

การพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด
เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กิตติพงษ์ ยานุกูล

การค้นคว้าอิสระ เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา
พฤษภาคม 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง หลักการนับเบื้องต้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4” เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ดร. พ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ พูนไพบูลย์พัฒน์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. อ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา อ่อนธานี)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

พฤษภาคม 2563

ประกาศคุณูปการ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างยิ่ง จากท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์ ที่ปรึกษาและคณะกรรมการทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ อีกทั้งยังช่วยเป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยสามารถก้าวข้ามอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในตลอดระยะเวลาที่ทำการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษ กลิ่นเอี่ยม อาจารย์ประจำภาควิชา คณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ถำรังโสติสกุล อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก และนางปายดา ปานอยู่ ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ โรงเรียนสุโขทัยวิทยาคม จังหวัดสุโขทัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไข และตรวจสอบ เครื่องมือที่ใช้การค้นคว้าอิสระ จนทำให้การค้นคว้าอิสระครั้งนี้ สมบูรณ์ และมีคุณค่า

ขอขอบคุณ นายวัลลภ เอี่ยมมะ ผู้อำนวยการโรงเรียนดลิ่งชั้นวิทยานุสรณ์ จังหวัดสุโขทัย นางวิไลวรรณ วิวัฒน์านนท์ หัวหน้ากลุ่มงานบริหารวิชาการ โรงเรียนดลิ่งชั้นวิทยานุสรณ์ จังหวัดสุโขทัย และนางพัชราพรรณ ฉิมมาลี หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนดลิ่งชั้นวิทยานุสรณ์ จังหวัดสุโขทัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือเป็นอย่างยิ่งในการ เก็บข้อมูล ตลอดจนเป็นผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนดลิ่งชั้นวิทยานุสรณ์ จังหวัดสุโขทัย ที่ให้ความร่วมมือในการค้นคว้าอิสระครั้งนี้เป็นอย่างดี

กราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติมิตร และครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจสำคัญ และคอยส่งเสริมสนับสนุนในทุก ๆ ด้านเสมอมา ตลอดจนขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชา การศึกษาทุกท่าน และขอใจเพื่อนนิสิตปริญญาโทที่เป็นส่วนหนึ่งในการให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้วิจัยขออุทิศแด่ผู้มีพระคุณ ทุก ๆ ท่าน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการค้นคว้าอิสระฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ได้ต่อไป

กิตติพงษ์ ยานุกุล

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้ศึกษาค้นคว้า	กิตติพงษ์ ยานุกุล
ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ, กศ.ม. สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2562
คำสำคัญ	การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด, การรู้เรื่องคณิตศาสตร์, หลักการนับเบื้องต้น

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องหลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 14 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสุโขทัย ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนตามวงจร PAOR จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ ใช้เวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ อนุทินสะท้อนความคิดเห็น และแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและการวิเคราะห์แบบแยกประเด็น และตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า ด้านแหล่งข้อมูล

ผลการวิจัยพบว่า

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่ส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ มี 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การนำเสนอปัญหาปลายเปิด 2) การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน 3) การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ และ 4) การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน มีประเด็นที่ควรเน้น ได้แก่ การออกแบบสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดในชีวิตประจำวัน ให้เหมาะสมกับวัยของนักเรียน การทบทวนความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาในสถานการณ์ชีวิตจริง การทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาในบริบทที่มีอยู่ในชีวิตจริงก่อนแล้ว

จึงมองปัญหาตามแนวคิดทางคณิตศาสตร์ การประยุกต์ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์สู่สถานการณ์ใหม่ การกระตุ้นให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกันอย่างสม่ำเสมอ และการสะท้อนผลหลังการจัดการเรียนรู้

2. นักเรียนส่วนใหญ่มีการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในระดับดี กล่าวคือ 1) นักเรียนสามารถระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างถูกต้อง สมบูรณ์ และนำเสนอสถานการณ์โดยใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ แผนภาพให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้อย่างถูกต้องบางส่วน 2) นักเรียนเลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม สอดคล้องกับปัญหา และนำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน และสรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน และ 3) นักเรียนสามารถตีความผลลัพธ์ได้ถูกต้องและอธิบายความสมเหตุสมผลของวิธีการได้

Title THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL LITERACY VIA
LEARNING IMPLEMENTATION BASED ON OPEN APPROACH
ON FUNDAMENTAL PRINCIPLES OF COUNTING OF GRADE 10
STUDENTS

Author Kittipong Yanukul

Advisor Assistant Professor Wanintorn Poonpaiboonpipat, Ph.D.

Academic Paper Independent Study, M.Ed. in Mathematics Education,
Naresuan University, 2019

Keyword Open Approach, Mathematical Literacy, Principles of Counting

ABSTRACT

This research aimed to study 1) the appropriate learning implementation based on open approach that enhance mathematical literacy and 2) the effects of learning implementation based on open approach in the topic of fundamental principles of counting on mathematical literacy of Grade 10 students. The participants were 14 students in grade 10 of a small sized high school in Sukhothai Province in the second semester of 2019 academic year. The research methodology was the action research, the cycle of PAOR comprising of 3 cycles and took totally 12 hours. The instruments used in this research were lesson plans, worksheets, observation form, learning reflection form and mathematical literacy test. Data were analyzed by content analysis and checked for trustworthiness by resource triangulation technique and analytic scoring.

The results revealed that

1. The learning implementation based on open approach that enhance mathematical literacy composed of 4 steps are 1) posing open – ended problem, 2) students self learning, 3) whole class discussion and comparison and 4) summarization through connecting students' mathematical ideas emerged in the classroom. Furthermore, the teacher should emphasize on designing appropriate open – ended problem situation for students, reviewing students' fundamental knowledge for solving

problems, motivating students to understand problems situated in real life and link to the mathematical concepts, apply mathematical concepts to new problem situation, participate in activities, and reflect the learning.

2. The most students were in good level of mathematical literacy. That means students can 1) identify mathematics problems in real life, 2) apply theorem, definition, rules or formulas to find the ways for solving the problems and 3) interpret results on the context of the real-life situation.

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามการวิจัย.....	5
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
ขอบเขตการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.....	10
การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด.....	13
การรู้เรื่องคณิตศาสตร์.....	26
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	48
3 วิธีดำเนินการวิจัย	53
กลุ่มเป้าหมาย.....	53
รูปแบบการวิจัย.....	53
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	54
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	64
การเก็บและรวบรวมข้อมูล.....	64
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	65

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย	72
ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4.....	72
ตอนที่ 2 ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์ เรื่องหลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4.....	107
5 บทสรุป	122
สรุปผลการวิจัย.....	122
อภิปรายผลการวิจัย.....	126
ข้อเสนอแนะ.....	131
บรรณานุกรม.....	133
ภาคผนวก.....	139
ประวัติผู้วิจัย.....	184

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางสาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น มาตรฐาน 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และ นำไปใช้.....	11
2	แสดงโครงสร้างรายวิชา ค31102 คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	12
3	แสดงตัวอย่างปัญหาปลายเปิด.....	23
4	สรุปลักษณะของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ.....	44
5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดกับการรู้ เรื่องคณิตศาสตร์.....	46
6	แสดงความสัมพันธ์ของแผนการจัดการเรียนรู้ บริบทที่ใช้ และเวลา.....	55
7	แสดงกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้.....	58
8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามและองค์ประกอบของการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์.....	59
9	แสดงความสัมพันธ์ของการสร้างและใช้แบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์.....	62
10	แสดงความสัมพันธ์ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามจุดมุ่งหมาย ของการวิจัย.....	66
11	แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์	68
12	แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ใน การแก้ปัญหา.....	68
13	แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมิน ผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์.....	79
14	แสดงเกณฑ์การจัดระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์.....	71
15	แสดงจำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละ กระบวนการ.....	108
16	แสดงจำนวนนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์.....	120

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
17	แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการ แบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	141
18	แสดงผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	144
19	แสดงผลคะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จากใบกิจกรรม.....	181
20	แสดงผลคะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ สถานการณ์ที่ 1 – 4.....	182
21	แสดงผลคะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ สถานการณ์ที่ 5 – 6.....	183

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	แสดงปัญหาแบ่งแผ่นกระดาษรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....	20
2	แสดงปัญหาก่อนหिन.....	20
3	แสดงการสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยใช้ไม้ขีดไฟ.....	21
4	แสดงแบบจำลองการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในทางปฏิบัติ.....	29
5	แสดงวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ.....	54
6	แสดงขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ.....	64
7	แสดงการนำเสนอผลการแก้ปัญหาและอภิปรายความสมเหตุสมผลของวิธีการ แก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาอาหารว่างของชมพู่.....	80
8	แสดงการนำเสนอผลการแก้ปัญหาและอภิปรายความสมเหตุสมผลของวิธีการ แก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาหัตสปลดล้อคหน้าจอ.....	91
9	แสดงการนำเสนอผลการแก้ปัญหาและอภิปรายความสมเหตุสมผลของวิธีการ แก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาพื้นที่ทำความสะอาด.....	100
10	แสดงการระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่ม 2 ในใบกิจกรรมที่ 1.....	109
11	แสดงการกำหนดตัวแปรของนักเรียนกลุ่ม 1 ในใบกิจกรรมที่ 1.....	110
12	แสดงการระบุวิธีการและการนำมาใช้ของนักเรียนกลุ่ม 1 ในใบกิจกรรมที่ 1.....	111
13	แสดงการกำหนดตัวแปรของนักเรียนกลุ่ม 1 ในใบกิจกรรมที่ 3.....	113
14	แสดงการกำหนดตัวแปรและแผนภาพของนักเรียนกลุ่ม 2 ในใบกิจกรรมที่ 4.....	114
15	แสดงวิธีการแก้ปัญหของนักเรียนกลุ่มที่ 3 ในใบกิจกรรมที่ 4.....	114
16	แสดงการกำหนดตัวแปรและแผนภาพของนักเรียนกลุ่ม 1 ในใบกิจกรรมที่ 5.....	116
17	แสดงการกำหนดตัวแปรของนักเรียนกลุ่ม 3 ในใบกิจกรรมที่ 6.....	117
18	แสดงวิธีการแก้ปัญหของนักเรียนกลุ่มที่ 1 ในใบกิจกรรมที่ 6.....	118

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ อันเป็นรากฐานในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมกับนานาชาติ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560: หน้า 1) การเรียนรู้คณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์

ในชีวิตประจำวันของคนเราจะต้องพบกับสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การจับจ่ายใช้สอย การเดินทาง การทำอาหาร การจัดระเบียบการเงินของตน การประเมินสถานการณ์ การตัดสินใจประเด็นปัญหาทางสังคมการเมือง ฯลฯ ซึ่งความรู้ทางคณิตศาสตร์สามารถเข้ามาช่วยทำให้การมองประเด็น การตั้งปัญหาหรือการแก้ปัญหามีความชัดเจนยิ่งขึ้น การใช้คณิตศาสตร์ดังกล่าวนี้ แม้จะต้องมีรากฐานมาจากทักษะคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน แต่ก็จำเป็นต้องมีความสามารถในการใช้ทักษะนั้น ๆ ในสถานการณ์อื่น ๆ นอกเหนือไปจากสถานการณ์ของปัญหาคณิตศาสตร์ล้วน ๆ หรือแบบฝึกคณิตศาสตร์ที่เรียนในโรงเรียนที่นักเรียนจะสามารถคิดอยู่ในวงจำกัดของเนื้อหาวิชา โดยไม่ต้องคำนึงถึงความเป็นจริงมากนัก แต่การใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริงนักเรียนต้องรู้จักสถานการณ์ หรือสิ่งแวดล้อมของปัญหา ต้องเลือกตัดสินใจว่าจะใช้ความรู้คณิตศาสตร์อย่างไร ดังคำถามนี้สำคัญของ PISA ที่ว่า "สิ่งสำคัญที่ประชาชนพลเมืองในโลกปัจจุบันควรจะต้องรู้และสามารถทำอะไรได้บ้าง" ซึ่งได้ดำเนินการสำรวจนักเรียนอายุ 15 ปีทั่วโลก และดำเนินการอย่างต่อเนื่องทุก ๆ สามปี โครงการศึกษาวิจัยนี้เป็นที่รู้จักกันในนามของโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ หรือ PISA (Programme for International Student Assessment) ซึ่งดำเนินการโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ หรือ OECD (Organisation for

Economic Co-operation and Development) เพื่อประเมินว่านักเรียนที่กำลังจะจบการศึกษาภาคบังคับได้รับความรู้และทักษะสำคัญหลัก ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการมีส่วนร่วมในสังคมปัจจุบัน มากน้อยเพียงใด (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2557: หน้า 1) เพื่อตอบคำถามข้างต้น PISA จึงได้กำหนดการประเมิน "การรู้เรื่องคณิตศาสตร์" เพื่อบอกภาพสมรรถนะของบุคคล ในด้านวิธีการคิดโดยผ่านกฎเกณฑ์และวิธีการทางคณิตศาสตร์ การตีความ และใช้คณิตศาสตร์ในบริบทต่าง ๆ ที่หลากหลาย

