้องตามแผนที่วางไว้ พร้อมทั้งในบางรายสามารถตรวจสอบคำตอบ และอธิบายเหตุผลของความถูกต้องได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาทักษะการคิดอย่างเป็นระบบตามแนวคิดของ Inprasitha (2553) ที่เน้นการเรียนรู้จากการแลกเปลี่ยนแนวคิดกับเพื่อนและการสะท้อนความคิดด้วยตนเอง แต่นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ในทางตรงกันข้าม นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ยังมีปัญหาในหลายขั้นตอน โดยเฉพาะขั้นที่ 2 ขั้นตอนการวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา และขั้นที่ 4 ขั้นสรุปผล นักเรียนบางคนยังไม่สามารถวางแผนได้อย่างเป็นระบบ และมักข้ามขั้นตอนจากการอ่านโจทย์ไปสู่การคำนวณทันที โดยขาดการไตร่ตรองแนวทางการแก้ปัญหา ส่งผลให้วิธีคิดไม่ชัดเจนและไม่สามารถอธิบายแนวคิดของตนได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล ปรีชา เนาว์เย็นผล (2556) ชี้ว่า ผู้เรียนควรได้รับการฝึกให้คิดและวางแผนก่อนลงมือแก้ปัญหาเพื่อสร้างลักษณะนิสัยการเรียนรู้ที่มีระบบ ในขั้นดำเนินการและตรวจสอบคำตอบ นักเรียนกลุ่มนี้มักมีความผิดพลาดในการคำนวณหรือเขียนวิธีทำที่ไม่สัมพันธ์กับคำตอบ รวมถึงขาดการตรวจสอบย้อนกลับต่อความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ ซึ่งสะท้อนถึงความไม่เข้าใจบทบาทของขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการแก้ปัญหา นักเรียนบางคนยังคงมีพฤติกรรมรอครูเฉลยวิธีทำมากกว่าพยายามค้นหาคำตอบด้วยตนเอง

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด มีส่วนช่วยกระตุ้นนักเรียนให้พยายามคิดด้วยตนเอง แต่อย่างไรก็ตาม การที่นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถดำเนินการได้ครบถ้วนทุกขั้นตอน แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการสนับสนุนเพิ่มเติมในเรื่องการวางแผน การคำนวณอย่างรอบคอบ และการตรวจสอบคำตอบ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะนำไปสู่การปรับแผนการสอนในวงจรถัดไปอย่างเหมาะสม

วงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย นักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 6 คน มีคะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 17.67 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 73.61 ของคะแนนเต็ม คะแนนเฉลี่ยโดยรวมสูงขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 และพบว่านักเรียนบางคนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ในวงจรปฏิบัติการเริ่มมีพัฒนาการทางด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากขึ้น ทั้งนี้นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์กลุ่มนี้สามารถแสดงพัฒนาการชัดเจนในทุกขั้นตอนของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะใน ขั้นที่ 1 ขั้นการทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์โดยแยกสิ่งที่โจทย์ให้มาและสิ่งที่โจทย์ต้องการได้อย่างชัดเจน โดยได้รับการส่งเสริมจากการใช้คำถามกระตุ้นความเข้าใจโจทย์ที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริงช่วยให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาได้ลึกซึ้งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของปรีชา เนาว์เย็นผล (2556) ที่เน้นบทบาทของการอ่านวิเคราะห์ และจับประเด็นสำคัญในโจทย์ปัญหา ขั้นที่ 2 ขั้นการวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา และ ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนสามารถจัดลำดับความคิดอย่างเป็นระบบและเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสถานการณ์ปัญหาได้อย่างเหมาะสม โดยใช้แผนภาพหรือการคำนวณตามขั้นตอนที่ได้วางไว้ แสดงถึงความเข้าใจในกระบวนการอย่างแท้จริง ทั้งนี้ยังสามารถ ตรวจสอบคำตอบ และอธิบายเหตุผลของความถูกต้องได้ในระดับที่ดีขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Inprasitha (2553) ที่เน้นการเรียนรู้แบบเปิดซึ่งส่งเสริมการคิด วิเคราะห์ และแลกเปลี่ยนในห้องเรียน แต่สำหรับนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมายนั้น แม้นักเรียนบางคนจะมีความกระตือรือร้นมากขึ้นในวงจรนี้ แต่ในภาพรวมยังพบว่าข้อจำกัดหลักอยู่ที่ขั้นวางแผนและการตรวจสอบคำตอบ นักเรียนกลุ่มนี้มักเข้าใจปัญหาเบื้องต้นได้ แต่ไม่สามารถกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม บางคนใช้วิธีเดาโดยไม่มีเหตุผลรองรับหรือข้ามขั้นตอนการวางแผนไปสู่การคำนวณทันที ทำให้เกิดความผิดพลาดหรือแสดงวิธีทำที่ไม่สมเหตุสมผล ซึ่งสะท้อนแนวคิดของ Krulik and Reys (1980) ที่กล่าวว่าผู้เรียนควรได้รับการฝึกให้มีความสามารถในการจัดการปัญหาอย่างเป็นระบบ มิใช่เพียงการหาคำตอบโดยตรง อีกทั้งยังพบว่าในขั้นการตรวจสอบคำตอบ นักเรียนมักละเลยการย้อนกลับไปพิจารณาความสอดคล้องระหว่างคำตอบกับโจทย์ หรือไม่สามารถให้เหตุผลรองรับคำตอบของตนได้อย่างมั่นใจ เป็นข้อบ่งชี้ถึงความจำเป็นในการฝึกฝนให้เห็นความสำคัญของขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการแก้ปัญหา

สรุปได้ว่า วงจรปฏิบัติการที่ 2 มีแนวโน้มของการพัฒนาที่ดีขึ้น หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด โดยเฉพาะในด้านการทำความเข้าใจและวางแผนแก้ปัญหา แต่นักเรียนยังต้องการการส่งเสริมเพิ่มเติมในด้านการตรวจสอบคำตอบ การวางแผนที่เป็นระบบ และการอธิบายเหตุผลอย่างมีตรรกะ เพื่อยกระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสมบูรณ์ในวงจรถัดไป

วงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 19.17 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.86 ของคะแนนเต็ม โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของกลุ่มเป้าหมาย มีแนวโน้มพัฒนาที่ชัดเจนกว่าวงจรก่อนหน้านี้ ทั้งในแง่ผลสัมฤทธิ์โดยรวม และกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน นักเรียนกลุ่มนี้มีพัฒนาการเชิงคุณภาพที่เด่นชัดในทุกขั้นตอนของการแก้ปัญหา โดยเฉพาะใน ขั้นการทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนสามารถแยกแยะข้อมูลจากโจทย์ และระบุสิ่งที่ต้องการหาได้อย่างชัดเจน ซึ่งสะท้อนถึงทักษะการตีความโจทย์ที่แข็งแกร่งขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Polya (1973) ที่เน้นว่าความเข้าใจปัญหาเป็นรากฐานของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใน ขั้นที่ 2 ขั้นการวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนสามารถวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหาได้หลากหลาย ทั้งการเลือกใช้สูตร การวาดภาพ และการคาดการณ์ผลลัพธ์อย่างมีเหตุผล สะท้อนถึงการฝึกคิดอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับ Becker และ Shimada (1997) ที่เสนอว่าปัญหาแบบเปิดจะช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาได้ดีขึ้น ขั้นที่ 3 ขั้นการดำเนินการ พบว่านักเรียนมีความมั่นใจในการคำนวณ และสามารถอธิบายวิธีทำของตนเองได้ชัดเจน มีการอภิปรายแนวคิดร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Inprasitha (2553) ที่กล่าวว่า วิธีการแบบเปิดส่งเสริมการคิด วิเคราะห์ และการเรียนรู้ผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน และ ขั้นที่ 4 ขั้นการตรวจสอบคำตอบ นักเรียนมีความสามารถในการย้อนกลับมาตรวจสอบวิธีทำและผลลัพธ์ของตนเองว่าตรงตามเงื่อนไขของโจทย์หรือไม่ บางคนสามารถเสนอวิธีแก้ปัญหาอื่น ๆ ได้เพิ่มเติม ซึ่งสะท้อนถึงความเข้าใจเชิงลึกตามแนวทางของ วิจารย์ พานิช (2557) ที่กล่าวถึง “การเรียนรู้เชิงรุก” ซึ่งผู้เรียนมีบทบาทในการสะท้อนและประเมินความคิดของตนเอง แต่สำหรับนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งมีจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด แม้จะมีความก้าวหน้าโดยรวม แต่ยังคงพบว่ามีนักเรียนบางคนยังมีปัญหาใน ขั้นการวางแผน และ การตรวจสอบคำตอบ เช่นเดียวกับวงจรก่อน นักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่สามารถเลือกวิธีที่เหมาะสมได้ หรือแสดงวิธีทำโดยไม่เชื่อมโยงกับข้อมูลที่โจทย์ให้มา นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนบางคนขาดการตรวจสอบคำตอบหรืออธิบายเหตุผลของคำตอบได้ไม่ชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับ Pehkonen (1997) ที่กล่าวว่า ผู้เรียนจำนวนมากมักจะเลยขั้นตอนการตรวจสอบ ส่งผลให้ไม่สามารถสรุปคำตอบได้อย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือ

โดยสรุปวงจรปฏิบัติการที่ 3 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มพัฒนาการที่ดีในเชิงคุณภาพหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด นักเรียนเริ่มเข้าใจบทบาทของตนเองในกระบวนการเรียนรู้แบบเปิดมากขึ้น แสดงพฤติกรรมความคิดอย่างมีระบบ และเริ่มพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ชัดเจนขึ้น แม้จำนวนผู้ผ่านเกณฑ์ยังไม่ถึงเป้าหมาย แต่ผลลัพธ์โดยรวมแสดงถึงแนวทางการพัฒนาที่เป็นไปในทิศทางที่ดี

วงจรปฏิบัติการที่ 4 พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 15.50 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 64.58 ของคะแนนเต็ม โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการลดลงทั้งในด้านคะแนนเฉลี่ยและจำนวนผู้ผ่านเกณฑ์ เมื่อเทียบกับวงจรที่ 3 เนื่องจากปัญหาในวงจรนี้มีลักษณะเป็นโจทย์ประยุกต์ที่ซับซ้อนมากขึ้น นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์กลุ่มนี้สามารถวิเคราะห์สถานการณ์โจทย์ที่มีหลายเงื่อนไขได้ดี มีความสามารถในการแยกแยะข้อมูลสำคัญจากโจทย์และระบุสิ่งที่ต้องการหาได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับแนวคิดของ Polya (1973) ที่ให้ความสำคัญกับ “การเข้าใจปัญหา” เป็นขั้นตอนแรกของการแก้ปัญหา นักเรียนยังสามารถเชื่อมโยงแนวคิดที่เรียนมาก่อนหน้านี้กับโจทย์ใหม่ ๆ ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งแสดงถึงความเข้าใจที่มีโครงสร้างและการวางแผนอย่างมีระบบ ตามแนวคิดของ Krulik และ Reys (1980) และ ปรีชา เนาว์เย็นผล (2556) ใน ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา และ ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล นักเรียนสามารถแสดงวิธีทำที่ถูกต้อง ใช้สูตรเหมาะสมกับสถานการณ์ และมีการย้อนกลับไปตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบได้บางส่วน แม้อาจยังไม่สมบูรณ์ แต่สะท้อนถึงพัฒนาการด้านการประเมินตนเอง ตามแนวทางของ วิจารย์ พานิช (2557) ที่เน้น “การเรียนรู้เชิงรุก” ผ่านการสะท้อนคิดและตรวจสอบกระบวนการคิดของตนเอง แต่สำหรับนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งมีจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด นักเรียนกลุ่มนี้มีข้อจำกัดชัดเจนใน ขั้นที่ 2 ขั้นการวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา และ ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา พบว่านักเรียนบางคนไม่สามารถเชื่อมโยงสถานการณ์ปัญหากับสูตรที่เหมาะสมได้ หรือมีความสับสนระหว่างปริมาณของรูปเรขาคณิตที่คล้ายกัน เช่น ปริมาตรกลมและพื้นที่ผิวทรงกลม ทำให้เกิดการคำนวณผิดพลาด นอกจากนี้ยังพบว่าหลายคนละเลยขั้นตอนการ ตรวจสอบผล ซึ่งตรงกับข้อเสนอของ Pehkonen (1997) ที่ชี้ว่า ผู้เรียนที่ขาดการประเมินวิธีคิดของตนเอง มักไม่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกประเด็นหนึ่งที่สังเกตได้คือ นักเรียนบางคนยังคงไม่กล้าแสดงความคิดเห็นหรือซักถามเมื่อไม่เข้าใจ ส่งผลให้เกิดความลังเลและรอคำตอบจากครู มากกว่าการลองผิดลองถูกด้วยตนเอง ซึ่งบ่งชี้ว่าการส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกันยังต้องได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

โดยสรุป วงจรปฏิบัติการที่ 4 สะท้อนให้เห็นว่า เมื่อโจทย์มีความซับซ้อนและเป็นโจทย์ประยุกต์มากขึ้น นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถปรับใช้กระบวนการคิดได้อย่างคล่องแคล่ว จึงเป็น

ข้อมูลสำคัญในการวางแผนกิจกรรมในวงจรถัดไป ให้เน้นการฝึกฝนการเชื่อมโยงแนวคิดกับสถานการณ์จริง และสร้างความมั่นใจให้กับนักเรียนในการกล้าแสดงออกและตรวจสอบความคิดของตนเองอย่างต่อเนื่อง

วงจรปฏิบัติการที่ 5 พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 19.67 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.94 ของคะแนนเต็ม โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของนักเรียนทั้งหมด แม้ในวงจรปฏิบัติการนี้ผลการดำเนินงานแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาทางการเรียนรู้ที่ชัดเจน โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับวงจรที่ 4 นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์กลุ่มนี้สามารถดำเนินกระบวนการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบครอบคลุมทั้ง 4 ขั้นตอน ตามแนวคิดของ Polya (1973) ได้แก่ 1) ขั้นการทำความเข้าใจปัญหา คือ นักเรียนสามารถแยกแยะข้อมูลจากสถานการณ์ปัญหาได้ชัดเจน เข้าใจบริบทของปัญหาที่เกี่ยวข้องกับทรงกลม เช่น การเปรียบเทียบลูกบอลหรือบรรจุภัณฑ์ โดยสามารถอธิบายสิ่งที่โจทย์ให้มาและสิ่งที่โจทย์ต้องการได้อย่างครบถ้วน 2) ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา คือ นักเรียนสามารถเลือกใช้สูตรหรือแนวทางที่เหมาะสมกับสถานการณ์ สะท้อนถึงความเข้าใจที่เชื่อมโยงความรู้เดิมกับบริบทใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Becker และ Shimada (1997) ที่กล่าวว่าการใช้โจทย์เปิดสามารถส่งเสริมการสร้างกลยุทธ์การแก้ปัญหาหลายแนวทางได้ 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนมีความแม่นยำในการคำนวณ และสามารถแสดงวิธีทำได้อย่างชัดเจน มีการใช้ความรู้จากวงจรก่อน ๆ มาประยุกต์ใช้ได้เหมาะสม แสดงถึงการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับแนวทางของ Inprasitha (2553) ในการส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาการคิดผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน 4) ขั้นตรวจสอบคำตอบ นักเรียนหลายคนสามารถย้อนกลับมาตรวจสอบผลลัพธ์ของตนเอง โดยใช้การวิเคราะห์เหตุผลหรือเปรียบเทียบกับบริบทของโจทย์ เพื่อประเมินความสมเหตุสมผลของคำตอบ ซึ่งสะท้อนถึงการเรียนรู้เชิงลึกตามแนวคิดของ วิจารณ์ พานิช (2557) แต่สำหรับนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งมีจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด นักเรียนกลุ่มนี้แม้ผลสัมฤทธิ์โดยรวมจะดีขึ้น แต่ยังมีนักเรียนบางคนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ โดยเฉพาะใน ขั้นที่ 2 ขั้นการวางแผนหาแนวทางการแก้ปัญหา และ ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล นักเรียนบางคนยังเลือกใช้สูตรผิดหรือไม่สามารถเรียบเรียงวิธีทำได้อย่างเป็นระบบ อีกทั้งยังไม่สามารถประเมินความถูกต้องของคำตอบได้อย่างมั่นใจ ขาดการตรวจสอบย้อนกลับที่รอบคอบ ซึ่งตรงกับข้อเสนอของ Pehkonen (1997) ที่ชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนจำนวนมากละเลยขั้นตอนการประเมินความคิดของตนเอง ส่งผลให้ผลลัพธ์ขาดความสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม จากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน พบว่านักเรียนกลุ่มนี้เริ่มกล้าแสดงความคิดเห็นและมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้นเมื่อเทียบกับวงจรแรก ๆ แสดงถึงพัฒนาการเชิงพฤติกรรมที่ดี ซึ่งอาจนำไปสู่พัฒนาการทางกระบวนการคิดที่ลึกยิ่งขึ้นหากได้รับการส่งเสริมอย่างต่อเนื่อง

โดยสรุป วงจรปฏิบัติการที่ 5 ถือเป็นช่วงท้ายที่แสดงให้เห็นถึงการฟื้นตัวและความต่อเนื่องของการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะในด้านการวิเคราะห์ การเลือกใช้กลยุทธ์ที่เหมาะสม และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ แม้จะยังมีจุดที่ต้องพัฒนา แต่ถือว่าผลลัพธ์โดยรวมบรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยในระดับที่น่าพึงพอใจ และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ในหัวข้อหรือระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไปได้

ดังนั้นสรุปได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด มีศักยภาพในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้อย่างต่อเนื่องในแง่ของการเข้าใจปัญหา วางแผน ดำเนินการ และตรวจสอบคำตอบ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญ ตามแนวคิดของ Polya (1973) ในช่วงวงจรที่ 1-3 นักเรียนแสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ในวงจรที่ 4 กลับพบว่าคะแนนเฉลี่ยลดลงจากวงจรที่ 3 แม้กิจกรรมจะยังคงใช้วิธีการแบบเปิดตามแนวทางเดิม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ยังมีจุดที่ต้องปรับปรุง ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อจำกัดและนำไปสู่การปรับแผนในวงจรที่ 5 โดยออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมกับระดับความเข้าใจของนักเรียนมากยิ่งขึ้น แสดงให้เห็นว่าวิธีการแบบเปิดมีความยืดหยุ่นและสามารถปรับใช้ได้กับความท้าทายของเนื้อหาที่แตกต่างกัน ไม่ยึดติดกับรูปแบบเนื้อหาเดิม ๆ ส่งผลให้ในวงจรสุดท้าย นักเรียนกลับมามีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระดับสูงขึ้นอีกครั้ง ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความยืดหยุ่นของวิธีการแบบเปิด ที่สามารถปรับให้สอดคล้องกับสภาพจริงของห้องเรียน และตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคลได้อย่างเหมาะสม กิจกรรมการเรียนรู้แบบเปิด ที่ให้ผู้เรียนมีโอกาสดิดและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในสถานการณ์ที่ไม่จำกัดเพียงคำตอบเดียว เป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนได้ใช้ทักษะเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสถานการณ์ใหม่ พัฒนาการคิดวิเคราะห์ และฝึกกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Bruner (1966) ที่ชี้ว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นอย่างลึกซึ้งเมื่อผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และ Nohda (2000) ที่เสนอว่าวิธีการแบบเปิดช่วยลดความกลัวต่อความผิดพลาด กระตุ้นความมั่นใจ และเพิ่มความกล้าในการเผชิญ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เป็นแนวทางที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะการเข้าใจปัญหาและการวางแผนแก้ปัญหา ซึ่งควรส่งเสริมให้ครูผู้สอนนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวิชาอื่น ๆ ด้วย เพื่อพัฒนาทักษะการคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียนอย่างรอบด้าน

1.2 การใช้สถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงในกิจกรรมการเรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนมีความสนใจและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น ดังนั้นครูผู้สอนควรมีการออกแบบโจทย์ปัญหาที่มีความหมายต่อตัวผู้เรียนในบริบทที่หลากหลาย