การรู้เรื่องคณิตศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นอย่างหนึ่งในการดำเนินชีวิต การที่ PISA ใช้คำว่า "การรู้เรื่องคณิตศาสตร์" (Mathematical Literacy) เพื่อเน้นให้ความชัดเจนว่า การประเมินความรู้และทักษะคณิตศาสตร์ของ PISA เน้นการนำคณิตศาสตร์ที่เรียนมาไว้ในสถานการณ์ของชีวิตจริง ซึ่งนักเรียนจะต้องสามารถขยายความรู้จากที่เรียนมาประยุกต์กับสถานการณ์จริงในบริบทต่าง ๆ ที่หลากหลาย (OECD, 2018: p. 51) เพราะพลเมืองโลกในทุกวันนี้ต้องเผชิญหน้ากับกิจกรรมประจำวันที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ จึงต้องการให้นักเรียนเผชิญหน้ากับปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในการดำเนินชีวิต โดยให้นักเรียนระบุสถานการณ์ที่สำคัญของปัญหา กระตุ้นหาข้อมูล สืบรวจตรวจสอบ และนำไปสู่การแก้ปัญหา

ตั้งแต่ PISA 2000 จนถึงปัจจุบันผลการประเมินของนักเรียนไทยมีแนวโน้มลดลง จากผลการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ PISA 2015 ประเทศไทย โดยนักเรียนไทยมีการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ต่ำกว่าระดับพื้นฐานมากกว่าครึ่ง (53.8%) ซึ่ง ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD และมีนักเรียนประมาณครึ่งหนึ่งที่ยังรู้เรื่องคณิตศาสตร์ไม่ถึงระดับพื้นฐานในขณะที่ประเทศหรือเขตเศรษฐกิจในเอเชียส่วนใหญ่มีผลการประเมินอยู่ในกลุ่มสูง และความไม่แน่นอนและข้อมูลเป็นหนึ่งในเนื้อหาที่ใช้ในการประเมินผลของ PISA 2015 ที่เกี่ยวข้องกับสถิติและความน่าจะเป็น โดยผลการประเมิน PISA 2015 พบว่า นักเรียนไทยร้อยละ 44.4 ทำข้อสอบในเนื้อหาความไม่แน่นอนและข้อมูลไม่ถึงระดับพื้นฐานของการประเมินผล (สสวท., 2561: หน้า 255 - 257) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (O-NET) ที่พบว่า คะแนนเฉลี่ยของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มีแนวโน้มลดลง นักเรียนทำแบบทดสอบ ส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็นถูกต้องเพียงร้อยละ 21.54 ซึ่งมีคะแนนต่ำที่สุดใน 5 สาระการเรียนรู้ ที่ทำการทดสอบในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งความไม่แน่นอนและข้อมูลในการประเมินผลของ PISA 2015 และสาระการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็นในการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (O-NET) ครอบคลุมไปถึงเนื้อหาสาระในเรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

ซึ่งเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อเรื่องความน่าจะเป็น การแก้ปัญห การอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจ

ผู้วิจัยนำแบบทดสอบที่มีลักษณะให้ความสำคัญกับภารกิจของคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง ซึ่งประกอบด้วยภารกิจทางคณิตศาสตร์ที่มีความยากง่ายระดับต่างกันและต้องการคำตอบหลายรูปแบบ ซึ่งได้ปรับจากข้อสอบคณิตศาสตร์ของ PISA ปี 2012 และปี 2015 ในส่วนเนื้อหาที่เกี่ยวกับความไม่แน่นอนและข้อมูลไปใช้เป็นทดสอบความรู้และทักษะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปรากฏว่า นักเรียนทำแบบทดสอบถูกต้องเพียงร้อยละ 18.73 ซึ่งมีคะแนนไม่ถึงร้อยละ 50 จากคะแนนทั้งหมด และผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ในการจัดการเรียนรู้จะเน้นให้นักเรียนเข้าใจหลักทางคณิตศาสตร์เท่านั้น จึงทำให้นักเรียนเกิดคำถามว่าเรียนแล้วเอาไปใช้ทำอะไร โดยตัวครูได้อธิบายการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันเป็นบางครั้ง ในการทำแบบทดสอบและแบบฝึกหัดนักเรียนมักเกิดปัญหาว่าควรจะใช้ความรู้เรื่องอะไร ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่านักเรียนขาดการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ อีกทั้งยังพบว่านักเรียนไม่สามารถนำทฤษฎีบท กฎ นิยาม หรือสูตรทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์กับวิธีในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม และไม่สามารถนำกฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง เมื่อนักเรียนทำใบกิจกรรม และให้นักเรียนได้ลงมือความและประเมินผลลัพธ์ที่ได้ พบว่า นักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา ไม่สามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปสู่บริบทในชีวิตจริงได้ และไม่สามารถบอกได้ว่าวิธีการแก้ปัญหามีความเหมาะสมหรือไม่ ดังนั้นการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อให้นักเรียนมีการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้นจึงมีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน ควรเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้พบปัญหาด้วยตนเอง เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง และอภิปรายปัญหานั้นเชื่อมโยงสู่ชีวิตจริง (วิจารณ์ พานิช, 2557) ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์กับชีวิตจริงและช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ การเปิดโอกาสให้นักเรียนพบเจอปัญหาปลายเปิดที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและได้ลงมือหาทางแก้ไขปัญหานั้นด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนคิดได้ แก้ปัญหาเป็น และยังช่วยให้นักเรียนเห็นความสำคัญในการเรียนมากขึ้นด้วย ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) (Nohda, 2000 อ้างถึงในสุลัดดา ลอยฟ้า และไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2547) เป็นการจัดกิจกรรมโดยใช้วิธีการแบบเปิดสร้างโอกาสให้

นักเรียนได้แสดงแนวคิดในการนำในการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และการตีความและประเมินผลลัพธ์ นอกจากนี้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดส่งผลให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจปัญหาปลายเปิดในบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและเชื่อมโยงสู่โลกคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองโดยใช้เนื้อหาและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้เต็มที่ และกระบวนการนำเสนอและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จะถูกนำมาใช้ระหว่างในการนำเสนอผลงานของตนเอง กระบวนการพิสูจน์และให้เหตุผลจะถูกนำมาใช้ในการอภิปรายถกเถียงในระหว่างการทำกิจกรรมกลุ่มเพื่อเชื่อมโยงไปสู่ข้อจำกัดในบริบทของชีวิตจริง นอกจากนี้ยังเปิดกว้างสำหรับคำตอบและแนวทางการแก้ปัญหาทำให้แนวคิดต่าง ๆ ของนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีและความสำคัญของกิจกรรมในห้องเรียนคณิตศาสตร์ สำหรับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ผู้วิจัยได้อ้างอิงตามแนวทางของไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2547: หน้า 1 - 17) โดยมี 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open – ended problem) 2) การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน (Students self learning) 3) การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ (Whole class discussion and comparison) 4) การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน (Summarization through connecting students' mathematical ideas emerged in the classroom) ซึ่งนักเรียนจะได้พัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ทั้งสามด้าน ได้แก่ การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ผ่านสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ในบริบทชีวิตจริงที่มีลักษณะเป็นปัญหาปลายเปิดตามกรอบการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2015

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าปัญหาที่เกิดขึ้นมาจากการสอนของครูและการเรียนรู้ของนักเรียน ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดจะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้จากสถานการณ์ที่มีความใกล้ตัวและยังทำให้นักเรียนเกิดทักษะและสมรรถนะที่จำเป็นในการนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นในบริบทของโลกจริงได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด โดยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามวงจร PAOR ลักษณะเป็นการปฏิบัติซ้ำทั้งหมด 3 วงจร เนื่องจากการวิจัยในชั้นเรียนเป็นการสืบเสาะหาความรู้ อย่างมีระเบียบแบบแผน เพื่อแก้ปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียนและการสอนของครู

คำถามการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่ส่งเสริมพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ควรเป็นอย่างไร
2. เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น อย่างไร

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษามลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแบบเปิดในเนื้อหาคณิตศาสตร์สาระสถิติและความน่าจะเป็น ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์สำหรับครูเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านอื่น ๆ

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เวลาในการจัดการเรียนรู้จำนวน 12 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้

- 1.1 หลักการบวกและหลักการคูณ จำนวน 4 ชั่วโมง
- 1.2 การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด จำนวน 4 ชั่วโมง
- 1.3 การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด จำนวน 4 ชั่วโมง

2. ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสุโขทัย จำนวน 14 คน

ประกอบด้วย นักเรียนชาย 8 คน และนักเรียนหญิง 6 คน ซึ่งเป็นนักเรียนในแผนการเรียน วิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์

3. ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ การจัดเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด และการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) คือ การจัดการเรียนรู้ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น โดยใช้ปัญหาปลายเปิด (Open-ended problems) ซึ่งเป็นปัญหาชนิดที่มีคำตอบ หรือมีแนวทางในการแก้ปัญหาได้หลากหลาย การพิจารณาคำตอบของปัญหาปลายเปิดไม่ใช่ตัดสินเฉพาะความถูกต้องของคำตอบหรือตัดสินโดยคนส่วนมากกว่าถูกหรือผิด แต่จะมีการพิจารณาถึงเหตุผลว่ามีความสมเหตุสมผลมากน้อยเพียงใด การจัดเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open – ended problem) เป็นการแสดงสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียน โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจกับปัญหา ชักถามข้อสงสัย และคิดที่จะพิสูจน์หรือแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน (Students self learning) เป็นการให้นักเรียนเรียนรู้จากการแก้ปัญหา โดยนักเรียนจะสร้างวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง ใช้แนวคิดหรือวิธีการที่เรียนรู้มาก่อนหน้านี้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา จดบันทึกและสะท้อนวิธีการแก้ปัญหา ผ่านการเขียนอธิบายด้วยแนวคิดของนักเรียนเองพยายามที่จะแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย นอกเหนือจากการหาคำตอบเพียงคำตอบเท่านั้น

ขั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ (Whole class discussion and comparison) เป็นการให้นักเรียนนำเสนอแนวคิด หรือวิธีการแก้ปัญหา มานำเสนอ นักเรียนจะเกิดการเปรียบเทียบแนวคิดของตน กับแนวคิดอื่น ๆ ที่ถูกนำเสนอ นำไปสู่การตรวจสอบ และสะท้อนวิธีการแก้ปัญหานั้น ร่วมกันกับเพื่อน ๆ และครู รวมไปถึงการรับฟัง และการแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน (Summarization through connecting students' mathematical ideas emerged in the classroom) เป็นการประเมินแนวคิดหรือวิธีคิดที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา ซึ่งแนวคิดนั้นอาจเป็นวิธีที่

ง่ายที่สุด หรือใช้เวลาน้อยที่สุด และร่วมกันทั้งชั้นเรียนในการสรุปและตีความผลลัพธ์ ตลอดจนขยายความ หรือประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ย้อนกลับไปที่บริบทของปัญหา

2. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการคิด ใช้ และตีความคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย รวมถึงการให้เหตุผลอย่างเป็นคณิตศาสตร์ ใช้แนวคิดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการอธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการ ดังนี้

1) การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนตัดสินใจได้ว่าส่วนใดที่สามารถดึงคณิตศาสตร์ที่จำเป็นไปใช้ในการวิเคราะห์ สร้างแนวทาง และนำไปแก้ปัญหา โดยนักเรียนสามารถสามารถแปลงปัญหาจากสถานการณ์ในชีวิตจริงให้อยู่ในขอบเขตคณิตศาสตร์และกำหนดโครงสร้างทางคณิตศาสตร์การใช้เครื่องหมายแทน และลักษณะจำเพาะให้กับปัญหาในโลกชีวิตจริง ซึ่งสามารถให้เหตุผล ตั้งสมมติฐาน และพิจารณาข้อจำกัดได้อย่างสมเหตุสมผล กระบวนการนี้ประกอบด้วยกระบวนการย่อย ดังต่อไปนี้

(1) การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ

(2) การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น

(3) การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน

2) การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา หมายถึง เป็นกระบวนการที่นักเรียนแต่ละคนแสดงวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ และค้นหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สร้างแบบจำลองของสถานการณ์ปัญหา สร้างกฎเกณฑ์ระบุนความเชื่อมโยงระหว่างองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ และสร้างข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ กระบวนการนี้ประกอบด้วยกระบวนการย่อย ดังต่อไปนี้

(1) การนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา

(2) การนำหลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน

(3) การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา

3) การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ คือความสามารถของนักเรียนแต่ละคนในการสะท้อนวิธีแก้ปัญหา ผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์แล้วตีความออกมาในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง ซึ่งรวมถึงการแปลความหมายของวิธีแก้ปัญหาหรือการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ย้อนกลับไปทีบริบทของปัญหา และตัดสินว่าผลลัพธ์ที่ได้เป็นเหตุเป็นผลและเข้ากันได้กับบริบทของปัญหาหรือไม่ กระบวนการนี้ประกอบด้วยกระบวนการย่อย ดังต่อไปนี้

(1) การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปทีบริบทโลกชีวิตจริง

(2) การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง

(3) การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา

การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนี้วัดจากแบบทดสอบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องหลักการนับเบื้องต้น ซึ่งเป็นข้อสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยการพัฒนาข้อสอบตามแนวของ PISA จำนวน 6 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 7 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการย่อยของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์โดยมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด ครอบคลุมทั้ง 4 บริบท ได้แก่ บริบทส่วนตัว บริบทสังคม บริบทการงานอาชีพ และบริบททางวิทยาศาสตร์ โดยรูปแบบของแบบทดสอบเป็นแบบเขียนตอบอิสระ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง การพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นกรอบแนวทางในการวิจัยในด้านต่าง ๆ ตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

1. ตั๋ววัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.1 เป้าหมาย

1.2 สาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์

1.3 ตั๋ววัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางคณิตศาสตร์

1.4 คำอธิบายรายวิชา ค31102 คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.5 โครงสร้างรายวิชา ค31102 คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

2.2 ลักษณะสำคัญของจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

2.3 ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

2.4 ปัญหาปลายเปิด

2.4.1 ความหมายของปัญหาปลายเปิด

2.4.2 ประเภทของปัญหาปลายเปิด

2.4.3 แนวทางการสร้างปัญหาปลายเปิด

2.5 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

3. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์

3.1 โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

3.2 ความหมายของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

3.3 กรอบโครงสร้างการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

3.3.1 กระบวนการทางคณิตศาสตร์

3.3.2 เนื้อหาคณิตศาสตร์

3.3.3 สถานการณ์หรือบริบท

3.4 สมรรถนะในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

3.5 การประเมินผลการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

3.6 การรายงานผลระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

3.7 การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในประเทศ

4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

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

1. เป้าหมาย

กระทรวงศึกษาธิการ (2560: หน้า 7) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด หลักการ ทฤษฎีในสาระคณิตศาสตร์ที่จำเป็น พร้อมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ได้

2. มีความสามารถในการแก้ปัญหา สื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เชื่อมโยง ให้เหตุผล และมีความคิดสร้างสรรค์

3. มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ เห็นคุณค่าและตระหนักถึงความสำคัญของคณิตศาสตร์ สามารถนำ ความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ในระดับการศึกษาที่สูงขึ้น ตลอดจนการประกอบอาชีพ

4. มีความสามารถในการเลือกใช้สื่อ อุปกรณ์ เทคโนโลยีและแหล่งข้อมูลที่เหมาะสม เพื่อเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้การสื่อสาร การทำงาน และการแก้ปัญหาอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

2. สาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2551: หน้า 2) ได้กำหนดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ว่าประกอบด้วย 3 สาระ คือ สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต และสาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น แต่ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้เนื้อหาคณิตศาสตร์

เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วยสาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้ ดังนี้

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

3. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางคณิตศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2551: หน้า 30) ได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางสาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น มาตรฐาน 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4	1. เข้าใจและใช้หลักการบวกและการคูณ การเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา	หลักการนับเบื้องต้น - หลักการบวกและหลักการคูณ - การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นกรณีที่ตั้งของแตกต่างกันทั้งหมด - การจัดหมู่กรณีที่ตั้งของแตกต่างกันทั้งหมด

4. คำอธิบายรายวิชา ค31102 คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสุโขทัย ได้กำหนดคำอธิบายรายวิชา ค31102 คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไว้ดังนี้ ศึกษาและฝึกทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในสาระต่อไปนี้ หลักการนับเบื้องต้น หลักการบวกและการคูณ การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นกรณีที่ตั้งของแตกต่างกันทั้งหมด การจัดหมู่กรณีที่ตั้งของแตกต่างกันทั้งหมด ความน่าจะเป็น การทดลองสุ่มและเหตุการณ์ ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ โดยการจัดประสบการณ์หรือสร้างสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า ฝึกทักษะ โดยปฏิบัติจริง ทดลอง สรุป รายงาน เพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการในการคิดคำนวณ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และนำประสบการณ์ด้านความรู้ ความคิด ทักษะและกระบวนการที่ได้ไปใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และใช้ใน

ชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์ เพื่อให้เห็นคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ สามารถทำงานได้อย่างเป็นระบบ มีระเบียบ รอบคอบ มีความรับผิดชอบ มีวิจารณญาณ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และมีความเชื่อมั่นในตนเอง การวัดและประเมินผล ใช้วิธีการที่หลากหลายตามสภาพความเป็นจริงให้สอดคล้องกับเนื้อหาและทักษะที่ต้องการวัด ตัวชี้วัด ค 3.2 ม.4/1, ม.4/2 รวม 2 ตัวชี้วัด

5. โครงสร้างรายวิชา ค31102 คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสุโขทัย ได้กำหนดโครงสร้างรายวิชา ค31102 คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 เวลา 40 ชั่วโมง/ภาคเรียน จำนวน 1.0 หน่วยกิต มีหน่วยการเรียนรู้ 2 หน่วย ดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงโครงสร้างรายวิชา ค31102 คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ร.ก.	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
1	หลักการนับเบื้องต้น	ค 3.2 ม.4/1	กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ ประกอบด้วยหลักการคูณและหลักการบวก การเรียงสับเปลี่ยน เป็นวิธีการจัดเรียงสิ่งของที่กำหนดให้โดยคำนึงถึงลำดับเป็นสำคัญ การจัดหมู่เป็นการเลือกสิ่งของออกมาเป็นหมู่หรือเป็นชุด โดยไม่ยึดถือลำดับ ซึ่งเราสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้	12	40
2	ความน่าจะเป็น	ค 3.2 ม.4/2	การทดลองสุ่มที่ผลแต่ละตัวมีโอกาสเกิดขึ้นเท่าๆ กัน สามารถหาความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เราสนใจได้ และยังสามารถนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้ได้	28	60

จากการศึกษาวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 สารการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางคณิตศาสตร์ คำอธิบายและโครงสร้างรายวิชา ค31102 คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด และศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

1. ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ดังนี้

Becker & Shimada (1997: p. 23) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดนั้นเป็นวิธีการสอนโดยครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาให้กับนักเรียน ซึ่งสถานการณ์ปัญหานั้นไม่จำเป็นที่จะต้องมีการแก้ปัญหาหรือมีคำตอบเพียงอย่างเดียว ครูต้องให้ความสนใจของกระบวนการแก้ปัญหาที่ทำให้นักเรียนได้ประสบการณ์ในการค้นพบสิ่งใหม่โดยใช้ความรู้ ทักษะ และการคิดทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนมีอยู่ กิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนจะต้องช่วยให้นักเรียนใช้คณิตศาสตร์กับสถานการณ์อย่างเหมาะสม นักเรียนได้ค้นหากฎหรือความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้ความรู้และทักษะที่มีอยู่ นักเรียนได้แก้ปัญหา ตรวจสอบผลลัพธ์รวมถึงได้ทราบแนวคิดใหม่จากนักเรียนคนอื่น ๆ และเปรียบเทียบความแตกต่างของแนวคิดนั้นแล้วนำมาปรับปรุงและพัฒนาแนวคิดต่อไป

Nohda (n.d.) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการสอนที่กระตุ้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์กับนักเรียน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์และการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

Pehkonen (1997: p. 7) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด หมายถึง วิธีการสอนที่ใช้ปัญหาปลายเปิดในห้องเรียนเพื่อส่งเสริมการอภิปรายแนวคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2547: หน้า 4) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเป็นการสอนเพื่อให้นักเรียนทุกคนสามารถเรียนคณิตศาสตร์ในแนวทางที่ตอบสนอง

ความสามารถของพวกเขาควบคุมไปกับระดับของการตัดสินใจด้วยตนเองในการเรียนรู้และสามารถขยายหรือเพิ่มเติมคุณภาพของกระบวนการและผลที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้

ผู้วิจัยสรุปความหมายของการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำเสนอปัญหาปลายเปิดให้กับนักเรียนโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่ในการแก้ปัญหาเหล่านั้นพร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ตามความสามารถของนักเรียน และมีการนำเสนอและเปรียบเทียบแนวคิดในการแก้ปัญหาของนักเรียนในชั้นเรียนเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาแนวคิดในการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละคน

2. ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

นักการศึกษาได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดดังนี้

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2552) ลักษณะการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดจะประกอบด้วย สถานการณ์ปัญหา 3 สถานการณ์ ดังนี้

สถานการณ์ A การกำหนดสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา

สถานการณ์ B การสืบเสาะเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย

สถานการณ์ C สร้างสถานการณ์ปัญหาใหม่ให้ก้าวหน้ากว่าเดิม

ในสถานการณ์ A ซึ่งเป็นการกำหนดสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา บทบาทของครู คือ นำสถานการณ์ของปัญหาหรือปัญหาคำถามปัญหาหนึ่งมานำเสนอให้นักเรียน บทบาทของนักเรียนคือพยายามสร้างปัญหาทางคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ปัญหาหรือปัญหาคำถามที่ตอบสนองต่อประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน

สถานการณ์ B ซึ่งเป็นช่วงของการสืบเสาะเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลายนั้น นักเรียนถูกคาดหวังที่จะค้นพบแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเอง โดยอาศัยประสบการณ์ของตนเอง ส่วนครูพยายามชี้แนะให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแนวทางคำตอบที่หลากหลายที่ได้มา เพื่อที่จะสามารถบูรณาการแนวทางคำตอบที่ดูเหมือนจะไม่เกี่ยวข้องกันเลยในตอนแรกให้สามารถรวมกันเป็นความรู้ในระดับสูงขึ้นในระยะต่อมา

สถานการณ์ C ซึ่งเป็นการสร้างสถานการณ์ปัญหาใหม่ให้ก้าวหน้ากว่าเดิมนักเรียนต้องพยายามสร้างปัญหาที่มีความเป็นกรณีทั่วไป (Generalization) มากขึ้นโดยอาศัยพื้นฐานจากกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์ B และจากที่ได้แก้ปัญหาเหล่านี้ นักเรียนที่ได้รับการคาดหวังจะสามารถค้นพบแนวทางคำตอบที่มีลักษณะเป็นกรณีทั่วไปได้มากขึ้น

ลัดดา ศิลาน้อย (2548: หน้า 17) การจัดการเรียนการสอนโดยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) มีลักษณะที่เป็นปัญหาแบบเปิดกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดโดยกิจกรรมการเรียนการสอนที่จะนำมาใช้จะต้องกิจกรรมที่มีความหลากหลายทั้งในภาคทฤษฎีและปฏิบัติ ยกตัวอย่าง เช่น เกม กรณีตัวอย่าง บทความ ข่าว ฯลฯ โดยกิจกรรมต่าง ๆ ที่นำมาใช้จะสร้างขึ้นเป็นสถานการณ์ปัญหาแบบเปิด ซึ่งมีแนวทางในการพัฒนาปัญหาแบบเปิด ออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. กระบวนการเปิดเป็นวิธีการที่ครูต้องใช้ความคิดหาวิธีการที่จะให้นักเรียนได้เปิดความคิดให้หลากหลายจะอยู่ในเรื่องของการนำเสนอข้อคิดเห็นหรือการกำหนดปัญหาขึ้นมา เพื่อกระตุ้นการคิดของเด็กในส่วนี้นักเรียนจะมีคำตอบจากประเด็นปัญหาอย่างกว้างขวาง รวมทั้งมีแนวทางการแก้ปัญหาหรือมีการตั้งปัญหาขึ้นมาใหม่ เพื่อค้นหาความชัดเจนของคำตอบสำหรับกิจกรรมที่จะให้ทำให้ได้คำตอบจะอยู่ในลักษณะประเด็นปัญหาเหตุการณ์ สื่ออุปกรณ์อื่น ๆ สำหรับคำถามซึ่งเป็นหัวใจของการเปิดความคิดได้ดีสำหรับการเรียนการสอน เมื่อนักเรียนเกิดการเปิดความคิด แล้วจะเกิดความหลากหลายในคำตอบและแนวทางการแก้ปัญหาหรือแม้แต่การสร้างปัญหาที่ หลากหลายเพื่อให้เกิดความชัดเจนในกระบวนการเปิด

2. ผลลัพธ์ของการเปิดผลของการเปิดประเด็นจะมีคำตอบเกินหนึ่งคำตอบจากกลุ่มคน 1 กลุ่มหรือจากคนคนเดียวและคำตอบที่ได้นี้จะไม่มีความผิดเป็นคำตอบที่ให้ข้อมูลเพิ่มเติมขึ้นเพื่อให้เกิดความชัดเจนขึ้นเรื่อย ๆ ในเนื้อหาสาระที่ต้องการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้หรือบางครั้งอาจจะเกิดการตั้งประเด็นปัญหาเพิ่มขึ้นเพื่อไปสู่คำตอบใหม่ที่เกิดความชัดเจนของคำตอบที่มีตั้งแต่เดิมในกิจกรรมการเปิดช่วงแรก วิธีการตอบของนักเรียนมีทั้งข้อดีและข้อเสียซึ่งครูอาจช่วยให้นักเรียนมองเห็นทั้งข้อดีและข้อเสียเพื่อพัฒนาไปสู่แนวทางหาคำตอบที่เป็นกรณีทั่วไปจากแนวทางที่นักเรียนเสนอมา

3. แนวทางการพัฒนาปัญหาแบบเปิดหลังจากที่นักเรียนได้แก้ปัญหาด้วยการวิเคราะห์ และตอบประเด็นปัญหาหรือแก้ปัญหาจากสถานการณ์ผ่านไปแล้ว นักเรียนสามารถที่จะพัฒนาปัญหาใหม่ด้วยการสร้างปัญหากำหนดปัญหาขึ้นมาใหม่ เพื่อความชัดเจนของสาระจากคำตอบ เพื่อการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขหรืออาศัยกรอบปัญหาเดิมการเน้นแง่มุมนี้เรียกว่า "จากปัญหาสู่ปัญหา"

จากลักษณะการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปว่าประกอบด้วย สถานการณ์ปัญหา 2 ชนิด ดังนี้ การกำหนดสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อกระตุ้นความคิดของนักเรียน และการสืบเสาะหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย

3. ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

นักการศึกษาได้กล่าวถึงขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ดังนี้

Nohda (1983 อ้างถึงใน ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2547: หน้า 4-5) กล่าวว่า การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ครูเป็นผู้นำสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์มานำเสนอให้กับนักเรียน

2. การสืบเสาะเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนจะต้องพยายามค้นพบแนวทางการแก้ปัญหาของตนเอง โดยอาศัยประสบการณ์ของตนเอง ครูมีหน้าที่ชี้แนะให้นักเรียนได้อภิปรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแนวทางคำตอบที่หลากหลายที่ได้มา เพื่อที่จะสามารถบูรณาการคำตอบให้สามารถนำมารวมกันเป็นความรู้ในระดับสูงขึ้นไปในระยะเวลาต่อมา

3. การสร้างสถานการณ์ปัญหาใหม่ เป็นการสร้างปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาเดิม นักเรียนจะต้องพยายามสร้างปัญหาที่มีความเป็นกรณีทั่วไปมากขึ้น โดยอาศัยพื้นฐานจากกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการสืบเสาะหาแนวทางการแก้ปัญหา และจากการที่ได้แก้ปัญหาเหล่านั้น นักเรียนจะได้รับการคาดหวังว่าจะสามารถค้นพบแนวทางคำตอบที่มีลักษณะเป็นกรณีทั่วไปมากขึ้น

Inprasit (2011: p. 56-59) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ วิธีการแบบเปิดประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ชี้นำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open-ended problem) เป็นขั้นที่ครูเสนอปัญหา ปลายเปิดในชั้นเรียน ครูจะต้องอธิบายปัญหานั้นให้นักเรียนได้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ กฎ และเงื่อนไขของปัญหานั้น ๆ เพราะนักเรียนบางคนอาจไม่เข้าใจปัญหาเนื่องจากเป็นปัญหาที่ไม่คุ้นเคยและไม่เคยพบเจอมาก่อน โดยกระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของปัญหา อาจใช้สื่อการสอนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจยิ่งขึ้นและให้ข้อมูลทั่วไปเพิ่มเติมเพื่อให้เห็นปัญหาที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น รวมถึงยกตัวอย่างแนวทางการคิดที่หลากหลายเกี่ยวกับปัญหานั้น ๆ

2. ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน (Student's self-learning) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนแต่ละคนได้ใช้ความคิดทางคณิตศาสตร์อย่างอิสระในการแก้ปัญหา ครูไม่ควรกำหนดแนวทางการคิดของนักเรียนเพราะเน้นให้นักเรียนได้คิดหาแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งรูปแบบการสอนนี้เป็นการรวมกันของสองสิ่งคือการทำงานของแต่ละบุคคลและการอภิปรายในชั้นเรียน

3. ขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดในชั้นเรียน (Whole class discussion and comparison) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องอภิปรายแนวคิดการแก้ปัญหาของตนเองในชั้นเรียน สิ่งนี้

สำคัญคือการบันทึกแนวคิดการแก้ปัญหาของนักเรียนในใบกิจกรรมหรือสมุดบันทึก เพื่อให้เห็นถึงแนวคิดของนักเรียนที่เป็นลายลักษณ์อักษร และครูก็จะสามารถประเมินนักเรียนได้จากใบกิจกรรมหรือสมุดบันทึกนั้น ๆ

4. ขั้นสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (Summing-up by connecting students' emergent mathematical ideas) เป็นขั้นที่ครูหรือนักเรียนควรเขียนแนวคิดของแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มบนกระดานเพื่อให้นักเรียนทุกคนได้เห็นถึงแนวคิดที่หลากหลายเหล่านั้น แล้วครูทำการเปรียบเทียบแนวคิดของนักเรียนถึงความเหมือนและความต่างของแนวคิดนั้น ๆ ครูควรส่งเสริมแนวคิดที่หลากหลายของนักเรียนในทางบวก พร้อมทั้งแนะนำและปรับเปลี่ยนตามความคิดเห็นของนักเรียนคนอื่น ๆ

Stigler & Hiebert (1999 อ้างถึงใน เจนสมุทรร แสงพันธ์, 2550: หน้า 25) ได้วิเคราะห์รูปแบบการสอนวิชาคณิตศาสตร์ของประเทศญี่ปุ่นซึ่งสอดคล้องกับการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นทบทวนบทเรียนที่เรียนในคาบที่ผ่านมา (Reviewing the previous lesson) ในขั้นทบทวนนี้จะนำโดยการบรรยายสรุปสั้น ๆ จากครู หรือเป็นการนำอภิปรายที่นำโดยครูร่วมกับนักเรียนในประเด็นหลัก ๆ ที่ได้เรียนไปก่อนหน้า โดยมากแล้วการทบทวนจะนำมาสู่บทเรียนที่จะใช้ในคาบที่จะสอน บางครั้งเป็นการเอาวิธีการที่ได้สร้างไว้ในคาบที่ผ่านมาใช้ในการแก้ปัญหาที่จะสอน

2. ขั้นนำเสนอปัญหาของคาบที่จะสอน (Presenting the problem for the day) ปัญหาที่จะใช้ถือเป็นปัญหาที่สำคัญ (Key problem) ที่นำไปสู่ขั้นตอนทั้งหมดของกิจกรรมการสอนในคาบนั้น และปัญหาที่ครูนำเสนอนั้นก็มักจะเป็นปัญหาปลายเปิด

3. ขั้นการทำกิจกรรมเดี่ยวหรือกลุ่มของนักเรียน (Students working individually or in groups) หลังจากทีครูนำเสนอปัญหาของบทเรียนแล้วนักเรียนจะทำหรือแก้ปัญหาด้วยตัวเองก่อนประมาณไม่เกิน 20 นาที โดยส่วนใหญ่จะใช้เวลาประมาณ 5 - 10 นาที จากนั้นจึงเข้าไปทำงานกับกลุ่มเล็ก ๆ หรือกลุ่มย่อย เพื่อแก้ปัญหาและแสดงวิธีการคิดร่วมกัน ซึ่งส่วนใหญ่ นักเรียนจะแก้ปัญหาด้วยตัวเองเสร็จไปก่อนที่จะเข้ากลุ่ม

4. ขั้นการอภิปรายวิธีการแก้ปัญหา (Discussing solution methods) หลังจากทีนักเรียนในกลุ่มได้แก้ปัญหาเสร็จแล้ว ในห้องเรียนจะมีการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนประมาณ 1 - 2 วิธีการ แล้วอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการนั้น ๆ โดยมากแล้วครูมักจะเรียกถามนักเรียน 1 คน หรือมากกว่านั้นเพื่อให้แสดงความคิดเห็นว่าได้ค้นพบอะไรบ้าง ครูมักจะเลือกนักเรียนให้

ตอบมากกว่าการขออาสาสมัครโดยถามถึงวิธีการที่นักเรียนคนนั้นทำ โดยครูจะสังเกตเห็นแล้วในขณะที่เดินดูนักเรียนอยู่รอบ ๆ ห้อง และบางครั้งครูก็อาจนำเสนอวิธีการของตัวเองเพื่อแลกเปลี่ยนกับนักเรียนบ้าง เพื่อให้ให้นักเรียนได้เรียนรู้ถึงวิธีการของครูที่ต้องการสอนและเมื่อนักเรียนออกมานำเสนอวิธีการเสร็จแล้วนั้น ครูจะทำการสรุปและให้รายละเอียดในตอนท้าย

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

จากขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มาข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดของ Inprasit (2011: p. 56-59) เนื่องจากมีขั้นตอนที่เหมาะสมกับการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยพบว่าในขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open-ended problem) เป็นการแสดงสถานการณ์ปัญหาให้แก่ นักเรียน โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจกับปัญหา ชักถามข้อสงสัย และคิดที่จะพิสูจน์หรือแก้ปัญหานั้น ซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน เป็นการให้นักเรียนเรียนรู้จากการแก้ปัญหาโดยนักเรียนจะสร้างวิธีการแก้ปัญหามาจากตนเอง ใช้แนวคิดหรือวิธีการที่เรียนรู้มาก่อนหน้านี้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา จุดบันทึกและสะท้อนวิธีการแก้ปัญหามาจากการเขียนอธิบายด้วยแนวคิดของนักเรียนเองพยายามที่จะแก้ปัญหามาด้วยวิธีการที่หลากหลาย นอกเหนือจากการหาคำตอบเพียงคำตอบเท่านั้น ขั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้น และการเปรียบเทียบเป็นการให้นักเรียนนำเสนอแนวคิด หรือวิธีการแก้ปัญหามาให้นักเรียนจะเกิดการเปรียบเทียบแนวคิดของตนเองกับแนวคิดอื่น ๆ ที่ถูกนำเสนอไปสู่การตรวจสอบและสะท้อนวิธีการแก้ปัญหานั้นร่วมกันกับเพื่อน ๆ และครู รวมไปถึงการรับฟังและการแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น และขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน เป็นการประเมินแนวคิดหรือวิธีคิดที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา ซึ่งแนวคิดนั้นอาจเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดหรือใช้เวลาน้อยที่สุด และร่วมกันทั้งชั้นเรียนในการสรุปและตีความผลลัพธ์ ตลอดจนขยายความหรือประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ย้อนกลับไปที่บริบทของปัญหา

4. ปัญหาปลายเปิด

เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดมีองค์ประกอบสำคัญคือการให้ปัญหาปลายเปิด ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาปลายเปิด ดังนี้

4.1 ความหมายของปัญหาปลายเปิด

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของปัญหาปลายเปิด ดังนี้

Becker & Shimada (1997: p. 1) กล่าวว่า ปัญหาปลายเปิดนั้นไม่ได้สนใจที่คำตอบของปัญหานั้น แต่ปัญหาปลายเปิดเป็นปัญหาที่มีวิธีการหรือการได้มาซึ่งคำตอบที่หลากหลาย กล่าวคือไม่ได้มีแค่กระบวนการเดียวเท่านั้นแต่มีหลายกรณีหรือหลายวิธีในการแก้ปัญหา

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2547: หน้า 6) กล่าวว่า ปัญหาปลายเปิดเป็นสถานการณ์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อให้มีกระบวนการหาคำตอบที่หลากหลายหรืออาจมีคำตอบที่หลากหลายอย่างสมเหตุสมผล รวมไปถึงการสร้างปัญหาใหม่จากปัญหาเดิมและหาแนวทางการหาคำตอบที่มีความเป็นกรณีทั่วไป

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544: หน้า 27) กล่าวว่า ปัญหาปลายเปิดเป็นปัญหาที่สร้างขึ้นให้มีคำตอบเปิดกว้าง มีคำตอบที่ถูกต้องหลายคำตอบ หรือมีวิธีการหรือแนวทางหาคำตอบได้หลายวิธี

ศศิธร แม้นสงวน (2555: หน้า 199) กล่าวว่า ปัญหาปลายเปิดเป็นปัญหาที่มีหลายคำตอบ มีแนวคิดหรือวิธีการในการหาคำตอบได้หลายอย่าง เป็นปัญหาที่ช่วยส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และศักยภาพของนักเรียน

จากความหมายของปัญหาปลายเปิดที่กล่าวมาผู้วิจัยสรุปได้ ดังนี้ ปัญหาปลายเปิดเป็นสถานการณ์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อให้มีวิธีการแก้ปัญหาหรือมีคำตอบที่หลากหลายอย่างสมเหตุสมผล

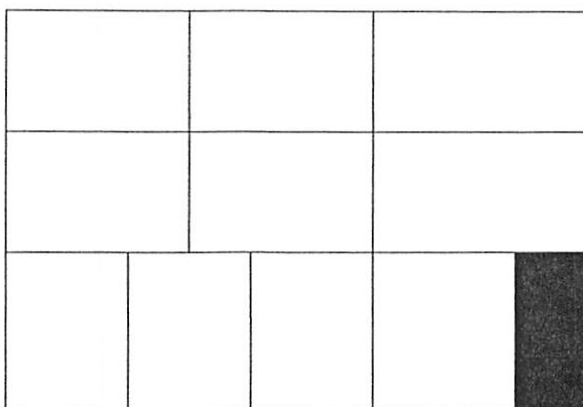
4.2 ประเภทของปัญหาปลายเปิด

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2547: หน้า 6 - 8) ได้จำแนกปัญหาปลายเปิดออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาปลายเปิดที่มีลักษณะเป็นกระบวนการเปิดเป็นปัญหาที่มีแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เช่น

นักเรียน 37 คน ต้องการทำการ์ดวันเกิดสำหรับคุณครู ในที่ประชุมตกลงกันว่า จะช่วยกัน ทำการ์ด โดยพวกเขาต้องทำการ์ดขนาดเล็กเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดยาว 15 เซนติเมตร และกว้าง 10 เซนติเมตร จากกระดาษแผ่นใหญ่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความยาว 45 เซนติเมตร และกว้าง 35 เซนติเมตร ปัญหาคือ จะทำการ์ดแผ่นเล็กจากแผ่นใหญ่ได้กี่แผ่น

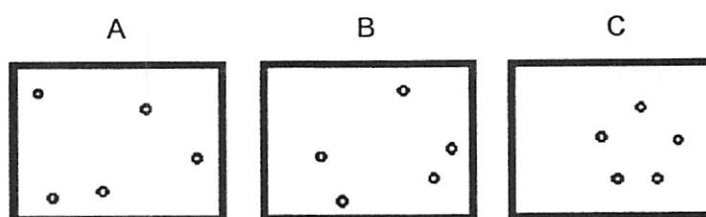
สำหรับปัญหานี้ นักเรียนอาจใช้วิธีแบ่งแผ่นกระดาษรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่กำหนดให้ ออกเป็นการ์ดขนาดเล็กแล้วลองเรียงกันให้ได้ดังภาพ 1



ภาพ 1 แสดงปัญหาแบ่งแผ่นกระดาษรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