1.3 ครูผู้สอนควรให้การสนับสนุนให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน และการสะท้อนความคิดของตนเอง เป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้แบบเปิดที่ควรได้รับการส่งเสริมอย่างต่อเนื่องในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

2.1 ควรขยายขอบเขตการศึกษาจากการวิจัยเชิงปฏิบัติการในห้องเรียนทั่วไป ไปสู่การวิจัยเชิงคุณภาพที่มุ่งเน้นการศึกษาเชิงลึกในกลุ่มผู้เรียนที่มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มที่มีข้อจำกัดด้านการเรียนรู้ เช่น นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ กลุ่มนักเรียนที่มีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์อ่อน หรือกลุ่มที่อยู่ในโรงเรียนขนาดเล็กบริเวณพื้นที่ชายแดน ซึ่งมักมีข้อจำกัดด้านทรัพยากรและโอกาสทางการศึกษา

2.2 ควรมีการศึกษาการใช้วิธีการแบบเปิด กับกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนนักเรียนมากขึ้น เพื่อให้ผลการวิจัยมีความครอบคลุมและสามารถนำไปใช้ทั่วไปได้อย่างเหมาะสม

2.3 ควรศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีการแบบเปิดกับวิธีการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่น เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละแนวทางอย่างชัดเจน

2.4 ควรศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เช่น ทักษะพื้นฐานของนักเรียน ทศนคติของนักเรียนต่อคณิตศาสตร์ หรือบทบาทของครูผู้สอน เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนรายบุคคล

2.5 ควรมีการติดตามผลการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระยะยาว เพื่อศึกษาความยั่งยืนของผลการเรียนรู้และแนวโน้มของการนำทักษะไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ

พหุ ประสิทธิภาพ

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน ปีพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)*. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กำจร มณีแก้ว. (2539). *ผลของการสอนโดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียงที่มีต่อความสามารถในการแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิต สังกัดสำนักงาน สถาบันราชภัฏ. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชา มัธยมศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*.
- กิตติพร ปัญญาภิญโญผล. (2541). *รูปแบบของวิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน : กรณีศึกษา สำหรับครูมัธยมศึกษา. ภาควิชาประเมินผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*.
- ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล. (2543). *เอกสารคำสอนรายวิชาหลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษา. โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร*.
- ตติมา ทิพย์จินดาชัยกุล. (2556). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่องทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*.
- ทานตะวัน สีตา และ ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ (2564). *การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแบบเปิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. Journal of Roi Et Rajabhat University, 15(2)*.
- เที่ยง อินทร์ปัญญา. (2554). *การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ระหว่างครูกับนักเรียนในชั้นเรียนที่ใช้วิธีการแบบเปิด. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น*.
- ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. (2551). *การประยุกต์ใช้ SPSS วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย. กรุงเทพฯ: ประสานการพิมพ์*.
- ธีรวุฒิ เอกะกุล. (2551). *การวิจัยปฏิบัติการ. บริษัท ยงสวัสดิ์อินเตอร์กรุ๊ป จำกัด*.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น*.
- ประภัสสร เพชรสุ่ม. (2558). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. สาขาวิชาการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน. นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*.

- ประวิต เอราวรรณ์. (2545). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการ*. สำนักพิมพ์ดอกหญ้าวิชาการ จำกัด.
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2537). *การสอนคณิตศาสตร์เพื่อการคิดและการแก้ปัญหา*. สถาบันวิจัยการศึกษาแห่งชาติ.
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2544). *การพัฒนาทักษะการคิดคณิตศาสตร์*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2556). *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิชาคณิตศาสตร์ หน่วยที่ 9 การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- พิมพ์พันธุ์ ปันแสน. (2556). *ความรู้ทางคณิตศาสตร์ของครูเพื่อการเสนอเรื่องการคูณจำนวนเต็มลบ ในชั้นเรียนที่ใช้วัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด*. (วิทยานิพนธ์ ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พิมพ์สุภา วุ่นเหลียม. (2563). *ความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีการแบบเปิด*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- พวงทอง พูนพัฒน์. (2561). *การสอนคณิตศาสตร์ที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์.
- มณฑนา พรหมรักษ์. (2556). *ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหา ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2*. (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา คณิตศาสตร์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์และคณะ. (2546). *การปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนโดย เน้นกระบวนการทางคณิตศาสตร์*. ขอนแก่น: ขอนแก่นการพิมพ์.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2547, มกราคม-มิถุนายน). *การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดในชั้นเรียน* ญีปุ่น. KJU Journal of Mathematics Education 1. (1): 1-9.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2553). *การศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2553). *การใช้ปัญหาปลายเปิดในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์*. ใน การศึกษาและการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์, 3(1), 23-34.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2558). *การพัฒนาวิชาชีพครูคณิตศาสตร์ด้วยนวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียน (Lesson Study) และวิธีการแบบเปิด (Open Approach)*. เอกสารประกอบการอบรม เรื่อง การพัฒนาวิชาชีพครูคณิตศาสตร์ด้วยนวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียน (Lesson Study)

และวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ในเขตพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช.

นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.

ยุพาพัทธ์ สะเดา. (2555). พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การสอนภาษาไทยด้วยกระบวนการ Lesson Study ทรราชนำพา Open Approach. วารสารวิชาการ กรมวิชาการ, น.25-35.

ลัดดา ศิลาน้อย. (2549). ปัญหาปลายเปิด Open Approach ในนวัตกรรมการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม. วารสารศึกษาศาสตร์ . มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 29(1): 24-34.

วนัญนา เจริญดี. (2555). การพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแบบเปิด สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

วิจารณ์ พานิช. (2557). Open Approach – วิธีประยุกต์การเรียนรู้แบบ Active Learning สู่การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. [เว็บไซต์]. สืบค้นจาก <https://www.gotoknow.org/posts/568714>

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์. (2558). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ Action Research. วารสารราชภัฏสุราษฎร์ธานี, 2(1), 31.

ส. วาสนา ประवालพุกษ์ จันทนา เลือดกรุงศรี ผดุงศักดิ์ วิศิษฐ์วุฒิกุล บุญทวี อรุณมาศ ยรรยง ปกป้อง และฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. (2542). การศึกษาสภาพปัญหาและความสำเร็จในการจัดการเรียนการสอนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. งานวิจัยอุดหนุนจากสถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555 ก). การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2555 ก). แนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์. สสวท.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555 ข). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3 แก้ไขเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ: 3-คิว มีเดีย.

สิริพร ทิพย์คง. (2544). การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ครูสภาลาดพร้าว.

สิริพร ทิพย์คง. (2545). หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

สุกัญญา จันทุณย์, กุสุมา ใจสบาย และ กิตติศักดิ์ ใจอ่อน. (2566). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีการแบบเปิด. วารสารสันติศึกษาปริทรรศน์ มจร 11(7), 1-15.

- สุคนธ์ สิ้นพานนท์ และคณะ. (2555). *แนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรัตน์นารถ ศาสตร์นอก. (2550). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1*. วารสาร ศึกษาสาส์ตรมหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2, 15.
- สุวิมล ว่องวานิช. (2543). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- องอาจ นัยพัฒน์. (2548). *วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปริมาณและคุณภาพทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อเนก พุทธิเดช. (2548). *การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องการประมาณค่า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเทศบาลวัดเขยีน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์)*. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร, กรุงเทพฯ.
- อภิสิทธิ์ ทองกิ่งแดง. (2560). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*.
- อัมพร ม้าคะนอง. (2553). *การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์*. สำนักพิมพ์การศึกษา.
- อรุณี คงมา. (2553). *การส่งเสริมกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียน บ้านโคกสยา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานราธิวาส เขต 1 โดยใช้วิธีการแบบเปิด. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*.
- Anderson, K. B. & Pingry, R. E. (1973). *Problem-solving in mathematics. The learning of mathematics: Its theory and practices*. Washington D. C.: The National Council of Teacher of mathematics.
- Anderson, S. B., & Ball, S. (1978). *The Profession and Practice of Program Evaluation*. San Francisco, California: JosseyBass.
- Battista, M. T., & Clements, D. H. (1996). *Students' understanding of three-dimensional rectangular arrays of cubes*. Journal for Research in Mathematics Education, 27(3), 258-292.
- Becker, J. P., & Shimada, S. (1997). *The Open-Ended Approach: A New Proposal for Teaching Mathematics*. In Journal for Research in Mathematics Education, 28(5), 576-589. S

- Charles, R. I., Lester, F. K., & O'Daffer, P. (1987). *Assessment Methods for Mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *The action research planner (3rd ed.)*. Deakin University Press.
- Krulik, S., & Reys, R. E. (1980). *Problem Solving in School Mathematics*. Allyn and Bacon.
- Liljedahl, P., & Santos-Trigo, M. (2019). *Mathematical problem solving: Current themes, trends, and research*. Springer.
- Merliss, D., & Daniel, R. (2001). *Open-Ended Problems: A Means for Developing Problem-Solving Skills*. In *Mathematics Teaching in the Middle School*, 6(5), 284-290.
- NCTM. (1991). *Professional standards for teaching mathematics*. Natl Council of Teachers of Mathematics.
- Nohda, N. (2000). *Teaching by Open-Approach Method in Japanese Mathematics Classroom*. Japan.
- Pehkonen, E. (1997). The state-of-art in Finland: Open problems in mathematics education. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik (ZDM)*, 29(5), 147-152.
- Pehkonen, Erkki, Ed. (1997). *Use of Open-Ended Problems in Mathematics Classroom. Research Report 176*. University of Helsinki, Dept. of Teacher Education.
- Polya, G. (1957). *How to Solve It*. This classic book provides a systematic approach to problem-solving in mathematics and discusses different types of mathematical problems and methods.
- Polya, G. (1973). *How to solve it: A new aspect of mathematical method (2nd ed.)*. Princeton University Press.
- Reys, R., Suydam, M., & Lindquist, M. M. (1995). *Helping Children Learn Mathematics*. John Wiley & Sons.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Academic Press.
- Suydam, M. N. (1990). *Problem Solving in Mathematics: A Guide for Teachers*. National Council of Teachers of Mathematics (NCTM).
- Van Hiele, P. M. (1986). *Structure and Insight: A Theory of Mathematics Education*. Academic Press.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญและ
หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ



รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

- 1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมตตา มาเวียง ปรัชญาคุณบัณฑิต สาขา การวัดและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล และด้านหลักสูตรและการสอน
- 2) นางสุดาจิต ป่านภูมิ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านมะอี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาร้อยเอ็ด เขต 1 เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล
- 3) นางอุตร วิชัยวงศ์ การศึกษามหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านขอนแก่น(นิกรราษฎร์ศรัทธาการ) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา ร้อยเอ็ด เขต 1 เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน
- 4) นางวิมลรัตน์ ดวงประทุม วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา ร้อยเอ็ด เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์
- 5) นางสาววาริศา รัตตศิริ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ครูชำนาญการ โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์



สำเนา



ที่ อว 0605.5(2)/510

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

29 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ**เรียน** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เมตตา มาเวียง

ด้วย นางสาวสิริสรณ์ ศรีสองเมือง นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. หลักสูตรและการสอน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรือนนระการ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

โทรศัพท์ 0-4371-9800 ต่อ 6216

มณู จิตใจ

สำเนา



ที่ อว 0605.5(2)/ว353

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

23 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ**เรียน** นางอุตร วิชัยวงศ์

ด้วย นางสาวสิริสรณ์ ศรีสองเมือง นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. หลักสูตรและการสอน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรือนนระการ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทองศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4371-9800 ต่อ 6216

๖๘ ปณ จกโต

สำเนา



ที่ อว 0605.5(2)/ว353

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

23 มกราคม 2568

เรื่อง ขออนุญาตครูเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน นางสาวจิต ปานภูมิ

ด้วย นางสาวสิริสรค์ ศรีสองเมือง นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. หลักสูตรและการสอน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรือนนระการ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุญาตครูจากท่านผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทองศักดิ์ กุสออ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4371-9800 ต่อ 6216

มณู จิตใจ

สำเนา



ที่ อว 0605.5(2)/ว353

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

23 มกราคม 2568

เรื่อง ขออนุญาตเคราะหเป็นผูัเชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน นางวิมลรัตน์ ดวงประทุม

ด้วย นางสาวสิริสรณ์ ศรีสองเมือง นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. หลักสูตรและการสอน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรือนนระการ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ ที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ กุสืออ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4371-9800 ต่อ 6216

สำเนา



ที่ อว 0605.5(2)/ว353

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

23 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน นางสาววาริศา รัตตศิริ

ด้วย นางสาวสิริสรณ์ ศรีสองเมือง นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. หลักสูตรและการสอน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรือนนกะการ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

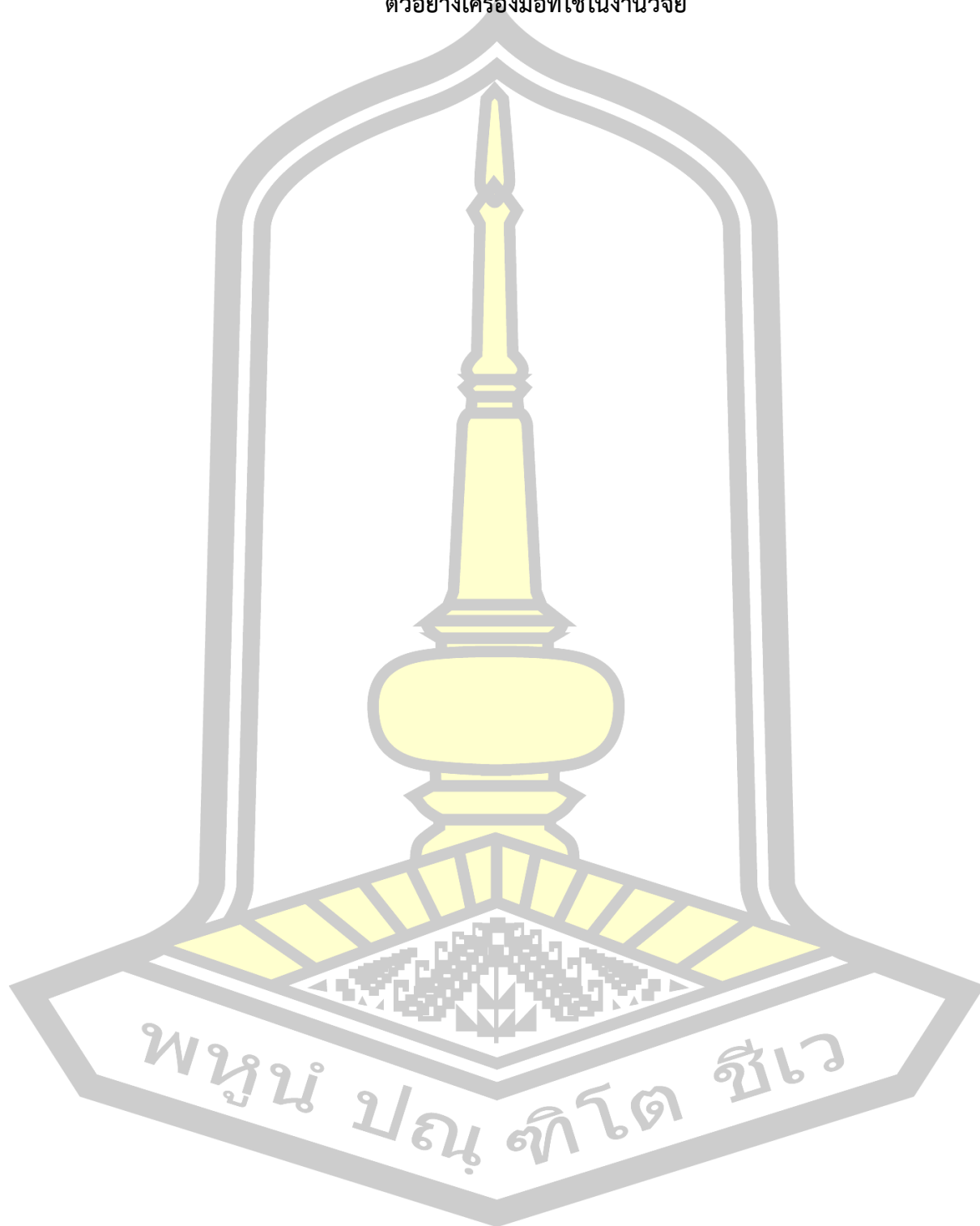
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4371-9800 ต่อ 6216

มณู ภิเษ

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย





แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วิธีแบบเปิด (Open Approach)

โรงเรียนบ้านขอนแก่น(นิกรราษฎร์ศรัทธาการ) ตำบลขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด 45000

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2	เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร	คาบที่ 9/12
กิจกรรมเรื่อง หมวกวันปีใหม่	รายวิชา ค22202 คณิตศาสตร์เพิ่มเติม	ชั้น ม.2
เวลา 1 ชั่วโมง	วันที่ _____	ภาคเรียนที่ 2/2567
ชื่อผู้สร้างแผน นางสาวสิริสรณ์ ศรีสองเมือง		

1. เป้าหมายของบทเรียนระดับหน่วยการเรียนรู้และเป้าหมายของบทเรียนในแต่ละคาบในหน่วยการเรียนรู้ (Aim of the Lesson)

1.1 เป้าหมายของบทเรียนระดับหน่วยการเรียนรู้

อธิบายลักษณะและวิเคราะห์แบ่งประเภทของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ อธิบายลักษณะและคุณสมบัติของปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และทรงกลม สามารถหาพื้นที่ผิวและปริมาตร มีการคาดคะเนเกี่ยวกับการวัดในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งยังสามารถเปรียบเทียบหน่วยความจุหรือหน่วยปริมาตรในระบบเดียวกันหรือต่างระบบและเลือกใช้หน่วยการวัดได้ โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ พื้นที่ผิวและปริมาตรในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ

1.2 เป้าหมายของบทเรียนในแต่ละคาบในหน่วยการเรียนรู้

- สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิตสองมิติ(วงกลม)ที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ผิวของกรวยได้
- สามารถอธิบายลักษณะและคุณสมบัติของกรวยได้
- สามารถหาพื้นที่ผิวของกรวยและสร้างแบบจำลองของกรวยได้

1.3 ตรงตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตและทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

ม.1/2 เข้าใจและใช้ความรู้ทางเรขาคณิตในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและรูปเรขาคณิตสามมิติ

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

ม.2/1 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

ม.2/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

ม.3/1 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของพีระมิด กรวยและทรงกลม ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

ม.3/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของพีระมิด กรวยและทรงกลม ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

2. ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด

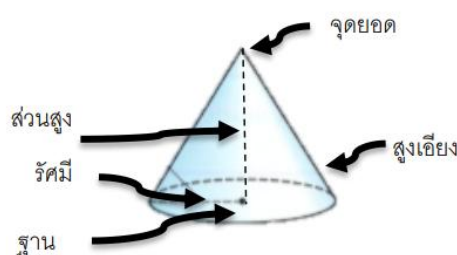
2.1 เนื้อหาสาระ ทักษะ กระบวนการ และ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ ที่ต้องการจะเน้น ในสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดของหน่วยการเรียนรู้นี้ (พิจารณาเปรียบเทียบระหว่างหนังสือเรียน คณิตศาสตร์ไทย กับหนังสือเรียนคณิตศาสตร์ญี่ปุ่น)

2.1.1 สาระสำคัญ

- พื้นที่ผิวของกรวย หาได้จากพื้นที่ผิวข้างรวมกับพื้นที่ฐาน

2.1.2 เนื้อหาสาระ

กรวย คือ ทรงสามมิติที่มีฐานเป็นรูปวงกลม มียอดแหลมที่ไม่ได้อยู่บนระนาบเดียวกับฐาน และเส้นที่ต่อระหว่างจุดยอดและจุดใดๆ บนขอบของฐานเป็นส่วนของเส้นตรงที่ยาวเท่ากันเรียกว่า สูง เอียง