หรือนักเรียนอาจใช้วิธีคำนวณ $(35 \times 45) \div (15 \times 10)$ ได้คำตอบเป็น 10.5 หรือนักเรียนบางคนอาจคำนวณจาก $(7 \times 9) \div (3 \times 2)$ โดยหารใช้อัตราส่วน ซึ่งแนวทางการหาคำตอบที่หลากหลายจะทำให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมได้ตามความสามารถและความสนใจ อีกทั้งถ้านักเรียนได้อภิปรายแนวความคิดซึ่งกันและกันจะทำให้นักเรียนมีกระบวนการแก้ปัญหาที่ดีกว่าเดิม

2. ปัญหาปลายเปิดที่มีลักษณะเป็นผลลัพธ์เปิดเป็นปัญหาที่มีคำตอบที่ถูกต้องหลากหลายคำตอบขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความสมเหตุสมผลของคำตอบที่นักเรียนได้นำเสนอ เช่น ปัญหาก้อนหิน ดังภาพ 2



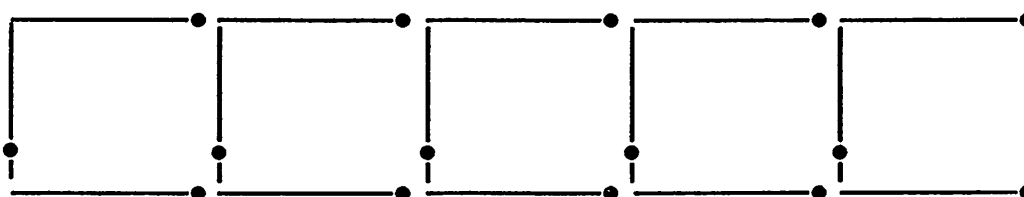
ภาพ 2 แสดงปัญหาก้อนหิน

ภาพนี้แสดงการกระจายของก้อนหินที่โยนโดยนักเรียน 3 คน นักเรียน A นักเรียน B และนักเรียน C ในเกมนี้นักเรียนคนใดที่มีก้อนหินกระจายน้อยที่สุดจะเป็นผู้ชนะ

ในการแก้ปัญหานี้อาจทำได้หลายวิธี เช่น การวัดพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม หรือการวัดความยาวของส่วนของเส้นตรงทั้งหมด หรืออาจใช้การวัดรัศมีของวงกลมที่เล็กที่สุดที่รวมจุด

ทั้งหมดในการกระจายวิธีต่าง ๆ อาจมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ครูควรจะช่วยให้นักเรียนมองเห็นทั้งข้อดีและข้อเสียเพื่อพัฒนาไปสู่แนวทางการหาคำตอบที่เป็นกรณีทั่วไปจากแนวทางต่าง ๆ ที่ได้เสนอมานี้

3. แนวทางการพัฒนาปัญหาเปิดเป็นการสร้างปัญหาใหม่ด้วยการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขหรือองค์ประกอบของปัญหาเดิมซึ่งเรียกว่า จากปัญหาสู่ปัญหา ดังตัวอย่างในภาพ 3 ซึ่งเป็นปัญหาเกี่ยวกับการสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยใช้ไม้ขีดไฟที่ต้องการสร้างรูปสี่เหลี่ยมจำนวนแปดรูปจะต้องใช้ไม้ขีดไฟจำนวนเท่าใด



ภาพ 3 แสดงการสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยใช้ไม้ขีดไฟ

คำสั่ง

1. ให้นักเรียนเขียนแนวทางการแก้ปัญหาและคำตอบของปัญหาข้างต้น
2. ให้นักเรียนสร้างปัญหาของตนเองให้คล้ายกับปัญหาข้างต้น โดยสร้างปัญหาที่หลากหลายเท่าที่นักเรียนจะทำได้ โดยที่ไม่จำเป็นต้องหาคำตอบที่ตนเองสร้างขึ้น
3. ให้นักเรียนเลือกปัญหาที่คิดว่าดีที่สุดจากปัญหาที่สร้างไว้ โดยระบุข้อที่เลือกแล้วให้เหตุผลว่าทำไมจึงคิดว่าเป็นปัญหาที่ดีที่สุด

นักเรียนอาจพัฒนาปัญหาขึ้นมาโดยการเปลี่ยนจำนวนของสี่เหลี่ยม หรืออาจเปลี่ยนเงื่อนไขจากสี่เหลี่ยมเป็นสามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน หรืออาจพัฒนาเกี่ยวกับจำนวนของสี่เหลี่ยมเมื่อกำหนดจำนวนของไม้ขีดไฟ เป็นต้น

จากตัวอย่างปัญหาปลายเปิดดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ปัญหาปลายเปิดนั้นมีหลายประเภททั้งแนวทางการหาคำตอบหรือคำตอบที่หลากหลาย รวมถึงการพัฒนาปัญหาเปิดซึ่งผู้วิจัยได้นำแนวคิดของประเภทของปัญหาปลายเปิดที่มีลักษณะดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการสร้างปัญหาปลายเปิดที่เกี่ยวกับเรื่อง หลักการนับเบื้องต้น เพื่อนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด โดยนำปัญหาปลายเปิดซึ่งมี 3 ประเภท คือ กระบวนการเปิด ผลลัพธ์เปิด และแนวทางการพัฒนาปัญหาเปิดไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น โดยการนำเสนอปัญหาปลายเปิดที่เกี่ยวข้องกับหลักการนับเบื้องต้น แล้วให้นักเรียนได้

ร่วมกันใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาได้อย่างอิสระตามความสามารถและประสบการณ์ของนักเรียน อีกทั้งผู้วิจัยใช้ปัญหาปลายเปิดในการทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

4.3 แนวทางการสร้างปัญหาปลายเปิด

นักการศึกษาได้กล่าวถึงแนวทางการสร้างปัญหาปลายเปิดไว้ ดังนี้

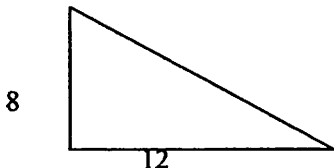
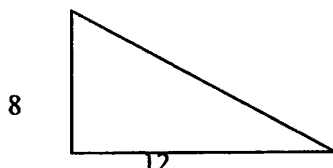
Becker & Shimada (1997: p. 28 - 31) ได้กล่าวถึงแนวทางในการสร้างปัญหาปลายเปิดไว้ดังนี้

1. ครูต้องจัดเตรียมสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์และสามารถสังเกตหรือหาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสถานการณ์นั้นได้
2. ครูต้องเปลี่ยนคำถามจากการถามหรือการพิสูจน์โดยตรงให้เป็นคำถามที่นักเรียนสามารถสังเกตเพื่อหาความสัมพันธ์นั้นได้ เช่น จากรูปที่กำหนดให้นักเรียนสามารถหาความสัมพันธ์หรือค้นพบอะไรจากการสังเกตรูปนั้นบ้าง เป็นต้น
3. การเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎี ครูควรเสนอตัวอย่างที่หลากหลายแต่มีความสัมพันธ์เหมือนกันเพื่อให้นักเรียนได้สังเกตและตั้งคำถาม ซึ่งจะนำไปสู่การคาดเดาหลักการหรือทฤษฎีนั้น ๆ จากตัวอย่างที่ครูนำเสนอ
4. แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปแบบ ลำดับ หรือตาราง แล้วตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนได้สังเกตเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้นแล้วค้นหาความสัมพันธ์หรือกฎทางคณิตศาสตร์
5. แสดงตัวอย่างที่หลากหลายและสามารถจัดกลุ่มของตัวอย่างนั้น ๆ ได้แล้ว ชี้ให้นักเรียนสังเกตถึงกลุ่มตัวอย่างนั้น เพื่อนำไปสู่ลักษณะเฉพาะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างนั้น ๆ
6. แสดงกลุ่มสถานการณ์ปัญหาหรือตัวอย่างทั่ว ๆ ไป แล้วถามนักเรียนถึงกระบวนการแก้ปัญหา เงื่อนไขที่จำเป็นและเพียงพอ สามารถนำสมบัติหรือวิธีที่เป็นไปได้มาใช้ในการแก้ปัญหานั้นได้อย่างไร
7. แสดงตัวอย่างสถานการณ์เชิงกึ่งคณิตศาสตร์ที่หลากหลายและมีบางสิ่งที่แตกต่างกันแล้วถามนักเรียนถึงความแตกต่างนั้นจากการสังเกต เพื่อให้นักเรียนใช้คณิตศาสตร์ในการอธิบาย
8. แสดงให้นักเรียนเห็นถึงโครงสร้างทางพีชคณิตและจำนวนอย่างง่ายเพื่อให้นักเรียนค้นหาทฤษฎีหรือสูตรที่เป็นจริงและสอดคล้องกับข้อมูลนั้น

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544: หน้า 28) กล่าวว่า โจทย์ปัญหาที่เป็นแบบฝึกหัดซึ่งนักเรียนทำอยู่เป็นประจำที่เป็นปัญหาปลายเปิดที่มีคำตอบหรือวิธีการหาคำตอบอย่าง

เฉพาะเจาะจง สามารถพัฒนาปรับปรุงให้เป็นงานที่มีกระบวนการและท้าทายยิ่งขึ้นกว่าเดิม โดยปรับเปลี่ยนขยายให้เป็นปัญหาปลายเปิดโดยมีวิธีการ เช่น ตัดเงื่อนไขบางประการออกไป การย้ายคำถาม การเพิ่มข้อมูลที่ไม่จำเป็นเข้าไปในปัญหา ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงตัวอย่างปัญหาปลายเปิด

ปัญหาปลายปิด	ปัญหาปลายเปิด
1. $(2+6)-3=?$	1. สร้างจำนวนใดได้บ้างจาก 2, 3 และ 6
2. $3 \times 5 = ?$	2. จงสร้างคำถามให้มีคำตอบเป็น 15
3. จงหาจำนวนต่อไปของลำดับ 1, 2, 4, ...	3. จงอธิบายว่าจำนวนต่อไปของลำดับ 1, 2, 4, ควรจะเป็นจำนวนใด
4. จงหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม	4. จงสร้างรูปสามเหลี่ยมให้มีพื้นที่เท่ากับพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมรูปนี้
	
5. เราเรียกรูปที่มีห้าด้านว่ารูปอะไร	5. เราสามารถสร้างรูปเรขาคณิตอะไรได้
6. จงเขียนกราฟของ	6. จงสำรวจศึกษากราฟของ $y = ax+b$
1) $y = 3x+5$ 2) $y = 2x-1$ 3) $y = 7-x$	สำหรับค่าต่าง ๆ ของ a และ b
7. ตุ๊กตา 12 ตัว จัดใส่ถุง ถุงละ 3 ตัว จัดได้กี่ถุง	7. มีตุ๊กตา 12 ตัว จัดใส่ถุง ถุงละเท่า ๆ กัน ได้กี่ถุง ถุงละกี่ตัว

สุนีย์ เงินยวง (2546: หน้า 34) ได้กล่าวถึงแนวทางการเปลี่ยนคำถามหรือการสร้างคำถามปลายเปิด ดังนี้

1. คำถามปลายเปิดควรเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ เช่น การตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้าจากร้าน 2 ร้าน โดยมีเงื่อนไขของราคาสินค้า

2. คำถามที่ใช้ควรสร้างให้หลากหลายทั้งวิธีการคิดและคำตอบ

3. คำถามนั้นควรเป็นคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกการสื่อสารและถ่ายทอดความคิด หรือวิธีการออกมาให้ครูได้ทราบเพื่อวิเคราะห์ถึงข้อบกพร่องแล้วนำไปพัฒนานักเรียนต่อไปตามความสามารถของนักเรียนอย่างเต็มที่และเหมาะสม

4. การสร้างคำถามปลายเปิดนั้นจะต้องมีความชัดเจนในเรื่องของภาษาที่ใช้

5. คำถามปลายเปิดควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สื่อความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ อย่างอิสระและเต็มความสามารถตามกาลเวลาที่เหมาะสม

จากแนวทางการสร้างปัญหาปลายเปิดที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้สรุปแนวทางการสร้างปัญหาปลายเปิด ดังนี้ จัดเตรียมสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องและสัมพันธ์กับเนื้อหาปรับเปลี่ยนหรือขยายปัญหาให้มีความน่าสนใจและมีกระบวนการหรือคำตอบที่หลากหลาย ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างปัญหาที่มีหลากหลายแนวคิดหรือการสร้างปัญหาที่มีหลากหลายคำตอบ โดยสร้างปัญหาที่เกี่ยวข้องกับหลักการนับเบื้องต้น ให้นักเรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์แก้ปัญห โดยสร้างปัญหาปลายเปิดที่มี 3 ลักษณะ คือ กระบวนการเปิด ผลลัพธ์เปิด และการพัฒนาปัญหาเปิด เพื่อนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และใช้ในการวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

5. บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

การทราบบทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดจะช่วยให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีนักการศึกษาได้กล่าวไว้ ดังนี้

วิจารณ์ พานิช (2557) กล่าวว่า บทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแบบเปิด ดังนี้

1. เปิดประตูนักเรียนสู่การเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยตัวนักเรียนเอง

2. ส่งเสริมดูแลเอาใจใส่ให้นักเรียนได้แก้ปัญหาและ/หรือสร้างสรรค์ภายใต้เงื่อนไขของโจทย์อย่างทั่วถึงและต่อเนื่อง โดยการหล่อเลี้ยงแรงขับขับเคลื่อนตั้งคำถามเพิ่มลดหรือปรับประสบการณ์ สนับสนุนอำนวยความสะดวกดูแลความเรียบร้อย แนะนำ ช่วยเพิ่มลดหรือปรับทรัพยากร ฯลฯ เพื่อให้นักเรียนได้นำความรู้ความสามารถที่สะสมอยู่ออกมาใช้ให้มากที่สุดจนเกิดการสร้างความรู้ความสามารถชุดใหม่ขึ้น (Constructionism) จากการลองผิดลองถูกเปลี่ยนมุมมองและหาทางให้ถึงที่สุดด้วยตนเอง (Heuristics) และพร้อม ๆ กันนั้นครูยังช่วยจัดวางวิธีบันทึกความคิด ความรู้สึก ความเข้าใจ บันทึกวิธีการ บันทึกผลลัพธ์ที่สัมพันธ์กับวิธีการช่วยตั้งคำถามช่วยตั้งประเด็นให้นักเรียนสังเกตเห็นและประเมินวิธีสร้างความเข้าใจและวิธีทำของตนเองในการแก้ปัญหาหรือการสร้างสรรค์นั้น ๆ (Metacognition)