พื้นที่ผิวของกรวย หาได้จากพื้นที่ผิวข้างรวมกับพื้นที่ฐาน

พื้นที่ผิวของกรวย = $\pi rl + \pi r^2$ เมื่อ r แทนรัศมีของฐานของกรวย และ l แทนส่วนสูงเอียงของกรวย

2.1.3 ทักษะ กระบวนการ

- ด้านการแก้ปัญหา นักเรียนสามารถเลือกวิธีแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลายวิธี และเหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้
- การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถสื่อสารวิธีการแก้ปัญหของตนเองด้วยการพูดอธิบาย ใช้ท่าทาง หรือสัญลักษณ์ เพื่อแสดงการหาพื้นที่ผิวของกรวยเพื่อประกอบเป็นแนวคิดให้ผู้อื่นเข้าใจได้
- การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงการหาพื้นที่รูปสองมิติที่ได้เรียนรู้ผ่านมาแล้ว มาช่วยในการหาพื้นที่ผิวของรูปสามมิติได้
- การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถให้เหตุผลประกอบแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้
- การคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ในการหาความสัมพันธ์จากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ และสามารถสร้างแบบจำลองกรวยได้

2.1.4 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

- นักเรียนมีวินัยและมีมารยาทในการฟังเพื่อนนำเสนอแนวคิดและการร่วมแสดงความคิดเห็น
- นักเรียนใฝ่เรียนรู้ เกิดข้อสงสัยหรือคำถามเพื่อให้เกิดการอภิปรายในชั้นเรียนและบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ลงในสมุด
- นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ร่วมมือกับเพื่อนทำงานกลุ่ม ให้ทันตามระยะเวลาที่กำหนด

2.2 คำสำคัญในสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด ธรรมชาติการคิดหรือกระบวนการเรียนรู้ ของนักเรียนจากหน่วยการเรียนรู้ก่อนหน้านี้ หรือจากชั้นเรียนก่อนหน้านี้ หรือจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียนที่ครูผู้ที่เกี่ยวข้องกับ เนื้อหาสาระ ทักษะ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ที่กำหนดในข้อ 2.1

- **พื้นที่ผิวทั้งหมดของกรวย** หาได้จากพื้นที่ผิวข้างรวมกับพื้นที่ฐาน
- **รูปคลี่** หมายถึง รูปที่แสดงส่วนต่างๆของรูปเรขาคณิตสามมิติ เมื่อคลี่ออกจะประกอบไปด้วยรูปสองมิติ ที่สามารถประกอบเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติได้

2.3 สถานการณ์ปัญหาในรูปคำสั่งที่ชัดเจนและนักเรียนเข้าใจได้ง่าย

สถานการณ์ปัญหา ในงานเลี้ยงปีใหม่ที่ผ่านมา



คำสั่งที่ 1 นักเรียนจะได้สร้างหมวกเพื่อใส่เอง “โดยหมวกของเราจะเป็นลักษณะมียอดแหลม ซึ่งครูจะให้กระดาษ 1 แผ่น โดยที่หมวกที่สร้างนั้น ต้องไม่มีส่วนที่กระดาษทับซ้อนกัน และมีอุปกรณ์เพิ่มเติมคือ เชือก, ดินสอ, กรรไกร, เทปใส”

คำสั่งที่ 2 นักเรียนใช้กระดาษในการสร้างหมวกไปก็ตารางเซนติเมตร

2.4 การสร้างหรือออกแบบสื่อให้สัมพันธ์กับคำสั่งในสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด โดยมีสื่อหลักที่ใช้ในการสร้างสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด และสื่อเสริมที่จะใช้ในขณะที่นักเรียนนำเสนอแนวคิดต่อชั้นเรียน หรือในเวลาที่ครูสรุปบทเรียน

สื่อหลัก

- หมวกปีใหม่จริง

สื่อเสริม

- รูปภาพหมวกปีใหม่แบบต่างๆ
- แบบจำลองรูปสามมิติของกรวย
- แบบจำลองรูปคลี่ของกรวย

2.5 การกำหนดเวลาที่ใช้ในแต่ละคำสั่ง และการกำหนดคาบพร้อมกับเป้าหมายของบทเรียนของแต่ละคาบ

2.5.1 ชี้นำเสนอสถานการณ์ปัญหา (10 นาที)

ชี้นำเข้าสู่บทเรียน

1. กล่าวทักทายนักเรียนทบทวนเรื่องที่ผ่านมา จากนั้นถามต่อว่า “ในงานเลี้ยงฉลองวันเกิดของเด็กๆ พรอปหรือสิ่งที่ทุกคน ต้องมีประดับงานเลี้ยงคืออะไรคะนักเรียน” (หมวก)
2. ครูถามว่าลักษณะของหมวกปีใหม่คล้ายกับรูปทรงเรขาคณิตสามมิติใดบ้าง
3. ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหา “ดังนั้นในวันนี้ นักเรียนจะได้สร้างหมวกเพื่อใส่เอง โดยหมวกของเราจะเป็นลักษณะมี ยอดแหลมนะคะ ซึ่งครูจะให้กระดาษ 1 แผ่น โดยที่หมวกที่สร้างนั้น

ต้องไม่มีส่วนที่กระดาษทับซ้อนกัน และมีอุปกรณ์เพิ่มเติมคือ เชือก, ดินสอ, กรรไกร, เทปใส” และให้นักเรียนคำนวณหาพื้นที่ของกระดาษที่นักเรียนใช้สร้าง

สถานการณ์ปัญหา ในงานเลี้ยงปีใหม่ที่ผ่านมา



คำสั่งที่ 1 นักเรียนจะได้สร้างหมวกเพื่อใส่เอง “โดยหมวกของเราจะเป็นลักษณะมียอดแหลม

ซึ่งครูจะให้กระดาษ 1 แผ่น โดยที่หมวกที่สร้างนั้น **ต้องไม่มีส่วนที่กระดาษทับซ้อนกัน** และมีอุปกรณ์เพิ่มเติมคือ เชือก, กรรไกร, เทปใส”

คำสั่งที่ 2 นักเรียนใช้กระดาษในการสร้างหมวกไปก็ตารางเซนติเมตร

4. ครูกระตุ้นต่อว่า นักเรียนจะมีวิธีการสร้างหมวกอย่างไร

2.5.2 ชั้นเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน (20 นาที)

5. จัดกลุ่มกลุ่มละ 3-4 คน และให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาพร้อมทั้งมีครูคอยสังเกตแนวคิดของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

2.5.3 ชั้นอภิปรายผลและเปรียบเทียบแนวคิดทั้งชั้นเรียน (15 นาที)

6. ครูให้นักเรียนออกมานำเสนอแนวคิดของตนเองโดยสุ่มจากแนวคิดที่ครูคาดการณ์ไว้ตามลำดับ

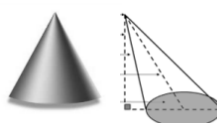
2.5.4 ชั้นสรุปบทเรียนจากการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน (15 นาที)

7. เชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนในแต่ละประเด็น ดังนี้

- ความสัมพันธ์พื้นที่ผิวกรวยกับรูปทรงสองมิติเมื่อเกิดการคลี่รูป
- หมวกที่ไม่ทับซ้อนกันสามารถหาได้จากส่วนของวงกลม
- พื้นที่ของกระดาษที่ใช้สร้างหมวกสามารถหาได้จากแบบจำลองพื้นที่ผิวข้างของกรวย

2.6 การคาดการณ์แนวคิดของนักเรียนที่จะตอบสนองต่อคำสั่งแต่ละคำสั่ง

คำสั่งที่ 1 กรวยเอียง กรวยตรง



คำสั่งที่ 2

แนวคิดที่ 1 พื้นที่ผิวข้างของกรวย = พื้นที่ผิวข้าง

แนวคิดที่ 2 พื้นที่ผิวข้างของกรวย = $(\pi r \times \text{สูงเอียง})$

แนวคิดที่ 3 พื้นที่ผิวข้างกรวย : พื้นที่ของวงกลม = ความยาวรอบรูปของผิวข้าง : ความยาวรอบรูปของวงกลม

แนวคิดที่ 4 พื้นที่ผิวข้างกรวย = อัตราส่วนของวงกลมจากรัศมีฐานที่สร้าง

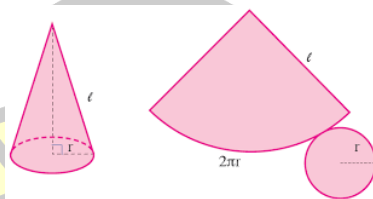
3. การจัดลำดับการนำเสนอแนวคิดของนักเรียนเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงทั้งแนวคิดและความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์และอื่นๆ ของบทเรียนในแต่ละคาบ

- การนำเสนอจะเรียงตามแบบขั้นตอนที่น้อยไปขั้นตอนที่มาก (ตามการคาดการณ์แนวคิด)
- การคำนวณพื้นที่ของกระดาษที่สร้างกรวยจากพื้นที่ของวงกลม,

4. ประเด็นที่จะใช้ในการร่วมอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายของบทเรียนในแต่ละคาบ

- จากความสัมพันธ์ของรูปสองมิติและรูปสามมิติ นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง (พื้นที่ผิวของกรวยประกอบไปด้วยรูปสองมิติใดบ้าง และสามารถหาพื้นที่ของกระดาษที่ใช้สร้างหมวกได้จากพื้นที่ผิวข้างของกรวย)

- นำการคลี่รูปสองมิติไปสู่สูตรการหาพื้นที่ผิวของกรวย



$$\begin{aligned}
 \text{พื้นที่ผิวของกรวย} &= \text{พื้นที่ผิวข้าง} + \text{พื้นที่ฐาน} \\
 &= \text{ผิวข้างเป็นรูปสามเหลี่ยมฐานโค้ง} + \text{พื้นที่ฐานเป็นรูปวงกลม} \\
 &= \pi r l + \pi r^2 \\
 &= \pi r (l + r)
 \end{aligned}$$

- คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน Math in real life คืออะไร
- นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างจากเรื่องนี้บ้าง พร้อมยกตัวอย่างกรวยในชีวิตประจำวัน

5. การวัดและประเมินผล

ด้านที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้วัด	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านความรู้ 1.อธิบายความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิตสองมิติที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ผิวของกรวย และสามารถหาพื้นที่ผิวของกรวยได้	1. สังเกตจากการทำกิจกรรม 2. สังเกตจากการตอบคำถาม	- ใบกิจกรรม - การตอบคำถาม	1. นักเรียนทำได้ถูกต้องไม่ต่ำกว่า 70% ของนักเรียนทั้งหมด 2. นักเรียนนำเสนอแนวคิดได้อย่างสมเหตุสมผล
ด้านทักษะกระบวนการ 1.สามารถสร้างแบบจำลองและคลี่รูปเพื่อประยุกต์ในการหาพื้นที่ผิวทั้งหมดของกรวยได้	1. สังเกตจากการทำกิจกรรม 2. สังเกตจากการนำเสนอ	- การนำเสนอแนวคิดของนักเรียนและการตอบคำถาม	1. นำเสนอแนวคิดได้อย่างสมเหตุสมผล 2. นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายไม่ต่ำกว่า 70%
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 1. มีความกล้าแสดงออก 2. มีความสามัคคีและร่วมมือกันทำงาน 3. มีระเบียบวินัยในการอยู่ร่วมกัน และการเรียนรู้	1. สังเกตจากการทำกิจกรรม	- การสังเกต - ใบกิจกรรม	คะแนน 0 ระดับคุณภาพปรับปรุง คะแนน 1 ระดับคุณภาพพอใช้ คะแนน 2 ระดับคุณภาพดี คะแนน 2 ระดับคุณภาพดีมาก

พูน ปณ จิต ชีเว

ใบกิจกรรมที่ 9

กิจกรรม “ห่มววันปีใหม่”

สถานการณ์ปัญหา สถานการณ์ปัญหา ในงานเลี้ยงปีใหม่ที่ผ่านมา



คำสั่งที่ 1 นักเรียนจะได้สร้างห่มวเพื่อใส่เอง “โดยห่มวของเราจะเป็นลักษณะมียอดแหลม ซึ่งครูจะให้กระดาษ 1 แผ่น โดยที่ห่มวที่สร้างนั้นต้องมีส่วนที่กระดาษทับซ้อนกัน และมีอุปกรณ์เพิ่มเติมคือ เชือก, กรรไกร, เทปใส”

 แนวคิด

 **คำสั่งที่ 2** นักเรียนใช้กระดาษในการสร้างห่มวไปที่ตารางเซนติเมตร

รายชื่อสมาชิกชั้นม.2

1.
2.
3.
4.

6. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ เรื่อง เวลา

กิจกรรมเรื่อง.....แผนการจัดการเรียนรู้ที่.....

สอนวันที่..... ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่..... ภาคเรียนที่ 2/2567

ผลการสอน

ปัญหา/อุปสรรค

แนวทางการแก้ไข/ข้อเสนอแนะ

ลงชื่อ

(นางสาวสิริสรณ์ ศรีสองเมือง)

ตำแหน่ง ครู

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์

สังเกตพฤติกรรมวันที่ เดือน พ.ศ. ชั้น จำนวน คน

ที่	ชื่อ-สกุล	แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์												รวมคะแนน
		1) มีส่วนร่วมกับกิจกรรมในชั้นเรียนและทำงานเป็นระเบียบเรียบร้อย				2) มีความตั้งใจในการทำงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงต่อเวลา				3) มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงต่อเวลา				
		3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														

คำชี้แจง ให้ผู้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนทำเครื่องหมายถูกลงในช่องที่นักเรียนแสดงพฤติกรรมบันทึกเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(นางสาวสิริสรณ์ ศรีสองเมือง)

ตำแหน่ง ครู

เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์

เกณฑ์การให้คะแนนการมีส่วนร่วมกับกิจกรรมในชั้นเรียนและทำงานเป็นระเบียบเรียบร้อย

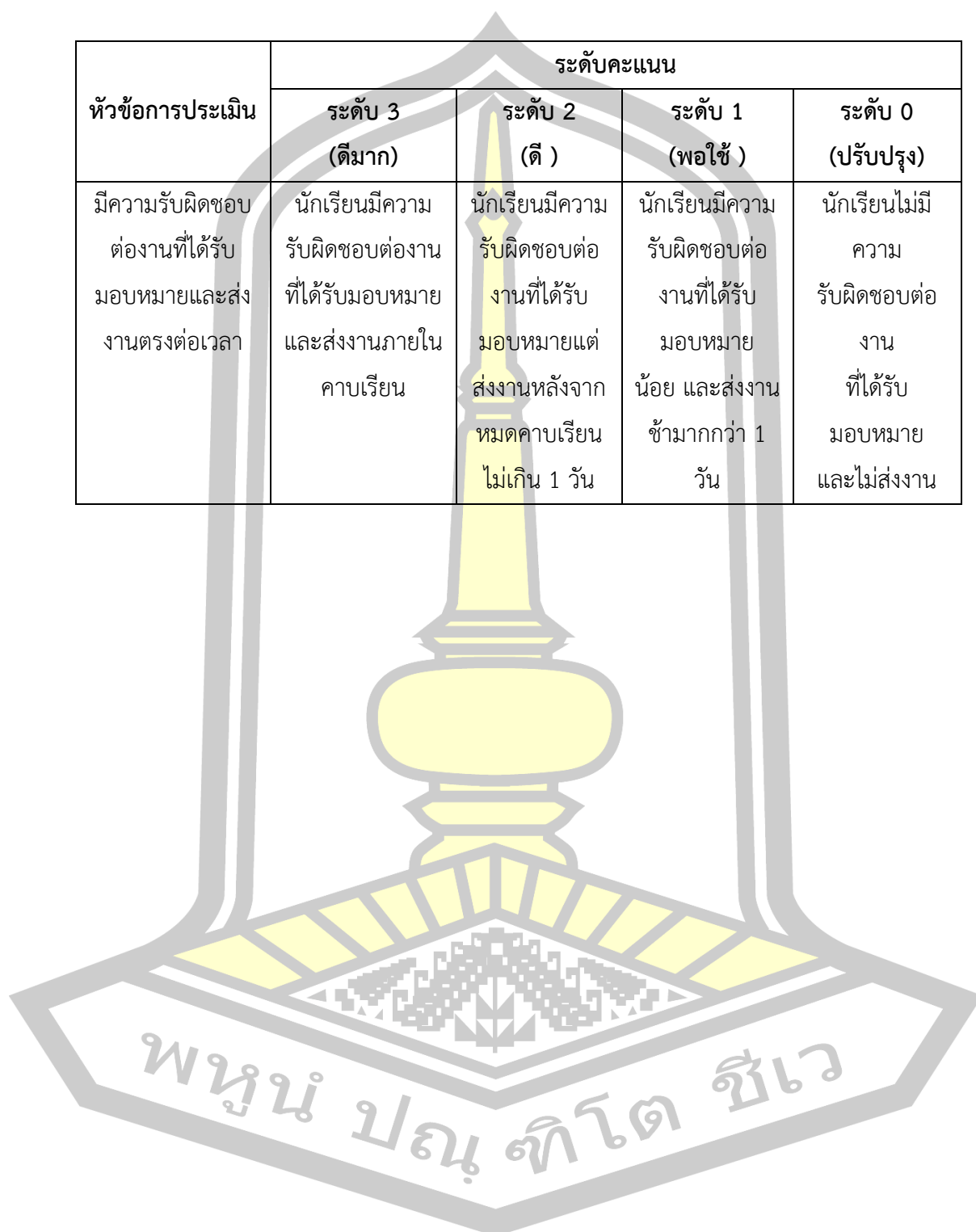
หัวข้อการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ระดับ 3 (ดีมาก)	ระดับ 2 (ดี)	ระดับ 1 (พอใช้)	ระดับ 0 (ปรับปรุง)
มีส่วนร่วมกับกิจกรรมในชั้นเรียนและทำงานเป็นระเบียบเรียบร้อย	นักเรียนมีส่วนร่วมกับกิจกรรมในชั้นเรียนและทำงานที่สั่งในคาบเป็นระเบียบเรียบร้อย	นักเรียนมีส่วนร่วมกับกิจกรรมในชั้นเรียน แต่ทำงานไม่เป็นระเบียบหรือทำงานเป็นระเบียบเรียบร้อยแต่ไม่มีส่วนร่วมกับกิจกรรมในชั้นเรียน	นักเรียนทำงานมีความเป็นระเบียบน้อย และมีส่วนร่วมกับกิจกรรมในชั้นเรียนน้อย	นักเรียนไม่มีส่วนร่วมกับกิจกรรมในชั้นเรียนและทำงานไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย

เกณฑ์การให้คะแนนการมีความตั้งใจในการทำงานและส่งงานตรงต่อเวลา

หัวข้อการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ระดับ 3 (ดีมาก)	ระดับ 2 (ดี)	ระดับ 1 (พอใช้)	ระดับ 0 (ปรับปรุง)
มีความตั้งใจในการทำงานและส่งงานตรงต่อเวลา	นักเรียนมีความตั้งใจในการทำงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานภายในคาบเรียน	นักเรียนมีความตั้งใจในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย แต่ส่งงานไม่ทันภายในคาบและส่งงานภายในวันที่เรียน	นักเรียนมีความตั้งใจในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย ส่งงานช้าเกิน 1 วัน หรือ ไม่มีความตั้งใจในการทำงานที่ได้รับมอบหมายแต่ส่งงานภายในคาบเรียน	นักเรียนไม่มีความตั้งใจในการทำงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานภายในคาบเรียน

เกณฑ์การให้คะแนนการมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงต่อเวลา

หัวข้อการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ระดับ 3 (ดีมาก)	ระดับ 2 (ดี)	ระดับ 1 (พอใช้)	ระดับ 0 (ปรับปรุง)
มีความรับผิดชอบ ต่องานที่ได้รับ มอบหมายและส่ง งานตรงต่อเวลา	นักเรียนมีความ รับผิดชอบต่องาน ที่ได้รับมอบหมาย และส่งงานภายใน คาบเรียน	นักเรียนมีความ รับผิดชอบต่อ งานที่ได้รับ มอบหมายแต่ ส่งงานหลังจาก หมดคาบเรียน ไม่เกิน 1 วัน	นักเรียนมีความ รับผิดชอบต่อ งานที่ได้รับ มอบหมาย น้อย และส่งงาน ช้ามากกว่า 1 วัน	นักเรียนไม่มี ความ รับผิดชอบต่อ งาน ที่ได้รับ มอบหมาย และไม่ส่งงาน



แบบสังเกตพฤติกรรมกลุ่ม

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร กิจกรรม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สอน วันที่.....เดือน..... 2567

กลุ่มที่(ชื่อกลุ่ม).....

สมาชิกในกลุ่ม 1.....

2.....

3.....

3.....

คำชี้แจง : ให้กาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริง

ที่	รายการประเมิน								ระดับคะแนน	แผนภูมิ	ผ่าน/ไม่ผ่าน
	นักเรียนมีส่วนร่วม ในการทำงานเป็นกลุ่ม				มีความสนใจในการทำ กิจกรรม						
	3	2	1	0	3	2	1	0			
1											
2											
3											
4											

คุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน
ดี	คะแนนรวม 5-6
ปานกลาง	คะแนนรวม 4-3
ปรับปรุง	คะแนนต่ำกว่า 2

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(นางสาวสิริสรณ์ ศรีสองเมือง)

ตำแหน่ง ครู

เกณฑ์การให้คะแนนการทำงานกลุ่ม

ประเด็น การประเมิน	ระดับคะแนน 3	ระดับคะแนน 2	ระดับคะแนน 1	ระดับคะแนน 0
นักเรียนมีส่วนร่วม ในการทำงานเป็น กลุ่ม	สมาชิกภายใน กลุ่มให้ความ ร่วมมือในการ ทำงาน ยอมรับฟัง ความคิดเห็น และ แสดงความคิดเห็น อยู่บ่อยครั้ง	สมาชิกภายใน กลุ่มให้ความ ร่วมมือในการ ทำงาน ยอมรับฟัง ความคิดเห็น และ แสดงความ คิดเห็นเป็น บางครั้ง	สมาชิกภายใน กลุ่มให้ความ ร่วมมือในการ ทำงาน ยอมรับฟัง ความคิดเห็น และ แสดงความ คิดเห็นอย่างใด อย่างหนึ่ง	สมาชิกภายใน กลุ่มหลีกเลี่ยง การให้ความ ร่วมมือในการ ทำงาน ยอมรับ ฟังความคิดเห็น และแสดงความ คิดเห็น
มีความสนใจใน การทำกิจกรรม	สมาชิกในกลุ่มมี ความสนใจใน กิจกรรมและตอบ คำถามสม่ำเสมอ	สมาชิกในกลุ่มมี ความสนใจใน กิจกรรมและตอบ คำถามเป็น บางครั้ง	สมาชิกในกลุ่มมี ความสนใจใน กิจกรรมและตอบ คำถามเพียงอย่าง ใดอย่างหนึ่ง	สมาชิกในกลุ่ม ไม่ให้ความ สนใจใน กิจกรรมและไม่ ตอบคำถาม สม่ำเสมอ



แบบประเมินกระบวนการทางคณิตศาสตร์ความสามารถในการแก้ปัญหา

สังเกตพฤติกรรมวันที่ เดือน พ.ศ. ชั้น จำนวน คน

คำชี้แจง ให้ครูผู้สอนเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง เมื่อนักเรียนมีลักษณะตามเกณฑ์ที่ต้องการ

ที่	ชื่อ-สกุล	การแก้ปัญหา				คะแนนรวม	สรุป
		ขั้นทำความเข้าใจ ปัญหา (2)	ขั้นหาแนวทาง วางแผนแก้ปัญหา (2)	ขั้นดำเนินการ แก้ปัญหา (2)	ขั้นตรวจสอบผล (2)		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(นางสาวสิริสรค์ ศรีสองเมือง)

ตำแหน่ง ครู

พูน ปณ ทัต ชีเว

เกณฑ์การประเมินกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหา

การประเมิน	คะแนน	พฤติกรรมในการแก้ปัญหาที่ปรากฏ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	2	มีเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความที่แสดงความเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้อง ครบถ้วน ชัดเจน
	1	มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความที่ แสดงถึงความเข้าใจในปัญหาเพียงบางส่วน หรือมีบางส่วนเข้าใจไม่ถูกต้อง หรือแปลความหมายของปัญหาบางส่วนผิด
	0	ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความ ที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหา
ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา	2	มีการเขียนวางแผนการแก้ปัญหาและสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน ครบถ้วน ซึ่งนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม
	1	มีการเขียนวางแผนการแก้ปัญหา แต่ไม่เหมาะสม หรือสื่อความหมายไม่ชัดเจน
	0	ไม่มีการวางแผนการแก้ปัญหา หรือมีการเขียนแผนการแก้ปัญหา แต่ไม่สื่อความหมาย
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	2	มีการแสดงวิธีการทำเป็นลำดับขั้นตอน สื่อความหมายชัดเจนสมบูรณ์ ไม่มี ความผิดพลาดในการคำนวณ แต่อาจมีการเขียนสัญลักษณ์ บางอย่างที่ไม่ส่งผลต่อการหาคำตอบผิดพลาดเล็กน้อย
	1	มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความแสดงวิธีทำที่เหมาะสม เกือบสมบูรณ์ หรือเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความสมบูรณ์แต่มีการคำนวณผิดพลาด
	0	ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความ ใดเลยหรือมีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียน ข้อความแต่ไม่ใช่วิธีที่จะนำไปสู่คำตอบที่ต้องการ
ขั้นตรวจสอบผล	2	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจสอบคำตอบที่เหมาะสมถูกต้องสมบูรณ์ ไม่มีข้อผิดพลาดใดเลย
	1	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจสอบคำตอบที่เหมาะสมถูกต้อง แต่มีความผิดพลาดในการคำนวณหรือเขียนสัญลักษณ์ผิดพลาด
	0	ไม่มีการเขียนหรือแสดงการตรวจสอบคำตอบ หรือมีการเขียนแสดงการตรวจคำตอบไม่เหมาะสม ไม่สามารถยืนยันคำตอบที่คำนวณได้

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ชุดที่ 1)

เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร

ชื่อ - สกุล ชั้น ม. 2 เลขที่

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบชนิดอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบวัด 50 นาที
2. ให้นักเรียนแสดงขั้นตอนในการแก้ปัญหาและหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดให้ แต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 8 คะแนน คะแนนเต็ม 24 คะแนน ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Rubric Analysis Scoring) ดังนี้

การประเมิน	คะแนน	พฤติกรรมการแก้ปัญหาที่ปรากฏ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	2	มีเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความที่แสดงความเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้อง ครบถ้วน ชัดเจน
	1	มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหาเพียงบางส่วน หรือมีบางส่วนเข้าใจไม่ถูกต้อง หรือแปลความหมายของปัญหาบางส่วนผิด
	0	ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความ ที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหา
ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา	2	มีการเขียนวางแผนการแก้ปัญหาและสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน ครบถ้วนซึ่งนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม
	1	มีการเขียนวางแผนการแก้ปัญหา แต่ไม่เหมาะสม หรือสื่อความหมายไม่ชัดเจน
	0	ไม่มีการวางแผนการแก้ปัญหา หรือมีการเขียนแผนการแก้ปัญหา แต่ไม่สื่อความหมาย
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	2	มีการแสดงวิธีการทำเป็นลำดับขั้นตอน สื่อความหมายชัดเจนสมบูรณ์ ไม่มีความผิดพลาดในการคำนวณ แต่อาจมีการเขียนสัญลักษณ์ บางอย่างที่ไม่ส่งผลต่อการหาคำตอบผิดพลาดเล็กน้อย
	1	มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความแสดงวิธีทำที่เหมาะสม เกือบสมบูรณ์ หรือเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความสมบูรณ์แต่มีการคำนวณผิดพลาด
	0	ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความ ใดเลยหรือมีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียน ข้อความแต่ไม่ใช่วิธีที่จะนำไปสู่คำตอบที่ต้องการ
ขั้นตรวจสอบผล	2	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจสอบคำตอบที่เหมาะสมถูกต้องสมบูรณ์ ไม่มีข้อผิดพลาดใดเลย
	1	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจสอบคำตอบที่เหมาะสมถูกต้อง แต่มีความผิดพลาดในการคำนวณ หรือเขียนสัญลักษณ์ผิดพลาด
	0	ไม่มีการเขียนหรือแสดงการตรวจสอบคำตอบ หรือมีการเขียนแสดงการตรวจสอบคำตอบไม่เหมาะสม ไม่สามารถยืนยันคำตอบที่คำนวณได้

1.อธิบายความแตกต่างระหว่างรูปร่าง (shape) และรูปทรง 3 มิติ (3D form) พร้อมยกตัวอย่างประกอบ

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

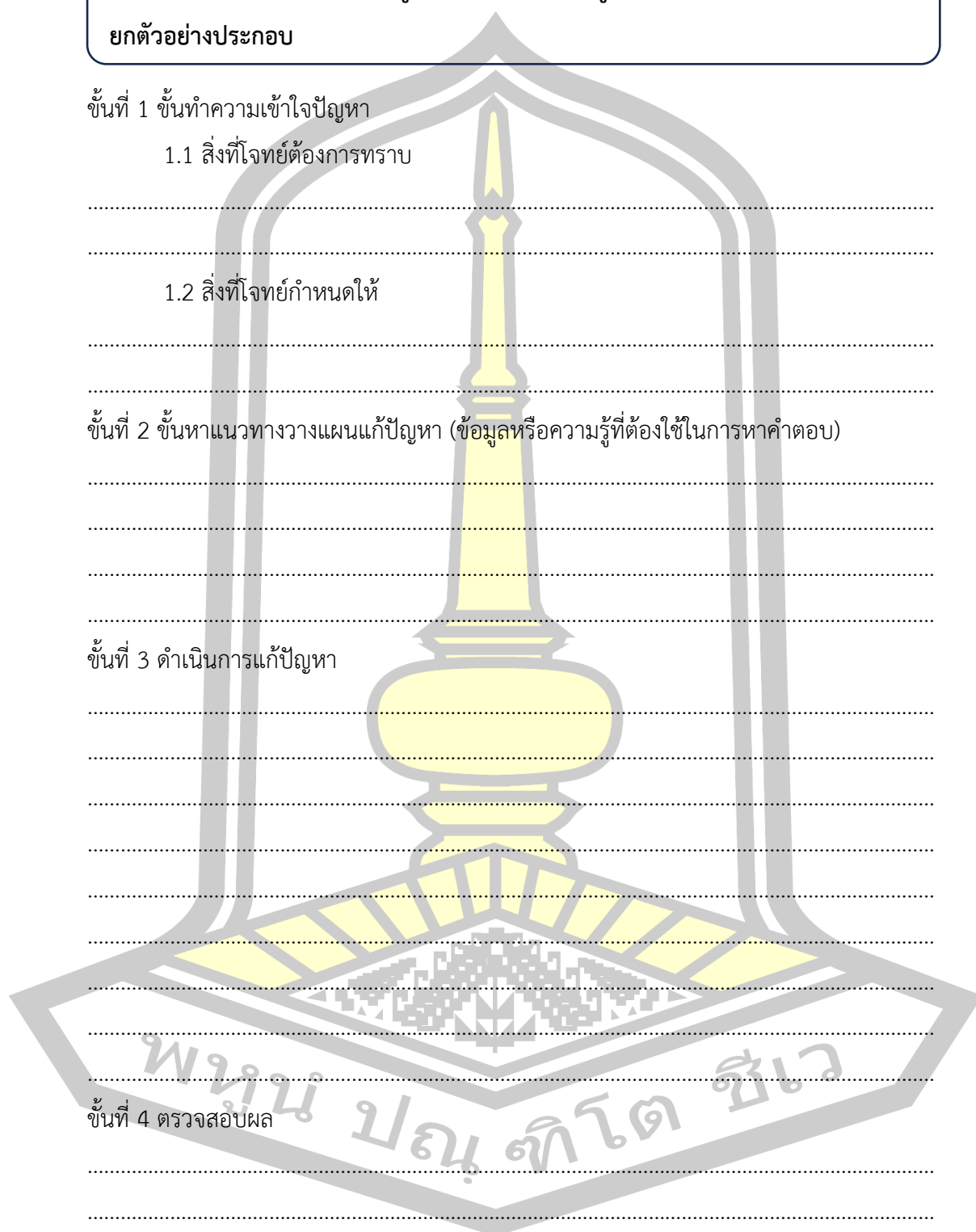
1.1 สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการทราบ

1.2 สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนดให้

ขั้นที่ 2 ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล



2. จงยกตัวอย่างสิ่งของในชีวิตประจำวันที่มีลักษณะคล้ายกับรูปทรงต่อไปนี้
ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย ทรงกลม พร้อมอธิบายเหตุผล

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

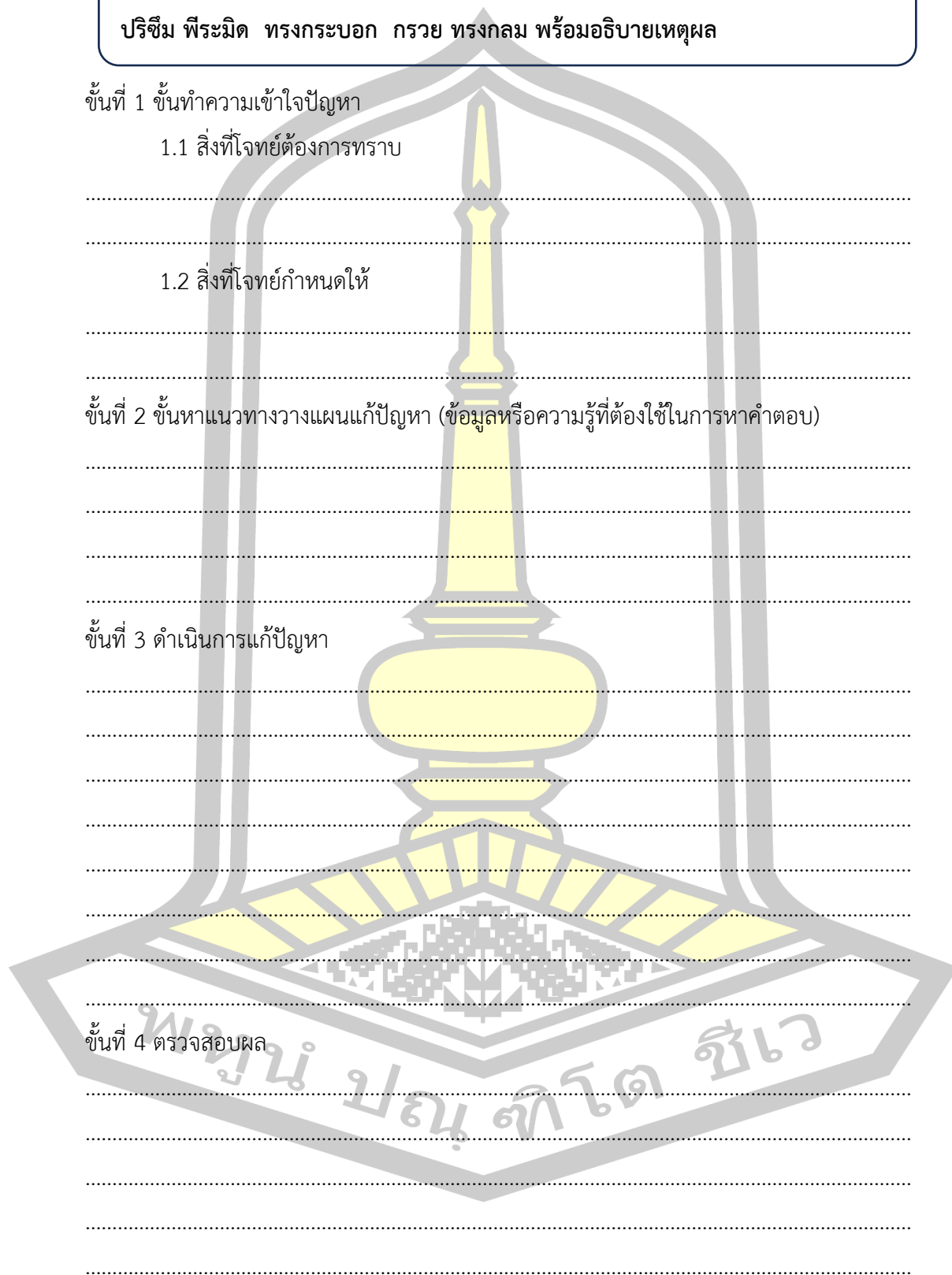
1.1 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

1.2 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

ขั้นที่ 2 ค้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล



3. นิวซื้อแท่งเหล็กท่อนหนึ่งมีฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากวัดความยาวของฐานได้ยาว 12 เซนติเมตร ความกว้าง 8 เซนติเมตร แท่งเหล็กสูง 50 เซนติเมตร ถ้านิวต้องการทาสีแท่งเหล็กท่อนนี้เพื่อนำไปสร้างโมเดล จงหาว่าพื้นที่ที่นิวต้องการทาสีนี้เป็นเท่าใด

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่งที่เกี่ยวข้องต้องการทราบ

1.2 สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนดให้

ขั้นที่ 2 ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

พูน ปณ จิโต ชเว

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ชุดที่ 2)

เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร

ชื่อ - สกุล ชั้น ม. 2 เลขที่

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบชนิดอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบวัด 50 นาที
2. ให้นักเรียนแสดงขั้นตอนในการแก้ปัญหาและหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดให้ แต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 8 คะแนน คะแนนเต็ม 24 คะแนน ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Rubric Analysis Scoring) ดังนี้

การประเมิน	คะแนน	พฤติกรรมในการแก้ปัญหาที่ปรากฏ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	2	มีเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความที่แสดงความเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้อง ครบถ้วน ชัดเจน
	1	มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหาเพียงบางส่วน หรือมีบางส่วนเข้าใจไม่ถูกต้อง หรือแปลความหมายของปัญหาบางส่วนผิด
	0	ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความ ที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหา
ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา	2	มีการเขียนวางแผนการแก้ปัญหาและสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน ครบถ้วนซึ่งนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม
	1	มีการเขียนวางแผนการแก้ปัญหา แต่ไม่เหมาะสม หรือสื่อความหมายไม่ชัดเจน
	0	ไม่มีการวางแผนการแก้ปัญหา หรือมีการเขียนแผนการแก้ปัญหา แต่ไม่สื่อความหมาย
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	2	มีการแสดงวิธีการทำเป็นลำดับขั้นตอน สื่อความหมายชัดเจนสมบูรณ์ ไม่มีความผิดพลาดในการคำนวณ แต่อาจมีการเขียนสัญลักษณ์ บางอย่างที่ไม่ส่งผลต่อการหาคำตอบผิดพลาดเล็กน้อย
	1	มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความแสดงวิธีทำที่เหมาะสม เกือบสมบูรณ์ หรือเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความสมบูรณ์แต่มีการคำนวณผิดพลาด
	0	ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความใดเลยหรือมีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียน ข้อความแต่ไม่ใช่วิธีที่จะนำไปสู่คำตอบที่ต้องการ
ขั้นตรวจสอบผล	2	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจสอบคำตอบที่เหมาะสมถูกต้องสมบูรณ์ ไม่มีข้อผิดพลาดใดเลย
	1	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบที่เหมาะสมถูกต้อง แต่มีความผิดพลาดในการคำนวณหรือเขียนสัญลักษณ์ผิดพลาด
	0	ไม่มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบ หรือมีการเขียนแสดงการตรวจคำตอบไม่เหมาะสม ไม่สามารถยืนยันคำตอบที่คำนวณได้

1. จะจำอ่านข้อมูลจากข้างกล่องทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสใบหนึ่งว่าสามารถจุน้ำได้ปริมาตรมากถึง 343 ลูกบาศก์เมตร ลงหว่ากล่องของจะจำใบนี้มีความยาวด้านละเท่าไร