3. ประเมินนักเรียนในขณะที่เรียนรู้โดยการมีสติตั้งใจฟังสังเกตและรู้สึกอย่างละเอียดอ่อนจับใจและแม่นยำ เพื่อหยั่งให้ถึงสภาวะการนำความรู้ความสามารถออกมาใช้ภาวะการสร้างความรู้ความสามารถชุดใหม่ แรงบันดาลใจ วิธีการเรียนรู้ วิธีการเรียนรู้ อารมณ์เข้าใจ ขอบเขต และคุณภาพของความเข้าใจพลังความสามารถและข้อจำกัดของนักเรียนแต่ละคนในขณะที่กำลังเรียนรู้ผ่านการแก้โจทย์หรือการสร้างสรรคภายใต้เงื่อนไขของโจทย์เป็นการประเมินเพื่อพัฒนาอย่างจับพลันทันทีไม่ใช่การประเมินเพื่อตัดสิน

4. ตอบสนองต่อผลการประเมินนั้นอย่างเหมาะสมและทันเวลา โดยการตั้งคำถามจับประเด็นให้คำแนะนำให้ตัวอย่างอำนวยความสะดวกช่วยเหลือ ฯลฯ ที่เหมาะสมกับนักเรียนแต่ละคนอย่างสงบและมีสติในจังหวะที่เหมาะสมทันทีเพื่อช่วยให้นักเรียนหลุดจากภาวะติดขัดหรือการเข้าใจผิดหรือช่วยให้นักเรียนเข้าสู่การเรียนรู้ที่กว้างขวางลึกซึ้งมากขึ้นและดำเนินการแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ต่อไปได้อย่างราบรื่น

5. ขับเคลื่อนและปรับพฤติกรรมนักเรียนด้วยวิธีการเชิงบวก เมื่อมีนักเรียนบางคนที่ไม่อยู่ในภาวะพร้อมเรียนหรือติดขัดอย่างมากหรือมีพฤติกรรมที่ไม่ส่งเสริมการเรียนรู้หรือรบกวนการเรียนรู้ของเพื่อน ครูจะขับเคลื่อนและปรับพฤติกรรมนักเรียนนั้นด้วยวิธีการเชิงบวก ทั้งนี้เพื่อรักษาแรงจูงใจด้านบวกของนักเรียนคนนั้นและรักษาบรรยากาศเชิงบวกของชั้นเรียนเอาไว้ให้ต่อเนื่อง

นภาพร วรเนตรสุดาทิพย์ และคณะ (2552: หน้า 78-79) กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดว่า ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน ครูจัดเตรียมสื่อและสภาพแวดล้อมให้น่าเรียน ใช้คำถามและคำพูดเพื่อกระตุ้นความคิด นักเรียนมีอิสระทางความคิด กระตุ้นให้นักเรียนแก้ปัญหาได้หลากหลายและ แตกต่างกัน ครูใช้การสังเกต การตรวจชิ้นงาน การนำเสนอผลงานหน้าชั้นครูบันทึกสิ่งที่เกิดในชั้นเรียน ครูมีบทบาทร่วมสรุป และให้แนวความรู้เสริมบ้างในช่วงทำกิจกรรม แต่จะเป็นนักเรียน ลงมือเองคิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง

ศิริศุภร์ ศิริโชคชัยตระกูล และคณะ (2554: หน้า 138) กล่าวว่า ครูมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการอำนวยความสะดวกโดยการเตรียมกิจกรรม เตรียมสื่อเพื่อใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ การเรียนรู้ที่ดีและคงทนย่อมเกิดจากนักเรียนเองดังนั้นครูจะไม่แนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบให้กับนักเรียน แต่จะกระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดประเด็นที่สงสัย อยากรู้ และนำไปสู่กระบวนการคิดที่หลากหลายเพื่อนำไปสู่คำตอบนั้น

จากบทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้สรุปว่า บทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดมีดังนี้ 1) อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนในการทำกิจกรรม 2) ใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการแก้ปัญหา 3) สังเกตพฤติกรรมนักเรียนและปรับพฤติกรรมนักเรียนในเชิงบวก เมื่อนักเรียนไม่พร้อมเรียนรู้ 4) ไม่แนะนำแนวทางการแก้ปัญหาให้กับนักเรียน 5) ร่วมกันสรุปและเสริมแนวความรู้

การรู้เรื่องคณิตศาสตร์

1. โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

โครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ริเริ่มโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการศึกษา ทั้งประเทศสมาชิก OECD และประเทศที่ไม่ใช่สมาชิก OECD (Partner countries) ในการเตรียมความพร้อมให้เยาวชนมีศักยภาพสำหรับการแข่งขันในอนาคต PISA ใช้ความร่วมมือและความเชี่ยวชาญของนานาชาติในการวางกรอบโครงสร้างการประเมิน การสร้างเครื่องมือ และการศึกษาวิจัยเพื่อประกันคุณภาพของการศึกษาวิจัยให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ในระดับนานาชาติ และข้อมูลที่ได้สามารถชี้บอกถึงคุณภาพการศึกษาของประเทศต่าง ๆ ได้ปัจจุบันมีประเทศเข้าร่วมโครงการ PISA มากกว่า 80 ประเทศทั่วโลก

โครงการ PISA ประเมินผลนักเรียนในระดับโรงเรียนและดำเนินการอย่างต่อเนื่องทุก ๆ 3 ปี กลุ่มตัวอย่างของ PISA คือนักเรียนกลุ่มอายุ 15 ปี ซึ่งโดยสากลถือว่าเป็นวัยจบการศึกษาภาคบังคับ การประเมินของ PISA เน้นการประเมินความสามารถของนักเรียนในการใช้ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง หรือที่เรียกว่า “การรู้เรื่อง” (Literacy) ในสามด้าน ได้แก่ การรู้เรื่องการอ่าน (Reading Literacy) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) และการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ซึ่งการรู้เรื่องทั้งสามด้านนี้ถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต และเป็นสิ่งที่ประชากรจำเป็นต้องมีเพื่อการพัฒนาและการแข่งขันทางเศรษฐกิจของประเทศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560: หน้า 1-3) โดยบางแหล่งข้อมูลเรียกว่า การรู้คณิตศาสตร์

สำหรับประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทำหน้าที่เป็นศูนย์แห่งชาติดำเนินการวิจัยโครงการ PISA โดยได้เข้าร่วมโครงการตั้งแต่ พ.ศ.2543 หรือใน PISA 2000 ซึ่งเป็นรอบแรกของการประเมินและได้เข้าร่วมโครงการอย่างต่อเนื่องใน PISA 2003 PISA 2006 PISA 2009 PISA 2012 และ PISA 2015 ในแต่ละรอบการประเมิน PISA จะสอบสาม

วิชาพื้นฐานดังกล่าว โดยมีสัดส่วนของข้อสอบแต่ละวิชาแตกต่างกันขึ้นอยู่กับว่าในรอบการประเมินนั้นเน้นการประเมินวิชาใด หากเป็นวิชาหลักในรอบการประเมินจะมีสัดส่วนของข้อสอบประมาณ 60% ส่วนวิชารองจะมีสัดส่วนของข้อสอบประมาณ 20% สำหรับรอบการประเมิน PISA 2018 เน้นการประเมินด้านการอ่าน จึงมีสัดส่วนของข้อสอบด้านการอ่านประมาณ 60% ส่วนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาวิทยาศาสตร์มีสัดส่วนของข้อสอบประมาณวิชาละ 20% ในบางรอบการประเมินนอกจากสามวิชาพื้นฐานแล้ว ยังอาจมีการประเมินสมรรถนะอื่นเพิ่มเติม เช่น PISA 2015 มีการประเมินเพิ่มเติมด้านการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving หรือ CPS) PISA 2018 มีการประเมินเพิ่มเติมด้านสมรรถนะการอยู่ในสังคมโลก (Global Competence) (OECD, 2018: p. 11-12) ทั้งนี้การประเมินเพิ่มเติมด้านใดจะเป็นไปตามที่ OECD กำหนด

2. ความหมายของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

นักวิชาการศึกษาได้ให้ความหมายของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ดังนี้

PISA 2015 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560: หน้า 35) ให้นิยาม การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิด เข้าใจ สื่อสาร ใช้ และอธิบายคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย รวมถึงการให้เหตุผลอย่างเป็นคณิตศาสตร์ ใช้แนวคิดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการอธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ

PISA 2018 (OECD, 2018: p. 51) ให้นิยามไว้ว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิด ใช้ และตีความคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย รวมถึงการให้เหตุผลอย่างเป็นคณิตศาสตร์ ใช้แนวคิดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการอธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ

สุชาติ บัณฑิต (2557: หน้า 35) ได้ให้ความหมายของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ว่า ความสามารถในการความรู้มาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงในบริบทต่าง ๆ ที่หลากหลาย ทั้งที่เกิดใกล้ตัวหรือในสังคมภายนอก โดยใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา เริ่มจากการคิดให้ได้ว่าคณิตศาสตร์ไปเกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้นอย่างไร และแปลงปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์ แล้วใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ช่วยให้ได้ผลลัพธ์ จากนั้นจึงตีความและประเมินผลลัพธ์ที่ได้ไปสู่บริบทในชีวิตจริง

อัมพร ม้าคนอง (2557: หน้า 11) ได้ให้ความหมายของการรู้คณิตศาสตร์ว่า ความสามารถในการประมวลความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประกอบการคิด เพื่อหาวิธีการและ

ดำเนินการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ในบริบทต่าง ๆ และสามารถนำคำตอบมาไปใช้ได้อย่างเหมาะสมในชีวิตจริง

จากวิเคราะห์ความหมายของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการคิด ใช้ และตีความคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย รวมถึงการให้เหตุผลอย่างเป็นคณิตศาสตร์ ใช้แนวคิดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการอธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ

3. กรอบโครงสร้างการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

กรอบการประเมินของ PISA 2018 เน้นที่การประเมินว่านักเรียนอายุ 15 ปี รู้เรื่องคณิตศาสตร์มากน้อยเพียงใด นั่นคือ สามารถนำฐานความรู้คณิตศาสตร์มาใช้ และเผชิญหน้ากับปัญหาในโลกจริงได้เพียงใด ใน PISA 2018 เป็นการประเมินในรูปแบบการทำข้อสอบด้วยคอมพิวเตอร์ต่างจากรอบที่ผ่านมาที่ทำข้อสอบด้วยการเขียนตอบลงบนกระดาษ แม้ว่าการประเมินด้านการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ไม่ใช่การประเมินหลักในรอบนี้ แต่กรอบการประเมินไม่ได้เปลี่ยนแปลงจาก PISA 2015 ขอบเขตการประเมินครอบคลุมองค์ประกอบ 3 ด้าน เช่นเดียวกับกรอบการประเมินใน PISA 2015 ได้แก่

- (1) กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Process) ที่อธิบายสิ่งที่แต่ละคนทำเพื่อเชื่อมโยงบริบทของปัญหากับคณิตศาสตร์แล้วนำไปสู่การแก้ปัญหา
- (2) เนื้อหาคณิตศาสตร์ (Content) ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา
- (3) สถานการณ์หรือบริบท (Context) ที่ปัญหานั้นตั้งอยู่



ภาพ 4 แสดงแบบจำลองการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในทางปฏิบัติ

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560: หน้า 37

3.1 กระบวนการทางคณิตศาสตร์

ส่วนหนึ่งของนิยามของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ที่กล่าวว่า "ความสามารถของแต่ละบุคคลในการคิด การใช้ และการตีความคณิตศาสตร์..." สามคำนี้มีประโยชน์และมีความสำคัญในการจัดการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าแต่ละคนสามารถเชื่อมโยงบริบทของปัญหากับคณิตศาสตร์ได้อย่างไร และแก้ปัญหาอย่างไร กระบวนการทางคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการ ดังนี้

3.1.1 การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

3.1.2 การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา

3.1.3 การตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

การรู้ว่าคุณสามารถเข้าไปมีส่วนร่วมในแต่ละกระบวนการเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใดนั้นเป็นสิ่งสำคัญต่อการจัดทำนโยบายทางการศึกษาในปัจจุบัน ผลการสำรวจของ PISA ในกระบวนการการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนสามารถรู้และบอกโอกาสที่จะใช้คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ของปัญหาแล้วให้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้ในการแปลงสถานการณ์ของปัญหาให้อยู่ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด ส่วนการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถคำนวณดำเนินการ และประยุกต์แนวคิดหลักและข้อเท็จจริงที่นำไปสู่การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์กับปัญหาที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ได้ดีเพียงใด และสำหรับกระบวนการตีความชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถสะท้อนข้อสรุปและวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตีความผลที่ได้ไปสู่บริบทปัญหาในโลกชีวิตจริง และระบุได้ว่าผลลัพธ์หรือข้อสรุปเป็นเหตุเป็นผลหรือไม่