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

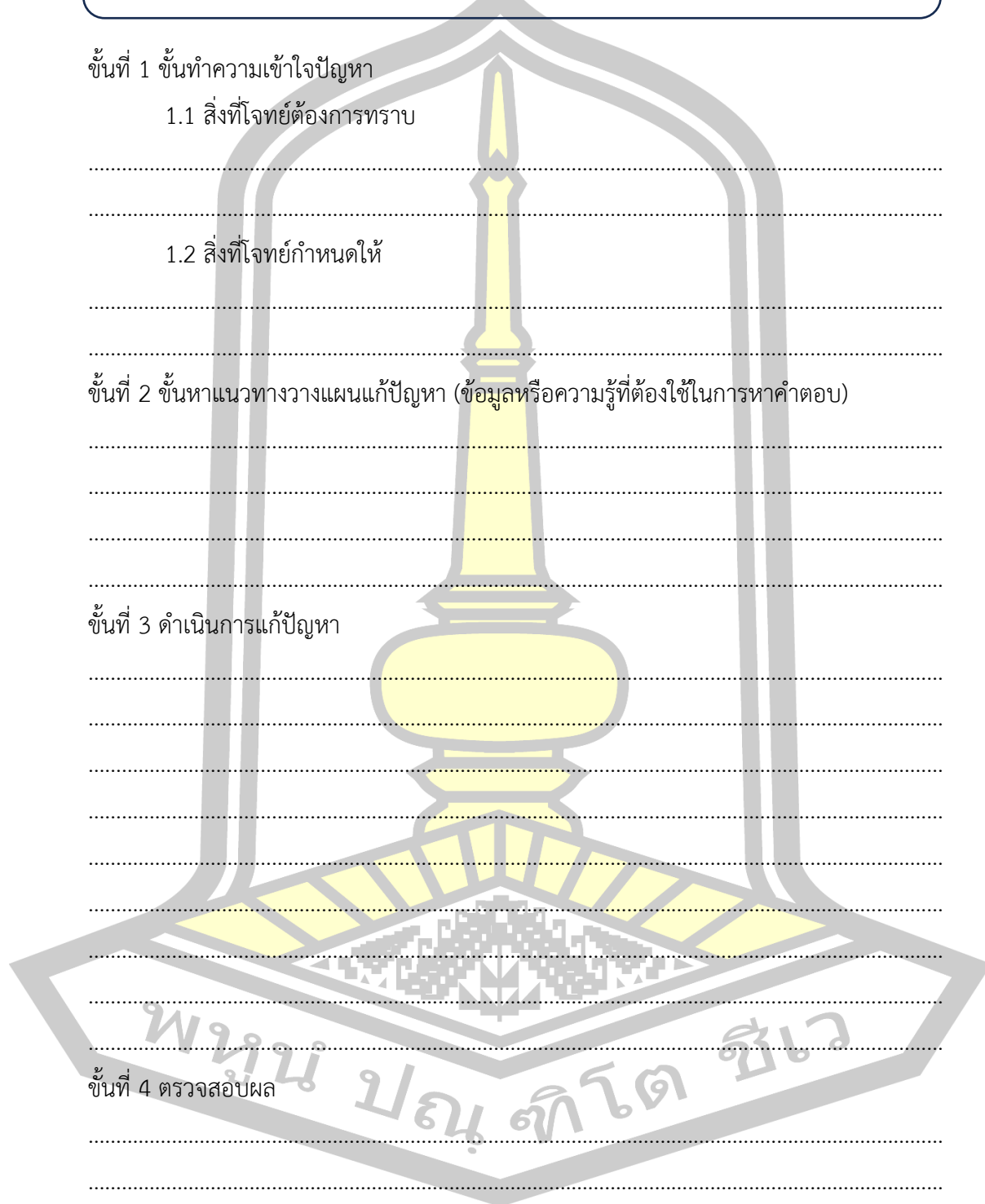
1.1 สิ่งที่เกี่ยวข้องต้องการทราบ

1.2 สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนดให้

ขั้นที่ 2 ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล



2. เชี่ยวต่อการกางเต็นท์ผ้าใบทรงพีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่าขนาดใหญ่ที่มีฐานยาวด้านละ 12 เมตร และตอกหมุดระหว่างจุดยอดลงมากับดินตามมุมของฐาน ยาว 10 เมตร จงหาพื้นที่ผ้าใบที่ใช้ในการกางเต็นท์ครั้งนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่ง โจทย์ต้องการทราบ

1.2 สิ่ง โจทย์กำหนดให้

ขั้นที่ 2 ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

พจนานุกรมศัพท์คณิตศาสตร์

3. ครูดำนำโลหะตันรูปทรงปริซึมฐานสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร ไปหลอมเป็นรูปทรงพีระมิดที่มีฐานเท่าเดิม จงหาว่าพีระมิดใหม่ที่หลอมได้ สูงเท่าใด

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่ง โจทย์ต้องการทราบ

1.2 สิ่ง โจทย์กำหนดให้

ขั้นที่ 2 ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

พจนานุกรมศัพท์คณิตศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ชุดที่ 3)

เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร

ชื่อ - สกุล ชั้น ม. 2 เลขที่

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบชนิดอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบวัด 50 นาที
2. ให้นักเรียนแสดงขั้นตอนในการแก้ปัญหาและหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดให้ แต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 8 คะแนน คะแนนเต็ม 24 คะแนน ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Rubric Analysis Scoring) ดังนี้

การประเมิน	คะแนน	พฤติกรรมในการแก้ปัญหาที่ปรากฏ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	2	มีเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความที่แสดงความเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้อง ครบถ้วน ชัดเจน
	1	มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหาเพียงบางส่วน หรือมีบางส่วนเข้าใจไม่ถูกต้อง หรือแปลความหมายของปัญหาบางส่วนผิด
	0	ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความ ที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหา
ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา	2	มีการเขียนวางแผนการแก้ปัญหาและสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน ครบถ้วนซึ่งนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม
	1	มีการเขียนวางแผนการแก้ปัญหา แต่ไม่เหมาะสม หรือสื่อความหมายไม่ชัดเจน
	0	ไม่มีการวางแผนการแก้ปัญหา หรือมีการเขียนแผนการแก้ปัญหา แต่ไม่สื่อความหมาย
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	2	มีการแสดงวิธีการทำเป็นลำดับขั้นตอน สื่อความหมายชัดเจนสมบูรณ์ ไม่มีความผิดพลาดในการคำนวณ แต่อาจมีการเขียนสัญลักษณ์ บางอย่างที่ไม่ส่งผลต่อการหาคำตอบผิดพลาดเล็กน้อย
	1	มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความแสดงวิธีทำที่เหมาะสม เกือบสมบูรณ์ หรือเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความสมบูรณ์แต่มีการคำนวณผิดพลาด
	0	ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความใดเลยหรือมีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียน ข้อความแต่ไม่ใช่วิธีที่จะนำไปสู่คำตอบที่ต้องการ
ขั้นตรวจสอบผล	2	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจสอบคำตอบที่เหมาะสมถูกต้องสมบูรณ์ ไม่มีข้อผิดพลาดใดเลย
	1	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบที่เหมาะสมถูกต้อง แต่มีความผิดพลาดในการคำนวณหรือเขียนสัญลักษณ์ผิดพลาด
	0	ไม่มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบ หรือมีการเขียนแสดงการตรวจคำตอบไม่เหมาะสม ไม่สามารถยืนยันคำตอบที่คำนวณได้

1. อังเปาจะต้องใช้กระดาษตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความกว้างและความยาวกี่ เซนติเมตร สำหรับปิดรอบข้างกระป๋องทรงบอกใบหนึ่งซึ่งสูง 18 เซนติเมตร ฐานมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 7 เซนติเมตร

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่งที่เกี่ยวข้องต้องการทราบ

1.2 สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนดให้

ขั้นที่ 2 ค้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

พูน บัญชี โต ชีว

2. อืมอาต้องการทำเค้กช็อคโกแลตรูปทรงกระบอกชั้นหนึ่งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 21 เซนติเมตร เป็นชั้นๆ ดังนี้

ชั้นที่ 1 เป็นเนื้อเค้กหนา 2 ซม. ชั้นที่ 2 เป็นครีมหนา 1.5 ซม.

ชั้นที่ 3 เป็นเนื้อเค้กหนา 1.5 ซม. ชั้นที่ 4 ซอสช็อคโกแลตหนา 2 ซม.

ถ้าอืมอาต้องการแบ่งเค้กให้เพื่อน โดยแบ่งจากมุมที่จุดศูนย์กลางให้ได้ 6 ชิ้นเท่าๆ กัน จงหาว่าเพื่อนแต่ละคนจะได้เค้กที่มีปริมาตรเท่าใด

ชั้นที่ 1 ชั้นทำความเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่งทีโจทย์ต้องการทราบ

1.2 สิ่งทีโจทย์กำหนดให้

ชั้นที่ 2 ค้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

ชั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ชั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

3. เติ้นท์ผ้าใบรูปทรงกรวยกลมหลังหนึ่งมีพื้นที่ผิวข้าง 264 ตารางเมตร ระยะห่างระหว่างจุดยอดไปถึงรอบๆฐานของเต็นท์คือ 12 เมตร ถ้าคุณครูอยากปูผ้าใบที่บริเวณฐานของเต็นท์ให้พอดีรอบฐาน จงหาว่าครูต้องเตรียมผ้าใบปร่างใด และใช้ผ้าใบพื้นที่เท่าใด

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่งที่เกี่ยวข้องต้องการทราบ

1.2 สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนดให้

ขั้นที่ 2 ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

พหุบัน ปณ จิตโต ชเว

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ชุดที่ 4)

เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร

ชื่อ - สกุล ชั้น ม. 2 เลขที่

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบชนิดอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบวัด 50 นาที
2. ให้นักเรียนแสดงขั้นตอนในการแก้ปัญหาและหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดให้ แต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 8 คะแนน คะแนนเต็ม 24 คะแนน ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Rubric Analysis Scoring) ดังนี้

การประเมิน	คะแนน	พฤติกรรมในการแก้ปัญหาที่ปรากฏ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	2	มีเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความที่แสดงความเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้อง ครบถ้วน ชัดเจน
	1	มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหาเพียงบางส่วน หรือมีบางส่วนเข้าใจไม่ถูกต้อง หรือแปลความหมายของปัญหาบางส่วนผิด
	0	ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความ ที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหา
ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา	2	มีการเขียนวางแผนการแก้ปัญหาและสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน ครบถ้วนซึ่งนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม
	1	มีการเขียนวางแผนการแก้ปัญหา แต่ไม่เหมาะสม หรือสื่อความหมายไม่ชัดเจน
	0	ไม่มีการวางแผนการแก้ปัญหา หรือมีการเขียนแผนการแก้ปัญหา แต่ไม่สื่อความหมาย
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	2	มีการแสดงวิธีการทำเป็นลำดับขั้นตอน สื่อความหมายชัดเจนสมบูรณ์ ไม่มีความผิดพลาดในการคำนวณ แต่อาจมีการเขียนสัญลักษณ์ บางอย่างที่ไม่ส่งผลต่อการหาคำตอบผิดพลาดเล็กน้อย
	1	มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความแสดงวิธีทำที่เหมาะสม เกือบสมบูรณ์ หรือเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความสมบูรณ์แต่มีการคำนวณผิดพลาด
	0	ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความใดเลยหรือมีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียน ข้อความแต่ไม่ใช่วิธีที่จะนำไปสู่คำตอบที่ต้องการ
ขั้นตรวจสอบผล	2	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจสอบคำตอบที่เหมาะสมถูกต้องสมบูรณ์ ไม่มีข้อผิดพลาดใดเลย
	1	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบที่เหมาะสมถูกต้อง แต่มีความผิดพลาดในการคำนวณหรือเขียนสัญลักษณ์ผิดพลาด
	0	ไม่มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบ หรือมีการเขียนแสดงการตรวจคำตอบไม่เหมาะสม ไม่สามารถยืนยันคำตอบที่คำนวณได้

1. กรวยกระต่ายสำหรับใส่น้ำ ตีมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูงประมาณ 0.12 เมตร ถ้าถังน้ำใบหนึ่งบรรจุน้ำ ตีมีไว้ $1,800\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จะต้องเตรียมกรวยกระต่ายไว้ ประมาณกี่ใบจึงจะบรรจุน้ำได้ทั้งหมด

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่งที่เกี่ยวข้องต้องการทราบ

1.2 สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนดให้

ขั้นที่ 2 ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

พจนานุกรม ปณ จิต โท ชีวะ

2. โลกมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวประมาณ 12,640 กิโลเมตร จงหาความยาวของเส้น
ศูนย์สูตร และพื้นที่ผิวโลก

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

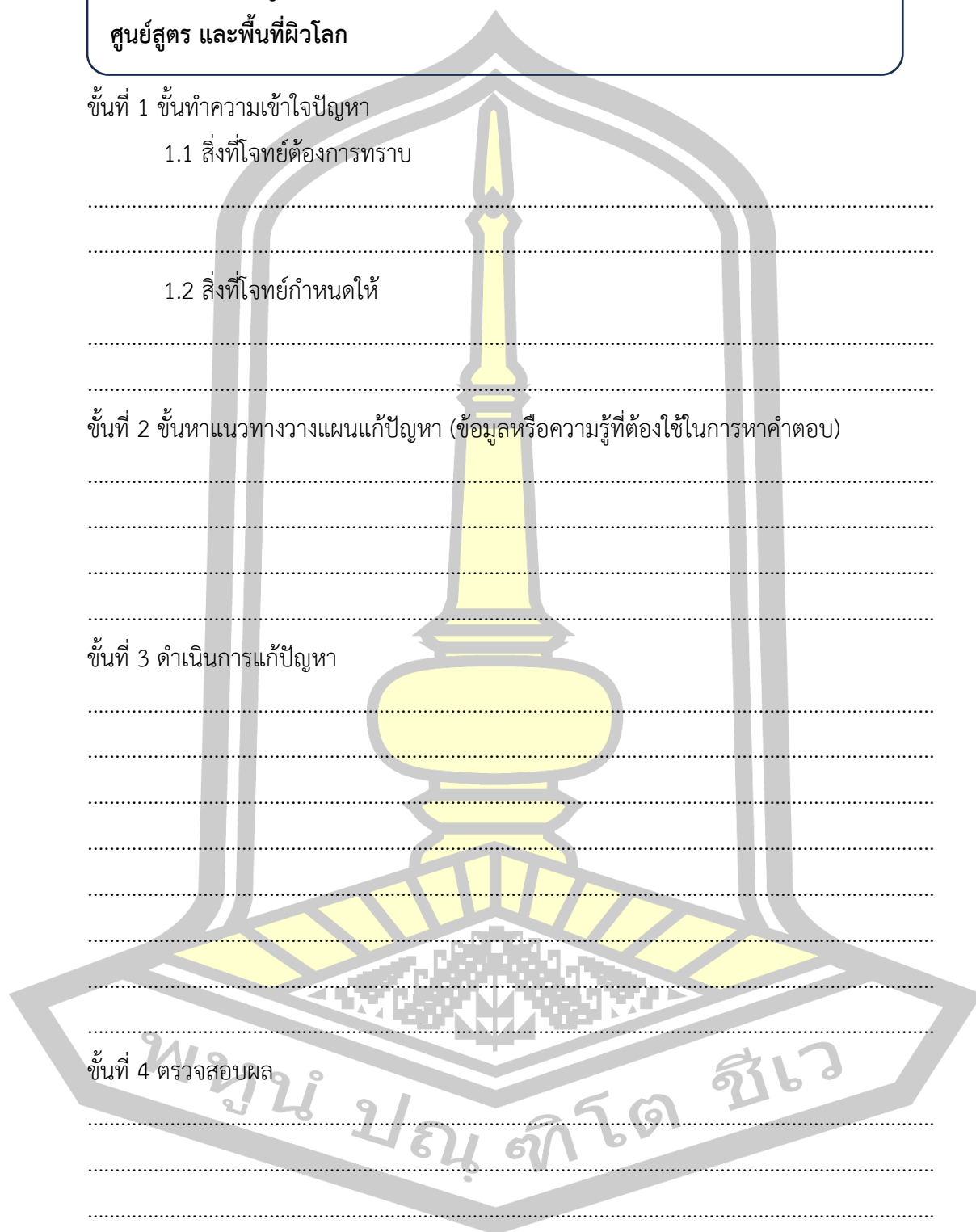
1.1 สิ่ง โจทย์ต้องการทราบ

1.2 สิ่ง โจทย์กำหนดให้

ขั้นที่ 2 ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล



3. ครูดำนำทรงกลมตันสามลูกมีรัศมี 3 นิ้ว, 4 นิ้ว และ 5 นิ้ว ตามลำดับ มาหลอมเป็น
ลูกทรงกลมเพียงลูกเดียว ลูกทรงกลมลูกใหม่นี้จะมีรัศมีเท่าใด

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

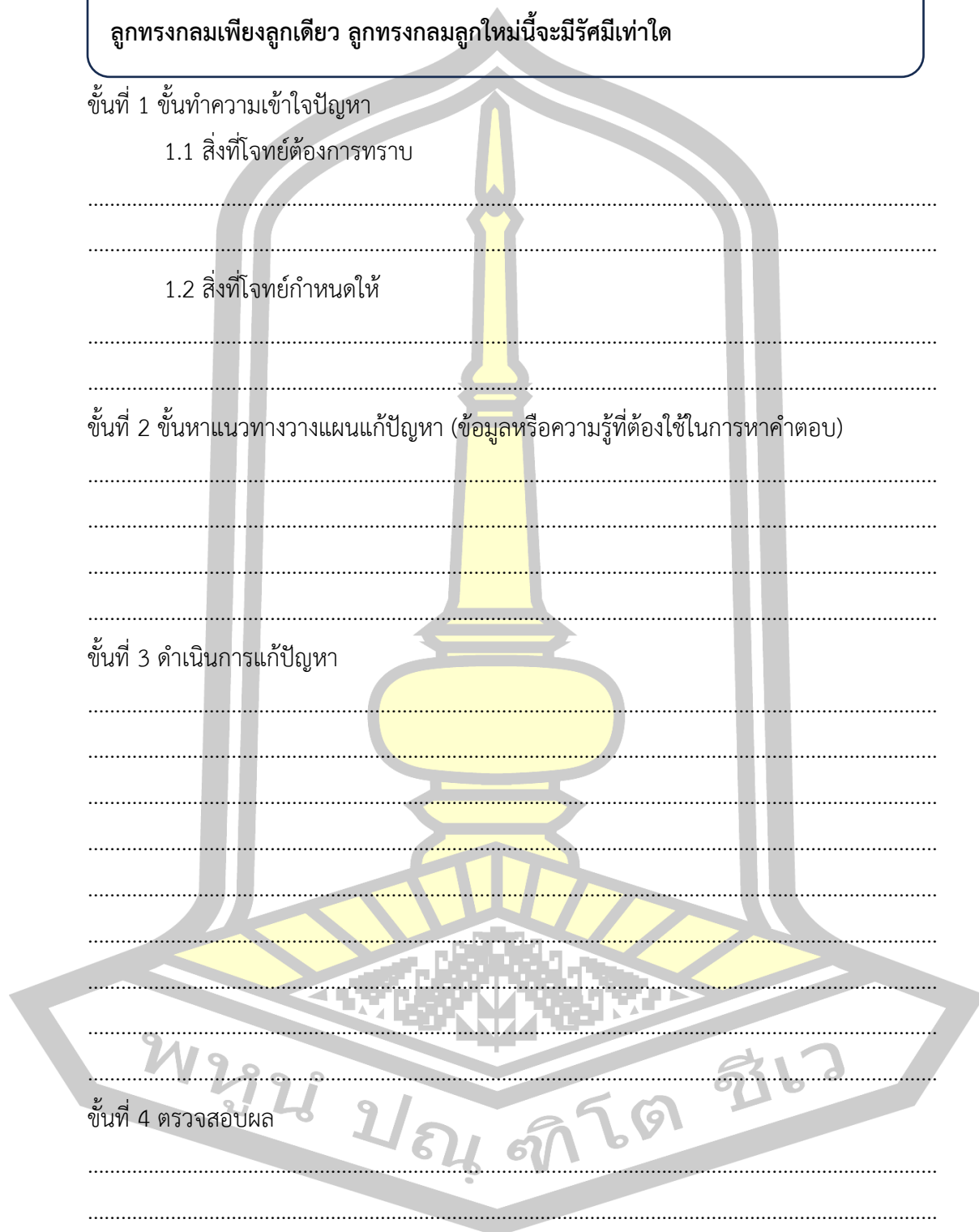
1.1 สิ่ง โจทย์ต้องการทราบ

1.2 สิ่ง โจทย์กำหนดให้

ขั้นที่ 2 ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล



แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ชุดที่ 5)

เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร

ชื่อ - สกุล ชั้น ม. 2 เลขที่

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบชนิดอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบวัด 50 นาที
2. ให้นักเรียนแสดงขั้นตอนในการแก้ปัญหาและหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดให้ แต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 8 คะแนน คะแนนเต็ม 24 คะแนน ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Rubric Analysis Scoring) ดังนี้

การประเมิน	คะแนน	พฤติกรรมในการแก้ปัญหาที่ปรากฏ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	2	มีเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความที่แสดงความเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้อง ครบถ้วน ชัดเจน
	1	มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหาเพียงบางส่วน หรือมีบางส่วนเข้าใจไม่ถูกต้อง หรือแปลความหมายของปัญหาบางส่วนผิด
	0	ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความ ที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหา
ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา	2	มีการเขียนวางแผนการแก้ปัญหาและสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน ครบถ้วนซึ่งนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม
	1	มีการเขียนวางแผนการแก้ปัญหา แต่ไม่เหมาะสม หรือสื่อความหมายไม่ชัดเจน
	0	ไม่มีการวางแผนการแก้ปัญหา หรือมีการเขียนแผนการแก้ปัญหา แต่ไม่สื่อความหมาย
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	2	มีการแสดงวิธีการทำเป็นลำดับขั้นตอน สื่อความหมายชัดเจนสมบูรณ์ ไม่มีความผิดพลาดในการคำนวณ แต่อาจมีการเขียนสัญลักษณ์ บางอย่างที่ไม่ส่งผลต่อการหาคำตอบผิดพลาดเล็กน้อย
	1	มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความแสดงวิธีทำที่เหมาะสม เกือบสมบูรณ์ หรือเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความสมบูรณ์แต่มีการคำนวณผิดพลาด
	0	ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียนข้อความใดเลยหรือมีการเขียนอธิบายแนวคิด เขียนสัญลักษณ์ หรือเขียน ข้อความแต่ไม่ใช่วิธีที่จะนำไปสู่คำตอบที่ต้องการ
ขั้นตรวจสอบผล	2	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจสอบคำตอบที่เหมาะสมถูกต้องสมบูรณ์ ไม่มีข้อผิดพลาดใดเลย
	1	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบที่เหมาะสมถูกต้อง แต่มีความผิดพลาดในการคำนวณหรือเขียนสัญลักษณ์ผิดพลาด
	0	ไม่มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบ หรือมีการเขียนแสดงการตรวจคำตอบไม่เหมาะสม ไม่สามารถยืนยันคำตอบที่คำนวณได้

1. วุ้นรูปกรวย 20 ชิ้น ขนาดกรวยสูง 7 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของฐานยาว 6 เซนติเมตร อยากทราบว่าต้องใช้วุ้นอย่างน้อยที่สุดกี่ลูกบาศก์เซนติเมตรจึงจะเพียงพอในการทำวุ้นครั้งนี้ (กำหนดให้ $\pi = \frac{22}{7}$)

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่งที่เกี่ยวข้องต้องการทราบ

1.2 สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนดให้

ขั้นที่ 2 ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

พจนานุกรม ปณ จิต ธิเว

2. ต้องการทำชั้นเงินขนาดใหญ่ให้มีรูปเป็นเครื่องทรงกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางวัดจากขอบชั้น ภายนอกยาว 35 เซนติเมตร จะต้องใช้แผ่นเงินกี่ตารางเซนติเมตรมาทำชั้นใบนี้ (ไม่คิดส่วนหนาของแผ่นเงิน)

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

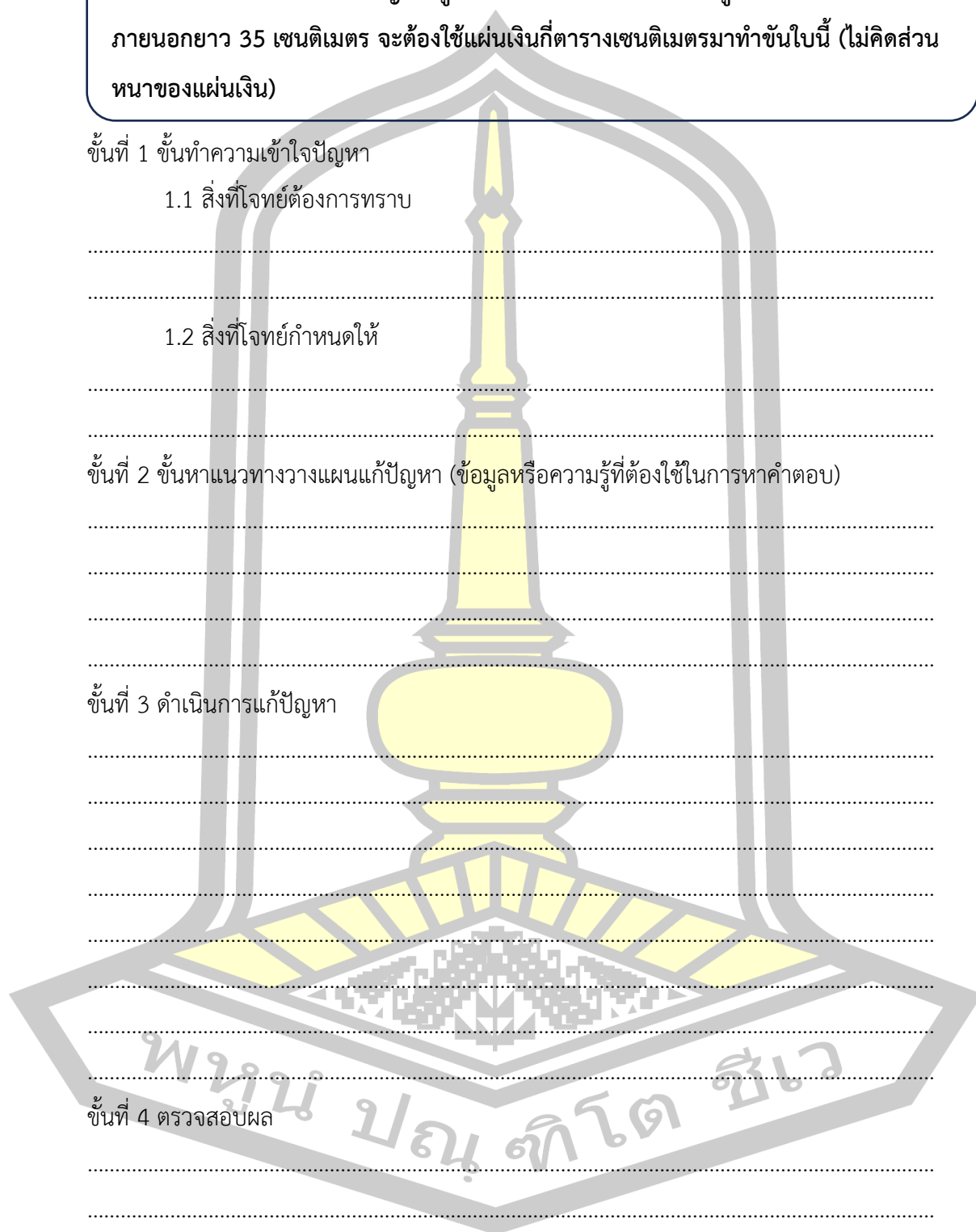
1.1 สิ่งที่เกี่ยวข้องต้องการทราบ

1.2 สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนดให้

ขั้นที่ 2 ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล



3.ถังบรรจุน้ำของโรงเรียนทรงกลมมีปริมาตร 38,808 ลูกบาศก์เซนติเมตร จงหรัศมีของ
ถังบรรจุน้ำใบนี้ (กำหนดให้ $\pi = \frac{22}{7}$)

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

1.1 สิ่งทีโจทย์ต้องการทราบ

1.2 สิ่งทีโจทย์กำหนดให้

ขั้นที่ 2 ขั้นหาแนวทางวางแผนแก้ปัญหา (ข้อมูลหรือความรู้ที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ)

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล

พจน ปรณ จิโต ชีเว

แบบสัมภาษณ์นักเรียน

ชื่อ - นามสกุล (ผู้ถูกสัมภาษณ์)..... ชั้น เลขที่

วาระปฏิบัติหน้าที่ เรื่อง วันที่

ข้อคำถาม

1. นักเรียนสามารถทำความเข้าใจ หรือวิเคราะห์ปัญหาได้หรือไม่
☐ ได้
☐ ไม่ได้ เพราะ.....
2. นักเรียนสามารถระบุมารู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อนำไปวางแผนแก้ปัญหาได้หรือไม่
☐ ได้
☐ ไม่ได้ เพราะ.....
3. นักเรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้หรือไม่
☐ ได้
☐ ไม่ได้ เพราะ.....
4. นักเรียนสามารถสรุปคำตอบในสิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการได้หรือไม่
☐ ได้
☐ ไม่ได้ เพราะ.....
5. นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
☐ เหมาะสม เพราะ.....
☐ ไม่เหมาะสม เพราะ.....
6. นักเรียนคิดว่า ปัญหาและอุปสรรคต่อการเรียนรู้ของนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียน

การสอน

ครั้งนี้คืออะไร และมีแนวทางในการแก้ไขอย่างไร

.....

.....

.....

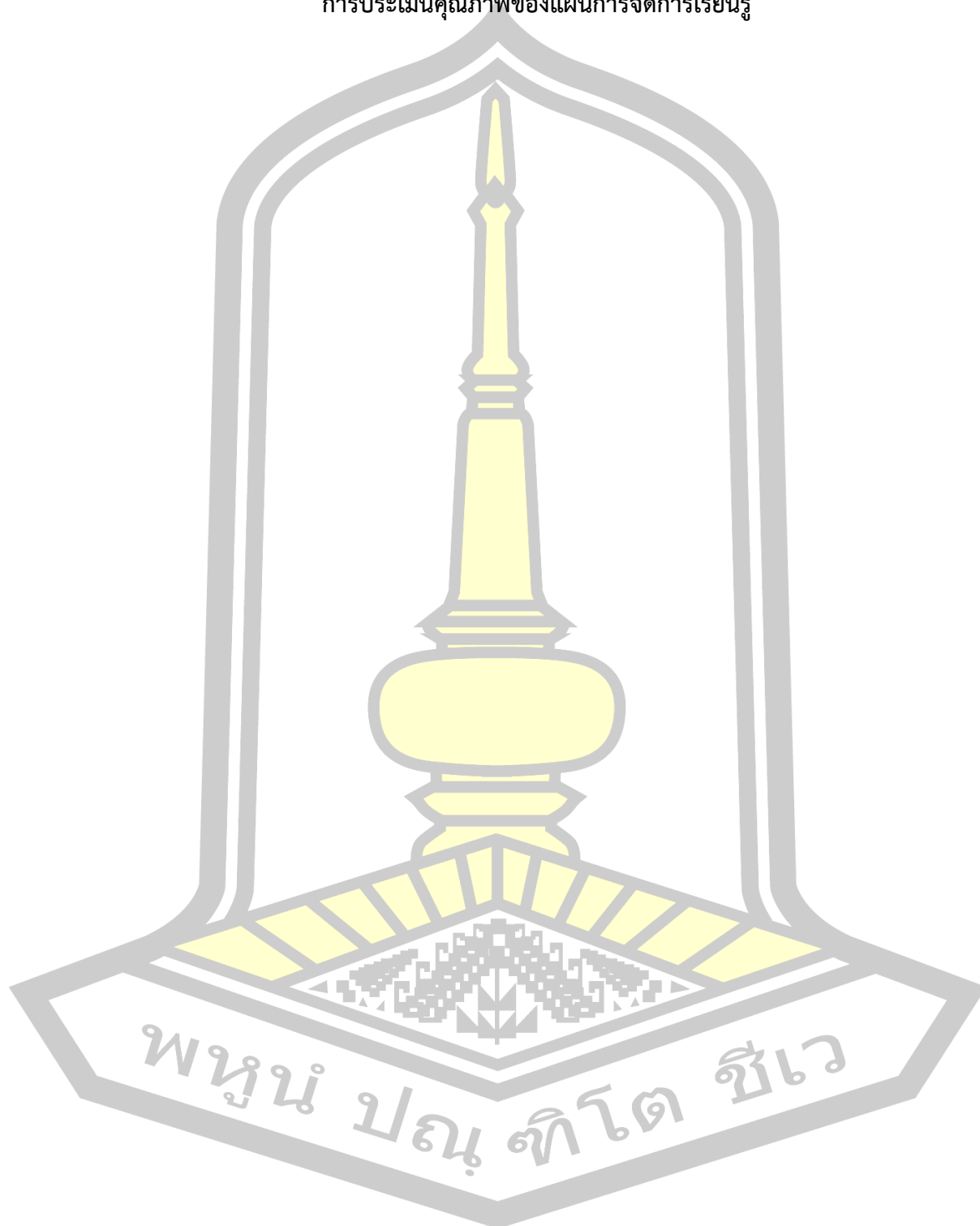
7. นักเรียนคิดว่าในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนควรมีการเพิ่มหรือลดกิจกรรมใดบ้าง เพราะอะไร

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค
การประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้



**แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้
โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)**

คำชี้แจง

1. แบบประเมินนี้ใช้สำหรับประเมินความเหมาะสมของแผน เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร

2. ขอความอนุเคราะห์ท่านพิจารณาว่าแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร มีความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ตามที่กำหนดหรือไม่ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

คะแนนพิจารณาความคิดเห็นดังนี้

5 หมายถึง เห็นด้วยว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง เห็นด้วยว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

3 หมายถึง เห็นด้วยว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง เห็นด้วยว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

1 หมายถึง เห็นด้วยว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
1. เป้าหมายของบทเรียนระดับหน่วยการเรียนรู้และเป้าหมายของบทเรียนในแต่ละคาบในหน่วยการเรียนรู้ (Aim of the Lesson)					
1.1 เป้าหมายของบทเรียนระดับหน่วยการเรียนรู้					
1.2 เป้าหมายของบทเรียนในแต่ละคาบในหน่วยการเรียนรู้					
1.3 ตรงตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)					
2. ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
2.1 เนื้อหาสาระ ทักษะ กระบวนการ และ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ ที่ต้องการจะเน้นในสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดของหน่วยการเรียนรู้ (พิจารณาเปรียบเทียบระหว่างหนังสือเรียนคณิตศาสตร์ไทย กับหนังสือเรียนคณิตศาสตร์ญี่ปุ่น)					
2.1.1 สาระสำคัญ					
2.1.2 เนื้อหาสาระ					
2.1.3 ทักษะ กระบวนการ					
2.1.4 คุณลักษณะอันพึงประสงค์					
2.2 คำสำคัญในสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด ธรรมชาติการคิดหรือกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนจากหน่วยการเรียนรู้ก่อนหน้านี้ หรือจากชั้นเรียนก่อนหน้านี้ หรือจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียนที่ครูรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาสาระ ทักษะ กระบวนการ และ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ที่กำหนดในข้อ 2.1					
2.3 สถานการณ์ปัญหาในรูปคำสั่งที่ชัดเจน และนักเรียนเข้าใจได้ง่ายๆ					
2.4 การสร้างหรือออกแบบสื่อให้สัมพันธ์กับคำสั่งในสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด โดยมีสื่อหลักที่ใช้ในการสร้างสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด และสื่อเสริมที่จะใช้ในขณะที่ยกเรียนนำเสนอแนวคิดต่อชั้นเรียน หรือในขณะที่ครูสรุปบทเรียน					
2.5 การกำหนดเวลาที่ใช้ในแต่ละคำสั่ง และการกำหนดคาบพร้อมกับเป้าหมายของบทเรียนของแต่ละคาบ					
2.5.1 ชื่นนำเสนอสถานการณ์ปัญหา					
2.5.2 ชื่นเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน					
2.5.3 ชื่นอภิปรายผลและเปรียบเทียบ					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
แนวคิดทั้งชั้นเรียน					
2.5.4 ขั้นสรุปบทเรียนจากการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน					
2.6 การคาดการณ์แนวคิดของนักเรียน					
3. การจัดลำดับการนำเสนอแนวคิดของนักเรียนเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงทั้งแนวคิดและความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์และอื่น ๆ ของบทเรียนในแต่ละคาบ					
4. ประเด็นที่จะใช้ในการร่วมอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายของบทเรียนในแต่ละคาบ					
5. การวัดและประเมินผล					
5.1 วัดหรือประเมินสิ่งที่ระบุไว้ในจุดประสงค์การเรียนรู้ได้					
5.2 วิธีการวัดง่ายและสะดวกในการใช้งาน					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่ เดือน พ.ศ.....