3.1.1 การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

นิยามของคำว่า “การคิด” ในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของแต่ละบุคคลในการรู้และบอกโอกาสในการใช้คณิตศาสตร์แล้วกำหนดโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ให้กับปัญหาที่พบในสถานการณ์ กระบวนการของการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ คือ การที่บุคคลตัดสินใจได้ว่าส่วนใดที่เขาสามารถดึงคณิตศาสตร์ที่จำเป็นไปใช้ในการวิเคราะห์ สร้างแนวทาง และนำไปแก้ปัญหา โดยบุคคลเหล่านี้สามารถแปลงปัญหาจากสถานการณ์ในชีวิตจริงให้อยู่ในขอบเขตคณิตศาสตร์ และกำหนดโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ การใช้เครื่องหมายแทน และลักษณะจำเพาะให้กับปัญหาในโลกชีวิตจริง ซึ่งสามารถให้เหตุผลตั้งสมมติฐาน และพิจารณาข้อจำกัดได้อย่างสมเหตุสมผล กระบวนการนี้ประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ต่อไปนี้

- 1) การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริง และการระบุตัวแปรที่สำคัญ
- 2) การรู้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (รวมถึง กฎเกณฑ์ ความสัมพันธ์ และแบบรูป) ของปัญหาหรือสถานการณ์
- 3) การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปแบบอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น

- 4) การระบุข้อจำกัดและสมมติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และจากการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่ายที่รวบรวมได้จากบริบท
- 5) การแสดงแทนสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์โดยการใช้ตัวแปรสัญลักษณ์ แผนภาพ และแบบจำลองมาตรฐานที่เหมาะสม
- 6) การแสดงแทนปัญหาในหลากหลายวิธีรวมถึงการจัดการกับปัญหาให้สอดคล้องกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และการสร้างสมมติฐานที่เหมาะสม
- 7) การรู้ เข้าใจ และการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาเฉพาะกับบริบทของปัญหากับภาษาที่เป็นสัญลักษณ์และภาษาอย่างเป็นทางการที่จำเป็นต้องใช้ในการแสดงเชิงคณิตศาสตร์
- 8) การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน
- 9) การรู้แง่มุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จักข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการ
- 10) การใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ภายในปัญหาที่อยู่ในสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ (เช่น ตารางโปรแกรมทำงาน หรือรายการที่มีให้บนเครื่องคำนวณเชิงกราฟ)

3.1.2 การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา

นิยามของคำว่า “การใช้” ในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของแต่ละบุคคลในการประยุกต์ใช้แนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการ และเหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่แต่ละคนแสดงวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์และค้นหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (เช่น แสดงการคำนวณ การแก้สมการ การลงข้อสรุปจากสมมติฐานทางคณิตศาสตร์ การใช้เชิงสัญลักษณ์ การสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากตารางและกราฟ การใช้สัญลักษณ์แทนและการจัดการกับรูปร่างและรูปทรง และการวิเคราะห์ข้อมูล) สร้างแบบจำลองของสถานการณ์ปัญหา สร้างกฎเกณฑ์ ระบุความเชื่อมโยงระหว่างองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ และสร้างข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ กระบวนการนี้ประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ต่อไปนี้

- 1) การคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้

- 2) การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาก็ถูกต้องหรือเหมาะสม
- 3) การนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา
- 4) การดำเนินการในเรื่องจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิต และสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิต
- 5) การสร้างแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสิ่งเหล่านั้น
- 6) การใช้และการสลับที่ระหว่างการใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหา
- 7) การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา
- 8) การสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ การอธิบายและการแสดงเหตุผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

3.1.3 การตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

นิยามของคำว่า “ตีความ” ในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์มุ่งเน้นไปที่ความสามารถของแต่ละบุคคลในการสะท้อนวิธีแก้ปัญหา ผลลัพธ์ หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ แล้วตีความออกมาในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง ซึ่งรวมถึงการแปลความหมายของวิธีแก้ปัญหาหรือการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ย้อนกลับไปบริบทของปัญหา และตัดสินใจว่าผลลัพธ์ที่ได้เป็นเหตุเป็นผลและเข้ากันได้กับบริบทของปัญหาหรือไม่ บุคคลที่ใช้กระบวนการนี้อาจจะสร้างและสื่อสารคำอธิบายหรือข้อโต้แย้งในบริบทของปัญหา และการสะท้อนทั้งกระบวนการสร้างแบบจำลองและผลที่ได้ กระบวนการประเภทนี้รวม “ตีความ” และ “ประเมิน” ไว้ด้วยกัน ประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ต่อไปนี้

- 1) การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริง
- 2) การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง
- 3) ความเข้าใจว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองอย่างไร เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไร

4) การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา

5) ความเข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดคณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ

6) การวิจารณ์และระบุข้อจำกัดของแบบจำลองที่ใช้แก้ปัญหา

จากการศึกษากรอบโครงสร้างการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในส่วนของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจะประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ประกอบไปด้วยกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 3 กระบวนการ ซึ่งในแต่ละกระบวนการผู้วิจัยเลือกกิจกรรมต่าง ๆ ที่แสดงให้เห็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์และสอดคล้องกับการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น โดยในแต่ละกระบวนการประกอบด้วย 3 กระบวนการ ดังนี้ 1) การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น และการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน 2) การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย การนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา การนำหลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน และการสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา และ 3) การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปทีบริบทโลกชีวิตจริง การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง และการอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา

3.2 เนื้อหาคณิตศาสตร์

ความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้จริงเป็นสิ่งสำคัญในการแก้ปัญหาและตีความสถานการณ์ในบริบทต่าง ๆ จำเป็นต้องดึงความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับคณิตศาสตร์มาใช้

แนวคิดทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการสร้างความเข้าใจ จัดระเบียบ และวิเคราะห์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ สังคม และการคิดจินตนาการต่าง ๆ ในโรงเรียน

หลักสูตรคณิตศาสตร์จะถูกจัดเป็นสาขาวิชา (เลขคณิต พีชคณิต เรขาคณิต ฯลฯ) ที่สะท้อนถึงที่มา แนวคิดที่ยึดถือมาและเป็นฐานของการจัดการแผนการเรียนการสอน อย่างไรก็ตามในโลกของความเป็นจริงปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ไม่ได้จัดระเบียบมาเป็นหมวดหมู่หรือแยกสายวิชามาให้ และไม่ค่อยมีปรากฏการณ์ใดที่สามารถใช้ความรู้จากสายวิชาเดียวโดด ๆ มาแก้ปัญหาได้ หากแต่ต้องใช้พื้นฐานความรู้ที่กว้างขวางและครอบคลุมหลายด้านกว่าที่ใช้ในห้องเรียน

เนื่องจากระดับของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จะพิจารณาจากการที่บุคคลนั้นสามารถใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาในโลกของความเป็นจริงตามสถานการณ์หรือบริบทที่แตกต่างหลากหลายได้ดีเพียงใด ดังนั้นในการประเมินจึงใช้ปรากฏการณ์เป็นตัวตั้งในการนำไปสู่แนวคิด โครงสร้าง หรือความคิด หลักการทางคณิตศาสตร์ วิธีนี้จึงประกันได้ว่าจะตรงกับจุดมุ่งหมายในนิยามของการประเมิน ซึ่งจะไม่เหมือนกับการประเมินผลคณิตศาสตร์ที่พบเห็นในหลักสูตรทั่วไป

โครงสร้างการประเมินคณิตศาสตร์ครอบคลุมเนื้อหา 4 เรื่อง และยังครอบคลุมเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนมาแล้วตามหลักสูตรคณิตศาสตร์ในโรงเรียน ได้แก่

- (1) การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ (Change and Relationships)
- (2) ปริภูมิและรูปทรง (Space and Shape)
- (3) ปริมาณ (Quantity)
- (4) ความไม่แน่นอนและข้อมูล (Uncertainty and Data)

แต่ละเนื้อหามีลักษณะและรายละเอียดดังนี้

- (1) การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ (Change and Relationships)

ธรรมชาติและสิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้นในโลกมีความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุกับสภาพแวดล้อมเกิดขึ้นมากมายมหาศาลก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในระบบโดยส่งผลซึ่งกันและกัน ในหลายกรณีการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นตามช่วงเวลา และบางกรณีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งหนึ่งหรือหลาย ๆ สิ่งไปเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของอีกสิ่งหนึ่งมีทั้งการเปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นเรื่องการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์จึงเกี่ยวข้องกับความเข้าใจในการเปลี่ยนแปลงแบบต่าง ๆ และการรู้จำเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงจะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่ออธิบายและทำนายการเปลี่ยนแปลงนั้นได้อย่างไร ในทางคณิตศาสตร์การทำแบบจำลองของการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันและสมการที่

เหมาะสม รวมถึงการคิด การตีความ และการแปลความตัวแทนความสัมพันธ์ในเชิงสัญลักษณ์ และกราฟด้วย

การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์พบได้ในหลายเรื่อง เช่น การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ดนตรี วัฏจักรของฤดูกาล แบบแผนของสภาพอากาศ ระดับการจ้างงาน และสถานะทางเศรษฐกิจ ในมุมมองของเนื้อหา คณิตศาสตร์เป็นไปตามหลักสูตรในเรื่องฟังก์ชัน และพีชคณิต ได้แก่ นิพจน์ทางพีชคณิต สมการและอสมการ การแสดงในรูปตารางและกราฟซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการสร้างคำอธิบาย การสร้างแบบจำลอง และการตีความการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ต่าง ๆ

(2) ปริภูมิและรูปร่าง (Space and Shape)

ปริภูมิและรูปร่างสามมิติครอบคลุมปรากฏการณ์ต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่ทุกหนทุกแห่งในโลกที่เราสามารถเห็นได้และเป็นทางกายภาพ ได้แก่ แบบรูป สมบัติของวัตถุ ตำแหน่งและทิศทาง การแสดงแทนวัตถุ การเข้ารหัสและถอดรหัสของสาระที่มองเห็นจากภาพได้ การนำทาง และปฏิสัมพันธ์ของกลศาสตร์กับรูปร่างจริงและกับการแทนเรขาคณิตเป็นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับปริภูมิและรูปร่างแต่เนื้อหาเรื่องนี้เกินกว่าสาระของวิชาเรขาคณิต ทั้งในเนื้อหา ความหมาย และวิธีการ ซึ่งจะขยายกว้างไปถึงเรื่องการมองเห็นภาพเชิงปริภูมิ การวัดขนาด และพีชคณิต

PISA ถือว่าความเข้าใจแนวคิดหลักและทักษะเป็นสิ่งสำคัญของการรู้เรื่องทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีความเชื่อมโยงกับปริภูมิและรูปร่าง โดยการเรียนรู้เรื่องทางคณิตศาสตร์ในเนื้อหาเรื่องปริภูมิและรูปร่าง ประกอบด้วย การดำเนินการขอบข่ายต่าง ๆ เช่น ความเข้าใจภาพวาดที่มีสัดส่วนที่มองเห็น (เช่น การวาดภาพ) การสร้าง และอ่านแผนที่ การเปลี่ยนรูปร่างโดยใช้และไม่ใช้เทคโนโลยี การตีความมุมมองภาพสามมิติจากมุมต่าง ๆ ที่มองเห็น และการสร้างสัญลักษณ์ของรูปร่าง

(3) ปริมาณ (Quantity)

ปริมาณเป็นเรื่องที่พบได้มากที่สุดและเป็นเรื่องทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้ในโลกรของเรา ซึ่งรวมถึงเรื่องของจำนวนที่มาจากวัตถุ ความสัมพันธ์ สถานการณ์ และกลุ่มของสิ่งต่าง ๆ ในโลก ความเข้าใจการแสดงแทนปริมาณในรูปแบบต่าง ๆ และการตัดสินใจจากการตีความและข้อโต้แย้งเชิงปริมาณ การมีส่วนร่วมในเรื่องเกี่ยวกับปริมาณต้องมีความเข้าใจในเรื่อง การวัดขนาด การนับ ขนาด หน่วยนับ ตัวชี้วัด การเปรียบเทียบขนาด และแนวโน้มและแบบรูปเชิงตัวเลข นอกจากนี้ การให้เหตุผลเชิงปริมาณ เช่น ความรู้สึกเชิงจำนวน การแสดงจำนวน

ด้วยวิธีต่าง ๆ การคำนวณอย่างฉลาด การคิดเลขในใจ การประมาณค่า และการประเมินผลลัพธ์อย่างมีเหตุผล ล้วนเป็นสิ่งจำเป็นของการรู้เรื่องทางคณิตศาสตร์ด้านปริมาณ

การแสดงปริมาณเป็นวิธีขั้นพื้นฐานสำหรับการพรรณนาและการวัดสิ่งต่าง ๆ ช่วยในการสร้างแบบจำลอง สถานการณ์ การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ การอธิบายและการปรับปรุงในเรื่องปริภูมิและรูปทรง การจัดการและการตีความข้อมูลรวมทั้งการวัดและการประเมินความไม่แน่นอน ดังนั้นการรู้เรื่องทางคณิตศาสตร์ในเนื้อหาปริมาณจึงเป็นการนำความรู้เรื่องจำนวนและการดำเนินการไปใช้ในเป้าหมายต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง

(4) ความไม่แน่นอนและข้อมูล (Uncertainty and Data)