ตาราง 21 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความเหมาะสม
1. เป้าหมายของบทเรียนระดับหน่วยการเรียนรู้			
1.1 เป้าหมายของบทเรียนระดับหน่วยการเรียนรู้	5.00	0.00	ดีมาก
1.2 เป้าหมายของบทเรียนในแต่ละคาบ	5.00	0.00	ดีมาก
1.3 ตรงตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน	5.00	0.00	ดีมาก
2. ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด			
2.1 เนื้อหาสาระ ทักษะ กระบวนการ			
2.1.1 สาระสำคัญ	5.00	0.00	ดีมาก
2.1.2 เนื้อหาสาระ	5.00	0.00	ดีมาก
2.1.3 ทักษะ กระบวนการ	5.00	0.00	ดีมาก
2.1.4 คุณลักษณะอันพึงประสงค์	5.00	0.00	ดีมาก
2.2 คำสำคัญในสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด	5.00	0.00	ดีมาก
2.3 สถานการณ์ปัญหาในรูปคำสั่งที่ชัดเจน	5.00	0.00	ดีมาก
2.4 การสร้างหรือออกแบบสื่อให้สัมพันธ์กับคำสั่งในสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด	5.00	0.00	ดีมาก
2.5 การกำหนดเวลาที่ใช้ในแต่ละคำสั่ง			
2.5.1 ชี้นำเสนอสถานการณ์ปัญหา	5.00	0.00	ดีมาก
2.5.2 ชื่นเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
2.5.3 ชื่นอภิปรายผลและเปรียบเทียบแนวคิด	5.00	0.00	ดีมาก
2.5.4 ชื่นสรุปบทเรียนจากการเชื่อมโยงแนวคิด	5.00	0.00	ดีมาก
2.6 การคาดการณ์แนวคิดของนักเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
3. การจัดลำดับการนำเสนอแนวคิดของนักเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
4. ประเด็นที่จะใช้ในการร่วมอภิปรายในชั้นเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
5. การวัดและประเมินผล			
5.1 วัดหรือประเมินสิ่งที่ระบุไว้ในจุดประสงค์	4.80	0.40	ดีมาก
5.2 วิธีการวัดง่ายและสะดวกในการใช้งาน	4.80	0.40	ดีมาก
เฉลี่ย	4.99	0.12	ดีมาก

ตาราง 22 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความเหมาะสม
1. เป้าหมายของบทเรียนระดับหน่วยการเรียนรู้			
1.1 เป้าหมายของบทเรียนระดับหน่วยการเรียนรู้	5.00	0.00	ดีมาก
1.2 เป้าหมายของบทเรียนในแต่ละคาบ	5.00	0.00	ดีมาก
1.3 ตรงตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน	5.00	0.00	ดีมาก
2. ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด			
2.1 เนื้อหาสาระ ทักษะ กระบวนการ			
2.1.1 สาระสำคัญ	5.00	0.00	ดีมาก
2.1.2 เนื้อหาสาระ	5.00	0.00	ดีมาก
2.1.3 ทักษะ กระบวนการ	5.00	0.00	ดีมาก
2.1.4 คุณลักษณะอันพึงประสงค์	5.00	0.00	ดีมาก
2.2 คำสำคัญในสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด	5.00	0.00	ดีมาก
2.3 สถานการณ์ปัญหาในรูปคำสั่งที่ชัดเจน	5.00	0.00	ดีมาก
2.4 การสร้างหรือออกแบบสื่อให้สัมพันธ์กับคำสั่งในสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด	5.00	0.00	ดีมาก
2.5 การกำหนดเวลาที่ใช้ในแต่ละคำสั่ง			
2.5.1 ชื่อนำเสนอสถานการณ์ปัญหา	5.00	0.00	ดีมาก
2.5.2 ชั้นเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
2.5.3 ขั้นตอนอภิปรายผลและเปรียบเทียบแนวคิด	5.00	0.00	ดีมาก
2.5.4 ขั้นสรุปบทเรียนจากการเชื่อมโยงแนวคิด	5.00	0.00	ดีมาก
2.6 การคาดการณ์แนวคิดของนักเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
3. การจัดลำดับการนำเสนอแนวคิดของนักเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
4. ประเด็นที่จะใช้ในการร่วมอภิปรายในชั้นเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
5. การวัดและประเมินผล			
5.1 วัดหรือประเมินสิ่งที่ระบุไว้ในจุดประสงค์	4.80	0.40	ดีมาก
5.2 วิธีการวัดง่ายและสะดวกในการใช้งาน	4.80	0.40	ดีมาก
เฉลี่ย	4.99	0.12	ดีมาก

ตาราง 23 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

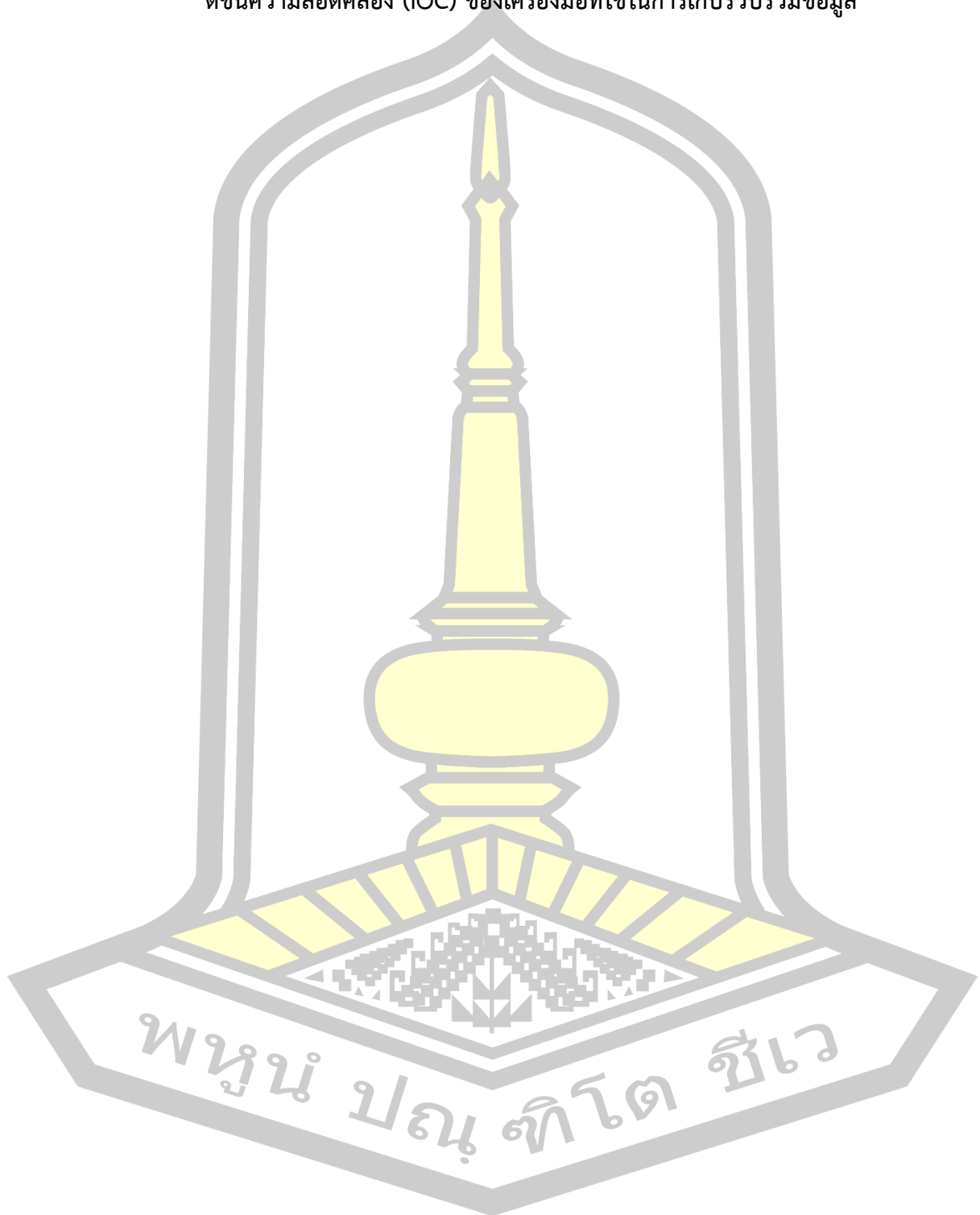
รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ความ เหมาะสม
1. เป้าหมายของบทเรียนระดับหน่วยการเรียนรู้			
1.1 เป้าหมายของบทเรียนระดับหน่วยการเรียนรู้	5.00	0.00	ดีมาก
1.2 เป้าหมายของบทเรียนในแต่ละคาบ	5.00	0.00	ดีมาก
1.3 ตรงตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน	5.00	0.00	ดีมาก
2. ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด			
2.1 เนื้อหาสาระ ทักษะ กระบวนการ			
2.1.1 สาระสำคัญ	5.00	0.00	ดีมาก
2.1.2 เนื้อหาสาระ	5.00	0.00	ดีมาก
2.1.3 ทักษะ กระบวนการ	5.00	0.00	ดีมาก
2.1.4 คุณลักษณะอันพึงประสงค์	5.00	0.00	ดีมาก
2.2 คำสำคัญในสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด	5.00	0.00	ดีมาก
2.3 สถานการณ์ปัญหาในรูปคำสั่งที่ชัดเจน	5.00	0.00	ดีมาก
2.4 การสร้างหรือออกแบบสื่อให้สัมพันธ์กับคำสั่งในสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด	5.00	0.00	ดีมาก
2.5 การกำหนดเวลาที่ใช้ในแต่ละคำสั่ง			
2.5.1 ชื่อนำเสนอสถานการณ์ปัญหา	5.00	0.00	ดีมาก
2.5.2 ขั้นเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
2.5.3 ขั้นอภิปรายผลและเปรียบเทียบแนวคิด	5.00	0.00	ดีมาก
2.5.4 ขั้นสรุปบทเรียนจากการเชื่อมโยงแนวคิด	5.00	0.00	ดีมาก
2.6 การคาดการณ์แนวคิดของนักเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
3. การจัดลำดับการนำเสนอแนวคิดของนักเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
4. ประเด็นที่จะใช้ในการร่วมอภิปรายในชั้นเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
5. การวัดและประเมินผล			
5.1 วัดหรือประเมินสิ่งที่ระบุไว้ในจุดประสงค์	4.80	0.40	ดีมาก
5.2 วิธีการวัดง่ายและสะดวกในการใช้งาน	4.80	0.40	ดีมาก
เฉลี่ย	4.99	0.12	ดีมาก

ตาราง 24 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ในวงจรปฏิบัติการที่ 4

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความเหมาะสม
1. เป้าหมายของบทเรียนระดับหน่วยการเรียนรู้			
1.1 เป้าหมายของบทเรียนระดับหน่วยการเรียนรู้	5.00	0.00	ดีมาก
1.2 เป้าหมายของบทเรียนในแต่ละคาบ	5.00	0.00	ดีมาก
1.3 ตรงตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน	5.00	0.00	ดีมาก
2. ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด			
2.1 เนื้อหาสาระ ทักษะ กระบวนการ			
2.1.1 สาระสำคัญ	5.00	0.00	ดีมาก
2.1.2 เนื้อหาสาระ	5.00	0.00	ดีมาก
2.1.3 ทักษะ กระบวนการ	5.00	0.00	ดีมาก
2.1.4 คุณลักษณะอันพึงประสงค์	5.00	0.00	ดีมาก
2.2 คำสำคัญในสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด	5.00	0.00	ดีมาก
2.3 สถานการณ์ปัญหาในรูปคำสั่งที่ชัดเจน	5.00	0.00	ดีมาก
2.4 การสร้างหรือออกแบบสื่อให้สัมพันธ์กับคำสั่งในสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด	5.00	0.00	ดีมาก
2.5 การกำหนดเวลาที่ใช้ในแต่ละคำสั่ง			
2.5.1 ชื่อนำเสนอสถานการณ์ปัญหา	5.00	0.00	ดีมาก
2.5.2 ชั้นเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
2.5.3 ขั้นตอนอภิปรายผลและเปรียบเทียบแนวคิด	5.00	0.00	ดีมาก
2.5.4 ขั้นสรุปบทเรียนจากการเชื่อมโยงแนวคิด	5.00	0.00	ดีมาก
2.6 การคาดการณ์แนวคิดของนักเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
3. การจัดลำดับการนำเสนอแนวคิดของนักเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
4. ประเด็นที่จะใช้ในการร่วมอภิปรายในชั้นเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
5. การวัดและประเมินผล			
5.1 วัดหรือประเมินสิ่งที่ระบุไว้ในจุดประสงค์	4.80	0.40	ดีมาก
5.2 วิธีการวัดง่ายและสะดวกในการใช้งาน	4.80	0.40	ดีมาก
เฉลี่ย	4.99	0.12	ดีมาก

ภาคผนวก ง

ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล



แบบประเมินความสอดคล้องของแบบวัดวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จริง

ปฏิบัติการที่ 1

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาว่าข้อสอบที่สร้างขึ้นสอดคล้องกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดหรือไม่

โดยการพิจารณาให้น้ำหนักดังนี้

-1 คือ แน่ใจ ว่าข้อสอบนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด

0 คือ ไม่แนใจ ว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดหรือไม่

+1 คือ แน่ใจ ว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด

ผลการเรียนรู้	ข้อคำถาม	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
- นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างระหว่างรูปร่างและรูปทรง 3 มิติ	1. ให้อธิบายภาพตัวอย่างของรูปร่างและรูปทรง 3 มิติอย่างละ 2 ตัวอย่าง พร้อมเขียนคำอธิบายว่าทำไมสิ่งนั้นจึงเป็นรูปร่างหรือรูปทรง 3 มิติ				
	2. อธิบายความแตกต่างระหว่างรูปร่าง (shape) และรูปทรง 3 มิติ (3D form) พร้อมยกตัวอย่างประกอบ				
- นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะรูปทรงของ ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และ ทรงกลมได้	1. จงยกตัวอย่างวัตถุที่พบได้ในชีวิตประจำวันอย่างน้อย 3 ชิ้น แล้วอธิบายว่ามันเป็นรูปร่างหรือรูปทรง 3 มิติ พร้อมให้เหตุผล				
	2. จงยกตัวอย่างสิ่งของในชีวิตประจำวันที่มีลักษณะคล้ายกับรูปทรงต่อไปนี้ พร้อมอธิบายเหตุผล				

ผลการเรียนรู้	ข้อคำถาม	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
ของ ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และ ทรงกลมได้	ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย ทรงกลม				
- นักเรียนสามารถอธิบายรูปคลี่ของทรงปริซึมและบอกชื่อได้ - นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของปริซึมได้ - นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองปริซึมได้	1.คุณแม่ต้องการทำขนมเค้กทรงปริซึมจัตุรัสมีด้านของฐานยาวด้านละ 20 เซนติเมตร ความสูง 8 เซนติเมตร พื้นที่ผิวของขนมเค้กเป็นกี่ปารางเซนติเมตร				
	2. นินซื้อแท่งเหล็กท่อนหนึ่งมีฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากวัดความยาวของฐานได้ยาว 12 เซนติเมตร ความกว้าง 8 เซนติเมตร แท่งเหล็กสูง 50 เซนติเมตร ถ้านินต้องการทาสีแท่งเหล็กท่อนนี้เพื่อนำไปสร้างโมเดล จงหาว่าพื้นที่ที่นินต้องการทาสีนี้เป็นเท่าใด				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม



ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่ เดือน พ.ศ.....

แบบประเมินความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จริง

ปฏิบัติการที่ 2

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาว่าข้อสอบที่สร้างขึ้นสอดคล้องกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดหรือไม่

โดยการพิจารณาให้น้ำหนักดังนี้

-1 คือ แน่ใจ ว่าข้อสอบนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด

0 คือ ไม่แนใจ ว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดหรือไม่

+1 คือ แน่ใจ ว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด

ผลการเรียนรู้	ข้อคำถาม	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
- นักเรียนสามารถหาปริมาตรของปริซึมได้ - นักเรียนสามารถเขียนอธิบายที่มาของปริมาตรปริซึมได้	1. บ่อน้ำแห่งหนึ่งกว้าง 25 เมตร ยาว 40 เมตร ลึก 20 เมตร ครุอยู่ใต้น้ำลงไปใบบ่อวัดปริมาตรได้ 14,000 ลูกบาศก์เมตร จงหาว่าผิวน้ำอยู่ลึกจากปากบ่อเท่าใด				
	2. จะจำอ่านข้อมูลจากข้างกล่องทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสใบหนึ่งว่าสามารถจุน้ำได้ปริมาตรมากถึง 343 ลูกบาศก์เมตร ลงหาว่ากล่องของจะจำใบนี้มีความยาวด้านละเท่าไร				
- นักเรียนอธิบายรูปคลี่ของพีระมิดและบอกชื่อได้ - นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของพีระมิดได้ - นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองพีระมิดได้	1. องค์กรต้องการสร้างเต็นท์ผ้าใบพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสเพื่อเข้าค่ายพักแรม โดยเต็นท์สูง 120 เซนติเมตร และเมื่อวัดความยาวจากจุดยอดของเต็นท์ลงมาแบ่งครึ่งกับฐานแต่ละด้านได้ความยาว 130 เซนติเมตร จงว่าเต็นท์นี้มีความยาวฐานแต่ละด้านเท่าใด				
	2. เชี่ยวต้องการกางเต็นท์ผ้าใบทรงพีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่าขนาดใหญ่ที่มีฐานยาวด้านละ 12 เมตร และตอกหมุดระหว่างจุดยอดลงมากับดิน				

ผลการเรียนรู้	ข้อคำถาม	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
	ตามมุมของฐาน ยาว 10 เมตร จงหาพื้นที่ผ้าใบที่ใช้ในการกางเต็นท์ครั้งนี้				
- นักเรียนสามารถหาปริมาตรของพีระมิดได้ - นักเรียนสามารถเขียนอธิบายที่มาของปริมาตรพีระมิดได้	1. ครูดำนาลโลหะตันรูปทรงปริซึมฐานสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร ไปหลอมเป็นรูปทรงพีระมิดที่มีฐานเท่าเดิม จงหาว่าพีระมิดใหม่ที่หลอมได้ สูงเท่าใด				
	2. ครูมนำแท่งโลหะตันรูปพีระมิดที่มีปริมาตร 150 ลูกบาศก์เซนติเมตร และปริมาตร 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไปหลอมรวมให้เป็นแท่งใหม่โดยมีลักษณะเป็นพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีความยาวด้านละ 30 เซนติเมตร จงหาว่าพีระมิดใหม่ที่ครุมนได้ มีความสูงเท่าใด				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน
 (.....)

วันที่ เดือน พ.ศ.

แบบประเมินความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จริง

ปฏิบัติการที่ 3

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาว่าข้อสอบที่สร้างขึ้นสอดคล้องกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดหรือไม่

โดยการพิจารณาให้น้ำหนักดังนี้

-1 คือ แน่ใจ ว่าข้อสอบนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด

0 คือ ไม่แนใจ ว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดหรือไม่

+1 คือ แน่ใจ ว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด

ผลการเรียนรู้	ข้อคำถาม	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
- นักเรียนสามารถอธิบายรูปคลี่ของทรงกระบอกได้ - นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอกได้ - นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทรงกระบอกได้	1. นื่องตันกล้าต้องการทำสี่กระปุกอมสินทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 14 เซนติเมตร และสูง 15 เซนติเมตร จะมีพื้นที่ที่ต้องทำสี่ที่ตารางเซนติเมตร (กำหนดให้ $\pi \approx \frac{22}{7}$)				
	2. อังเปาจะต้องใช้กระดาษตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความกว้างและความยาวกี่เซนติเมตร สำหรับปิดรอบข้างกระป๋องทรงกระบอกใบหนึ่งซึ่งสูง 18 เซนติเมตร ฐานมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 7 เซนติเมตร				
- นักเรียนสามารถหาปริมาตรของทรงกระบอกได้ - นักเรียนสามารถเขียนอธิบายที่มาของปริมาตรทรงกระบอกได้	1. ครุฑมณีแก้วน้ำทรงกระบอกมีรัศมีของหน้าตัดยาว 10 เซนติเมตร ปริมาตรของที่จุกน้ำได้มากที่สุดเป็น 1256 ลูกบาศก์เซนติเมตร จงหาว่าความสูงของแก้วน้ำครุฑมณีทรงกระบอกนี้เป็นเท่าไร				
	2. อิมอาศัยการทำเค้กช็อคโกแลตรูปทรงกระบอกชิ้นหนึ่งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 21 เซนติเมตร เป็นชั้นๆ				

ผลการเรียนรู้	ข้อคำถาม	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
- นักเรียนสามารถหาปริมาตรของทรงกระบอกได้ - นักเรียนสามารถเขียนอธิบายที่มาของปริมาตรทรงกระบอกได้	ดังนี้ ชั้นที่ 1 เป็นเนื้อเค้กหนา 2 เซนติเมตร ชั้นที่ 2 เป็นครีมหนา 1.5 เซนติเมตร ชั้นที่ 3 เป็นเนื้อเค้กหนา 1.5 เซนติเมตร ชั้นที่ 4 ซอสช็อคโกแลตหนา 2 เซนติเมตร ถ้าอิมต้องการแบ่งเค้กให้เพื่อน โดยแบ่งจากมุมที่จุดศูนย์กลางให้ได้ 6 ชิ้นเท่าๆ กัน จงหาว่าเพื่อนแต่ละคนจะได้เค้กที่มีปริมาตรเท่าใด				
- นักเรียนอธิบายรูปสี่เหลี่ยมของกรวยได้ - นักเรียนสามารถหาพื้นที่ผิวของกรวยได้ - นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวข้างของกรวยและพื้นที่ของรูปวงกลมได้จากการสร้างแบบจำลองกรวย	1. แก้วกรวยกระดาษอันหนึ่งมีพื้นที่ผิวข้าง 264 ตารางเซนติเมตร ถ้าแก้วกรวยกระดาษ มีรัศมีของฐานยาว 7 เซนติเมตร จงหาความยาว ของสูงเอียงของกรวย 2. เต็นท์ผ้าใบรูปทรงกรวยกลมหลังหนึ่งมีพื้นที่ผิวข้าง 264 ตารางเมตร ระยะห่างระหว่างจุดยอดไปถึงรอบๆฐานของเต็นท์คือ 12 เมตร ถ้าคุณครูอยากปูผ้าใบที่บริเวณฐานของเต็นท์ให้พอดีรอบฐาน จงหาว่าครูต้องเตรียมผ้าใบรูปทรงใด และใช้ผ้าใบพื้นที่เท่าใด				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่ เดือน พ.ศ.....

แบบประเมินความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์วงจร

ปฏิบัติการที่ 4

คำชี้แจง

ให้ท่านพิจารณาว่าข้อสอบที่สร้างขึ้นสอดคล้องกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดหรือไม่

โดยการพิจารณาให้น้ำหนักดังนี้

-1 คือ แน่ใจ ว่าข้อสอบนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด

0 คือ ไม่แนใจ ว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดหรือไม่

+1 คือ แน่ใจ ว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด

ผลการเรียนรู้	ข้อคำถาม	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
- นักเรียนสามารถหาปริมาตรของกรวยได้ - นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกรวยและทรงกระบอกที่มีรัศมีของฐานเท่ากันได้	1. กรวยกระดาดสำหรับใส่น้ำ ตีมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูงประมาณ 0.12 เมตร ถ้าถังน้ำใบหนึ่งบรรจุน้ำ ตีมี $1,800\pi$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จะต้องเตรียมกรวยกระดาดไว้ ประมาณกี่ใบจึงจะบรรจุน้ำได้ทั้งหมด				
	2. วุ้นรูปกรวย 20 ชิ้น ขนาดกรวยสูง 7 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของฐานยาว 6 เซนติเมตร อยากทราบว่าต้องใช้วุ้นอย่างน้อยที่สุดกี่ลูกบาศก์เซนติเมตรจึงจะเพียงพอในการทำวุ้นครั้งนี้ (กำหนดให้ $\pi = \frac{22}{7}$)				
- นักเรียนสามารถหา	1. โลกมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว				

ผลการเรียนรู้	ข้อคำถาม	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
พื้นที่ผิวของทรงกลมได้ - นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวทรงกลมและพื้นที่ผิวข้างของทรงกระบอกที่มีรัศมีของฐานทรงกระบอกเท่ากับรัศมีของทรงกลม	ประมาณ 12,640 กิโลเมตร จงหาความยาวของเส้นศูนย์สูตร และพื้นที่ผิวโลก 2. ต้องการทำชั้นเงินขนาดใหญ่ให้มีรูปเป็นครึ่งทรงกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางวัดจากขอบชั้นภายนอกยาว 35 เซนติเมตร จะต้องใช้แผ่นเงินกี่ตารางเซนติเมตรมาทำชั้นใบนี้ (ไม่คิดส่วนหนาของแผ่นเงิน)				
- นักเรียนสามารถหาปริมาตรของทรงกลม - นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรทรงกลมและทรงกระบอกที่มีรัศมีของฐานทรงกระบอกเท่ากับรัศมีของทรงกลมได้	1. ครูให้นำทรงกลมตันสามลูกมีรัศมี 3 นิ้ว, 4 นิ้ว และ 5 นิ้ว ตามลำดับมาหลอมเป็นลูกทรงกลมเพียงลูกเดียว ลูกทรงกลมลูกใหม่นี้จะมีรัศมีเท่าใด 2. ถังบรรจุน้ำของโรงเรียนทรงกลมมีปริมาตร 38,808 ลูกบาศก์เซนติเมตร จงหารัศมีของถังบรรจุน้ำใบนี้ (กำหนดให้ $\pi = \frac{22}{7}$)				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่ เดือน พ.ศ.....

ตาราง 25 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร

วงจรที่	ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ย	ผลการ วิเคราะห์
		1	2	3	4	5		
1	1	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	2	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	1	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	2	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	1	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	2	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	1	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	2	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	1	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	2	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	1	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	2	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	1	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	2	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	1	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	2	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	1	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	2	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	1	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	2	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	1	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	2	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	1	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
	2	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง

แบบประเมินความสอดคล้องของแบบสัมภาษณ์นักเรียนกิ่งโครงสร้าง

โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)

คำชี้แจง : แบบประเมินความเที่ยงตรง(IOC) ของเครื่องมือวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร เพื่อประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อข้อคำถาม มีความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน คณะนักพิจารณาความคิดเห็นได้กำหนดเกณฑ์พิจารณาความเที่ยงตรงดังนี้

-1 คือ แน่ใจว่าคำถามมีความเหมาะสม

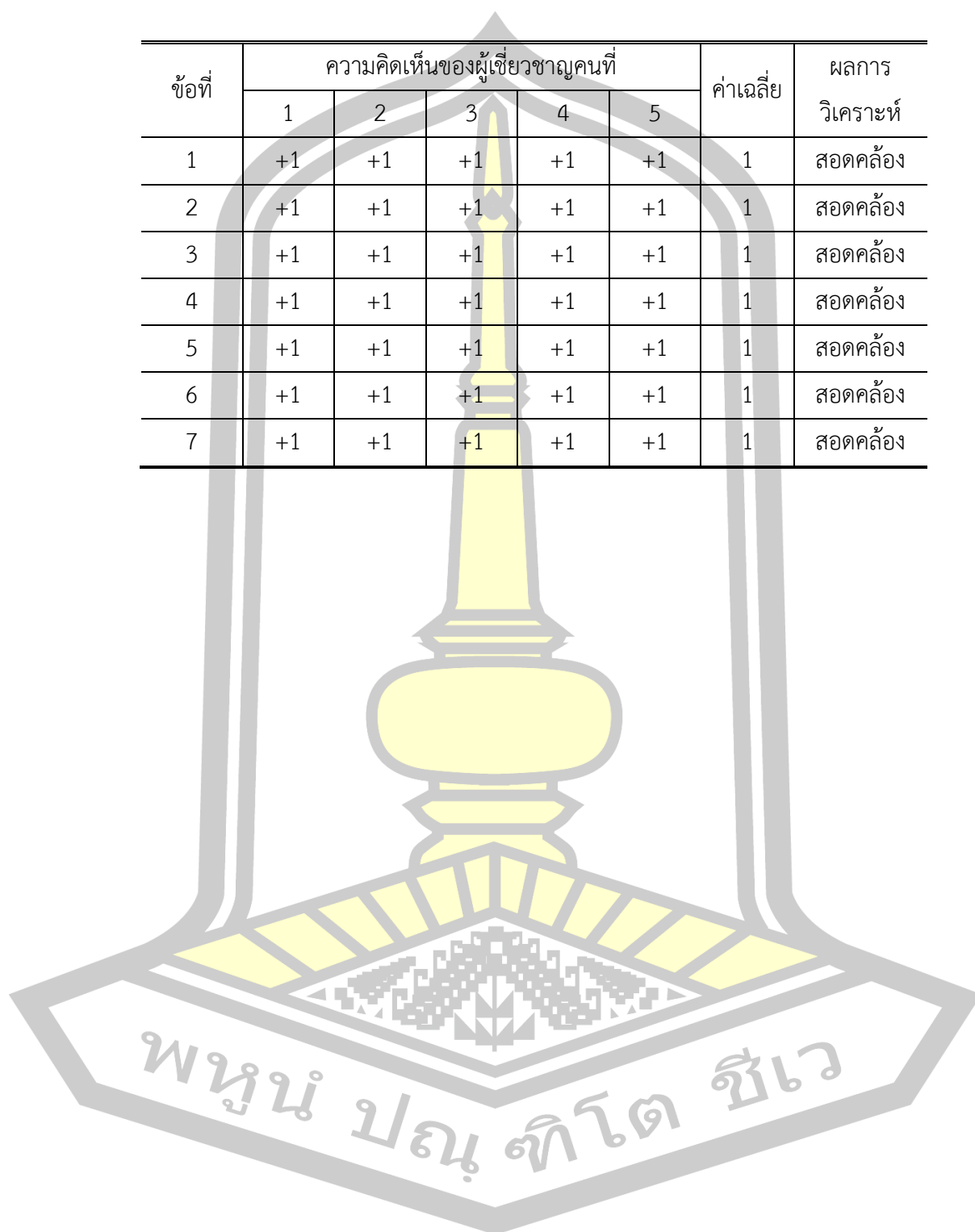
0 คือ ไม่แน่ใจว่าคำถามมีความเหมาะสมหรือไม่

+1 คือ แน่ใจว่าคำถามไม่มีความเหมาะสม

รายการขอความคิดเห็น	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
1. นักเรียนสามารถทำความเข้าใจ หรือวิเคราะห์ปัญหาได้หรือไม่				
2. นักเรียนสามารถระบุความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อนำไปวางแผนแก้ปัญหาได้หรือไม่				
3. นักเรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้หรือไม่				
4. นักเรียนสามารถสรุปคำตอบในสิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการได้หรือไม่				
5. นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน				
6. นักเรียนคิดว่า ปัญหาและอุปสรรคต่อการเรียนรู้ของนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนครั้งนี้คืออะไร และมีแนวทางในการแก้ไขอย่างไร				
7. นักเรียนคิดว่าในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนควรมีการเพิ่มหรือลดกิจกรรมใดบ้าง เพราะอะไร				

ตาราง 26 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสัมภาษณ์นักเรียน

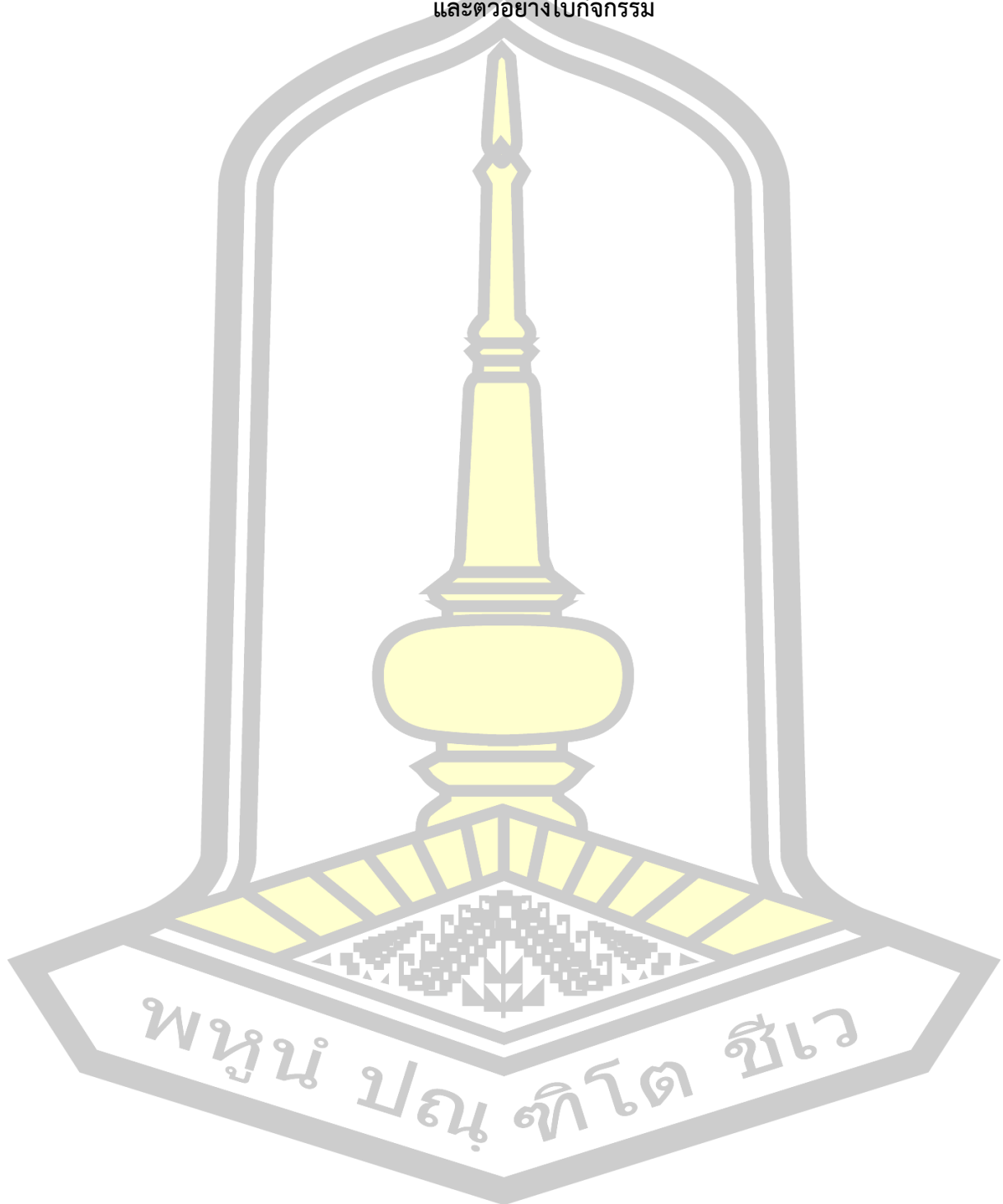
ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ย	ผลการ วิเคราะห์
	1	2	3	4	5		
1	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง



ภาคผนวก จ

ภาพถ่ายตัวอย่างการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)

และตัวอย่างใบกิจกรรม

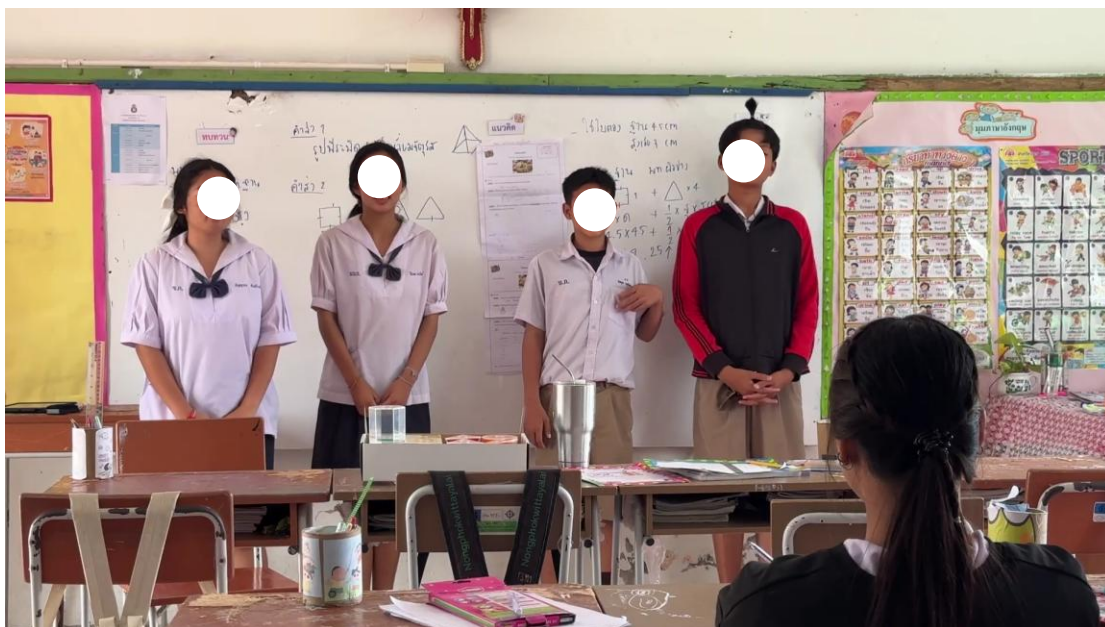




ภาพประกอบ 17 ตัวอย่างชั้นนำเสนอสถานการณ์ปัญหา



ภาพประกอบ 18 ตัวอย่างขั้นเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน



ภาพประกอบ 19 ตัวอย่างขั้นตอนอภิปรายผลและเปรียบเทียบแนวคิดทั้งชั้นเรียน



ภาพประกอบ 20 ตัวอย่างขั้นสรุปบทเรียนจากการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

ชื่อกลุ่ม ทมิกริชดี



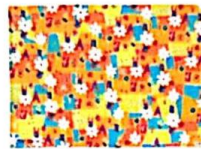
ใบกิจกรรมที่ 7

กิจกรรม "อยากให้เธอออมเงิน"

รายชื่อสมาชิกชั้น.2

1. ช.ร. พิชิตา พิกุลโต
2. อ.ณ. สุวิมล วิริยะ
3. ค.ช. นรเศรษฐ์ ฟ้า
4. _____

สถานการณ์ปัญหา



" กระปุกออมสินสูง 20.5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของฐานยาว 20 เซนติเมตร "

คำสั่ง : นักเรียนต้องการห่อของขวัญกระปุกออมสินใบนี้เพื่อไปให้เพื่อน โดยปิดกระดาษห่อกระปุกจะต้องใช้กระดาษ อย่างน้อยกี่ตารางเซนติเมตร จึงจะพอดีห่อโดยไม่นับส่วนที่ทับซ้อนกัน ($\pi = 3.14$ ตอบในรูปของจำนวนเต็ม) "

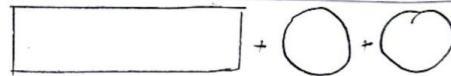
💡 **แนวคิด**

1) โจทย์กำหนดให้ : สูง = 20.5 เส้นผ่านศูนย์กลาง = 20

โจทย์ถาม : ใช้กระดาษห่อกระปุกต้องใช้กระดาษอย่างน้อยกี่ตารางเซนติเมตร

2) การหาพื้นที่กระดาษห่อ : พท. ห่อทั้งหมด = พท. ห่อข้าง + พท. ฐาน

3) ลักษณะการห่อ :



วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 \text{พท. ห่อทั้งหมด} &= \text{พท. ห่อข้าง} + \text{พท. ฐาน} \\
 &= p \times v + 2\pi r^2 \\
 &= h \times 2\pi r + 2\pi r^2 \\
 &= 2\pi r[h + r] \\
 &= 2(3.14)10 [20.5 + 10] \\
 &= 62.8 \times 30.5 \\
 &= 1915.4 \uparrow \\
 &= 1916 \text{ ตร.ซม.}
 \end{aligned}$$

4) ตรวจสอบผล

ตอบ ใช้กระดาษห่อกระปุกต้องใช้กระดาษอย่างน้อย 1916 ตร.ซม.

กลุ่ม ภาพประกอบและจินตนาการ



ใบกิจกรรมที่ 7

กิจกรรม "อยากให้เราออมเงิน"

สถานการณ์ปัญหา



รายชื่อสมาชิกชั้น.2

1. ด.ญ. กัญญากร... วัณณ์วงศ์...
2. น.ส. นริศนา... จิตสิงห์...
3. ด.ช. ดิวิษฐ์... สวัสดิ์...
4. ด.ช. นิธิคุณ... อังปรีช...

" กระปุกออมสินสูง 20.5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของฐานยาว 20 เซนติเมตร "

คำตั้ง : นักเรียนต้องการห่อของขวัญกระปุกออมสินใบนี้เพื่อไปให้เพื่อน โดยปิดกระดาษห่อกระปุกจะต้องใช้กระดาษ อย่างน้อยกี่ตารางเซนติเมตร จึงจะพอดีห่อโดยไม่นับส่วนที่ทับซ้อนกัน ($\pi = 3.14$ ตอบในรูปของจำนวนเต็ม) "

แนวคิด

① โจทย์ถาม: ต้องใช้กระดาษอย่างน้อยกี่ตารางเซนติเมตร จึงจะพอดีห่อของขวัญกระปุกออมสินสูง 20.5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของฐานยาว 20 เซนติเมตร

② วางแผนในการแก้ปัญหา: หาผิวข้างทั้งหมด $\rightarrow 2\pi rh$



③ ขั้นตอนการแก้ปัญหา

$$\begin{aligned}
 \text{วิธีทำ} \quad \text{หาพื้นที่ข้างทั้งหมด} &= \text{พื้นที่ผิวข้าง} + \text{พื้นที่ฐาน} \\
 &= 2\pi rh \\
 &= 20.5 \times 2\pi \times 20 \\
 &= 20.5 \times 2(3.14) \times 20 \\
 &= 1,284.4 + (23) \\
 &= 1,307.4 \uparrow \\
 &= 1,307.4 \text{ ตร. ซม.}
 \end{aligned}$$

④ ตรวจสอบผล

ตอบ ต้องใช้กระดาษห่อของขวัญ 1,307.4 ตร. ซม.

ภาพประกอบ 22 ตัวอย่างใบกิจกรรมอยากให้เราออมเงินกลุ่มที่ 2

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวสิริสรณ์ ศรีสองเมือง
วันเกิด	วันที่ 11 มกราคม พ.ศ.2540
สถานที่เกิด	จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 108 หมู่ 4 บ้านหนองพุก ตำบลขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด 45000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ครู
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนบ้านขอนแก่น (นิกรราชวรศรีธาการ)
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554 มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ. 2557 มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ. 2563 ปริญญาศึกษาศาสตรบัณฑิต (ศษ.บ.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2568 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูน ปณ ภัโต ชีเว