เรื่องความไม่แน่นอนมีอยู่ในวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และในชีวิตประจำวัน ดังนั้น ความไม่แน่นอนจึงเป็นปรากฏการณ์ที่เป็นหัวใจของการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย โดยทฤษฎีความน่าจะเป็นและสถิติกับเทคนิคของการพรรณนาและการนำเสนอข้อมูลถูกสร้างขึ้นมาเพื่อจัดการกับเรื่องนี้ เนื้อหาเรื่องความไม่แน่นอนและข้อมูลนี้ รวมถึงการรู้ว่าตำแหน่งใดที่มีการแปรผันในกระบวนการมีการรับรู้ถึงปริมาณในการแปรผัน การรับรู้ถึงความไม่แน่นอนและความผิดพลาดจากการวัด และความรู้ในเรื่องของโอกาสที่จะเกิดขึ้น นอกจากนี้ยังรวมถึงการคิด การตีความ และการประเมินข้อสรุปในสถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอนเป็นจุดสำคัญ การนำเสนอและการตีความข้อมูลเป็นแนวคิดหลักของเนื้อหาประเภทนี้

ความไม่แน่นอนและข้อมูลพบได้ในการทำนายทางวิทยาศาสตร์ การสำรวจความคิดเห็น การพยากรณ์อากาศ และแบบแผนทางเศรษฐกิจ การมีความแปรผันในกระบวนการผลิต การหาผลคะแนนสอบ การสำรวจ และโอกาส ซึ่งเป็นพื้นฐานที่มีอยู่ในกิจกรรมสันตนาการของแต่ละคน เรื่องความน่าจะเป็นและสถิติในหลักสูตรโดยทั่วไปจะหมายถึงการพรรณนา การสร้างตัวแบบและการตีความความไม่แน่นอนของปรากฏการณ์นั้น และการนำไปอ้างอิง นอกจากนี้การแก้ปัญหาที่อยู่ในเนื้อหาประเภทนี้ยังรวมถึงการรู้เกี่ยวกับจำนวนและพีชคณิต เช่น การแสดงแทนด้วยกราฟและสัญลักษณ์ด้วย

3.3 สถานการณ์หรือบริบท

ลักษณะสำคัญของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ คือ การที่คณิตศาสตร์ได้เข้าไปเกี่ยวข้องกับปัญหาที่อยู่ในบริบทหนึ่งซึ่งเป็นบริบทในโลกชีวิตจริงที่มีปัญหานั้นตั้งอยู่ PISA 2018 ได้จัดประเภทของบริบท ออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

(1) บริบทส่วนตัว (Personal) คำถามที่จัดอยู่ในประเภทนี้จะเน้นที่กิจกรรมของคน ๆ หนึ่ง ครอบครัวหรือกลุ่มเพื่อน อาจจะเป็นเรื่องส่วนบุคคล ประกอบด้วย สถานการณ์ที่

เกี่ยวข้องกับการเตรียม อาหาร การซื้อของ การเล่นเกม สุขภาพส่วนบุคคล การเดินทาง กีฬา การท่องเที่ยว การจัด ตารางเวลาส่วนบุคคล และการเงินส่วนบุคคล

(2) บริบททางการงานอาชีพ (Occupational) คำถามที่จัดอยู่ในประเภทนี้เน้นที่งานที่มีในชีวิตจริง เช่น การวัดขนาด ค่าใช้จ่าย และการสั่งซื้อวัสดุสำหรับการก่อสร้าง การเงิน/การบัญชี การควบคุมคุณภาพ การจัดทำหนดการ/รายการสินค้า การออกแบบ/สถาปัตยกรรม และอาชีพที่ เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ บริบทเกี่ยวกับอาชีพอาจจะมีความเกี่ยวข้องต้งแต่งานที่ใช้แรงงาน โดยไม่ต้องใช้ทักษะ จนถึงงานที่ต้องใช้ความเชี่ยวชาญระดับสูง

(3) บริบททางสังคม (Societal) คำถามที่จัดอยู่ในประเภทนี้เน้นที่ชุมชนหนึ่ง ๆ ไม่ว่าจะเป็นระดับท้องถิ่น ระดับชาติ หรือระดับโลก เช่น ระบบการลงคะแนนเสียง การขนส่ง สาธารณะ การปกครอง นโยบายภาครัฐ ประชากร การโฆษณา สถิติแห่งชาติ และเศรษฐกิจ แม้ว่า จะเป็นบริบทที่เกี่ยวข้องกับเรื่องส่วนบุคคล แต่บริบททางสังคมเน้นการมองปัญหานั้นในภาพรวมของสังคม

(4) บริบททางวิทยาศาสตร์ (Scientific) คำถามที่จัดอยู่ในประเภทนี้เกี่ยวข้องกับการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริง และประเด็นหรือหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น สภาพ ภูมิอากาศหรือภูมิประเทศ ระบบนิเวศวิทยา การแพทย์ วิทยาศาสตร์อวกาศ พันธุกรรม การวัด และทุกสิ่งที่เกี่ยวข้องกับโลกของคณิตศาสตร์ภายใต้บริบททางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษากรอบการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย (1) กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และการตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ (2) เนื้อหาคณิตศาสตร์ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ ปริภูมิและรูปทรง ปริมาณ และความไม่แน่นอนและข้อมูล และ (3) สถานการณ์หรือบริบท ได้แก่ บริบทส่วนตัว บริบททางการงานอาชีพ บริบททางสังคม และบริบททางวิทยาศาสตร์

4. สมรรถนะในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

PISA 2018 ได้กำหนดสมรรถนะในการคณิตศาสตร์ไว้ 7 ข้อ ดังต่อไปนี้

(1) การสื่อสาร (Communication) ความสามารถของแต่ละบุคคลคนที่รับรู้การมีอยู่ของสิ่งที่ทำหาย และถูกกระตุ้นให้รู้และเข้าใจสถานการณ์ปัญหา การอ่าน การถอดรหัส และการตีความ ข้อความ การถาม ภาระงานหรือสิ่งต่าง ๆ ที่ทำให้แต่ละคนสามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ขึ้นมาในใจ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการเข้าใจปัญหา การทำปัญหาให้ง่ายขึ้น และ

การคิดสร้างปัญหาในระหว่างกระบวนการแก้ปัญหา ผลที่ได้ทันทีอาจจำเป็นต้องมีการสรุป และ นำเสนอ หลังจากทีพบวิธีแก้ปัญหาแล้วผู้แก้ปัญหาจำเป็นต้องนำเสนอวิธีแก้ปัญหานั้น และ บางครั้งต้องมีการอธิบายและให้เหตุผลกับผู้อื่นด้วย

(2) การทำให้เป็นคณิตศาสตร์ (Mathematising) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับ การแปลงปัญหาในโลกชีวิตจริงให้อยู่ในรูปทางคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง (ซึ่งรวมทั้ง การสร้าง โครงสร้าง การสร้างแนวคิดหลัก การสร้างสมมติฐาน และ/หรือการคิดแบบจำลอง) หรือการ ตีความ หรือการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้เชื่อมโยงกับ ปัญหาเดิม

(3) การแสดงแทน (Representation) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์มักเกี่ยวข้องกับการแสดง เครื่องหมายแทนของสิ่งต่าง ๆ และสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์อยู่บ่อยครั้งนำมาซึ่งการ คัดเลือก การตีความ การแปล และการแสดงเครื่องหมายแทนที่หลากหลายในการจับประเด็นของ สถานการณ์ ปฏิสัมพันธ์กับปัญหา หรือเพื่อนำเสนองาน การแสดงแทน ได้แก่ กราฟ ตาราง แผนภาพ รูปภาพ สมการ สูตร และสื่อที่เป็นรูปธรรม

(4) การให้เหตุผลและการสร้างข้อโต้แย้ง (Reasoning and argument) ความสามารถ ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกนำมาใช้ในแต่ละขั้นตอนและแต่ละกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์ คือ การให้เหตุผลและการสร้างข้อโต้แย้ง ความสามารถนี้เกี่ยวข้องกับพื้นฐานของ ความเป็นเหตุเป็นผลในกระบวนการคิดที่ค้นหาและเชื่อมโยงกับองค์ประกอบของปัญหา เพื่อให้ สร้างข้อสรุปจากสิ่งเหล่านั้น ตรวจสอบการให้เหตุผลที่ได้รับหรือแสดงการให้เหตุผลของข้อความ หรือวิธีแก้ปัญหา

(5) การสร้างกลยุทธ์เพื่อแก้ปัญหา (Devising strategies for solving problems) การ รู้เรื่องคณิตศาสตร์จำเป็นต้องคิดกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่บ่อยครั้ง ซึ่ง ประกอบด้วย กระบวนการควบคุมขั้นสูงที่นำแต่ละคนไปสู่การรู้ การสร้าง และการแก้ปัญหาได้ อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะนี้มีลักษณะที่เป็นการเลือก หรือคิดแผน หรือกลยุทธ์ที่จะใช้ คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่มาจากภาระงานหรือบริบท และการชี้แนวทาง การนำไปใช้ ความสามารถทางคณิตศาสตร์นี้อาจต้องใช้ในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการแก้ปัญหา

(6) การใช้สัญลักษณ์ ภาษาที่เป็นทางการและภาษาเทคนิค และการดำเนินการ (Using symbolic, formal and technical language and operations) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ จำเป็นต้องใช้สัญลักษณ์ ภาษาที่เป็นทางการและภาษาเทคนิค และการดำเนินการ ซึ่ง ประกอบด้วย ความเข้าใจ การตีความ การจัดการ และการใช้นิพจน์สัญลักษณ์ในบริบททาง

คณิตศาสตร์ (ได้แก่ นิพจน์พีชคณิต และการดำเนินการ) เพื่อดำเนินการตามแบบแผนและกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ และยังรวมถึงความเข้าใจ และการใช้โครงสร้างตามแบบแผนที่มาจากนิยาม กฎเกณฑ์ และระบบตามแบบแผน และการใช้อัลกอริทึมกับองค์ความรู้เหล่านี้ด้วยสัญลักษณ์ กฎเกณฑ์ และระบบจะถูกใช้ตามความรู้เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับภาระงานนั้น ๆ โดยเฉพาะในการสร้าง แก้ปัญหาหรือตีความทางคณิตศาสตร์

(7) การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ (Using mathematical tools) สมรรถนะสุดท้ายนี้เป็นการสนับสนุนการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในทางปฏิบัติซึ่งเป็นการใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมถึงเครื่องมือทางกายภาพ เช่น เครื่องมือวัด เครื่องคิดเลข และเครื่องมือในคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีให้ใช้มากขึ้นอย่างกว้างขวาง ความสามารถนี้เกี่ยวข้องกับการรู้จักและการนำเครื่องมือที่หลากหลายมาใช้เพื่อช่วยในกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ และการรู้ถึงข้อจำกัดของเครื่องมือเหล่านั้น ๆ เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ยังสามารถมีบทบาทสำคัญในการให้ข้อมูลผลลัพธ์ด้วย

อย่างไรก็ตาม PISA ไม่ได้ต้องการสร้างข้อสอบเพื่อวัดความสามารถต่าง ๆ เฉพาะแต่ละสมรรถนะโดยตรง เพราะสมรรถนะของไม่ใช่สิ่งที่จะแยกออกมาวัดได้โดด ๆ แต่ในการแสดงความสามารถอย่างใดอย่างหนึ่ง อาจมีหลายสมรรถนะซ้อนกันอยู่ ดังนั้น PISA จึงไม่ได้วัดสมรรถนะโดด ๆ ในการตอบข้อสอบ นักเรียนจำเป็นต้องมีและสามารถใช้สมรรถนะดังกล่าว แต่อาจใช้หลายสมรรถนะหรือเป็นกลุ่มสมรรถนะในการแก้ปัญหา (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554: หน้า 52 - 53) ซึ่งรวมไว้ได้ 3 กลุ่ม คือ

(1) กลุ่มการทำใหม่ กลุ่มสมรรถนะนี้หมายถึงรวมถึงการทำคณิตศาสตร์ตามแบบตัวอย่างที่เคยฝึกฝนมาแล้วโดยใช้กระบวนการ ความรู้ และทักษะทางคณิตศาสตร์ทั่วไปที่มักใช้อยู่ในการสอบคณิตศาสตร์ตามมาตรฐานโรงเรียน ซึ่งมักเป็นการแก้โจทย์ปัญหา การคำนวณแบบเดิม ๆ แต่ก็ต้องใช้สมรรถนะทุกข้อในการแก้โจทย์ปัญหา

(2) กลุ่มการเชื่อมโยง (Connection Cluster) กลุ่มการเชื่อมโยงต่อยอดมาจากกลุ่มการทำใหม่ โดยประยุกต์ต่อไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ไม่เหมือนเดิม ไม่ได้พบบ่อย ๆ เป็นประจำ แต่เนื้อหาของปัญหายังคงเกี่ยวข้องกับสมรรถนะกลุ่มแรกอยู่บ้างบางส่วน

(3) การสะท้อนและสื่อสาร (Reflection and Communication Cluster) สมรรถนะกลุ่มการสะท้อนและสื่อสารทางคณิตศาสตร์นี้มีเรื่องของการคิดไตร่ตรองและสะท้อนกลับที่นักเรียนต้องใช้ในการแก้ปัญหาเข้ามารวมอยู่ด้วย จึงเกี่ยวข้องกับความสามารถในการวางแผน กลยุทธ์การแก้ปัญหา และใช้กลยุทธ์นั้นในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ของปัญหานั้นซึ่งมักมี

องค์ประกอบที่เพิ่มมากขึ้นหรือซับซ้อนขึ้น หรือมีความหมายใหม่ (หรือไม่คุ้นเคย) มากขึ้นกว่าในกลุ่มการเชื่อมโยง

จากการศึกษาความสามารถในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าความสามารถในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย (1) กลุ่มการทำใหม่ ได้แก่ การใช้สัญลักษณ์ นิยาม มาตรฐาน การคำนวณตามแบบที่คุ้นเคย วิธีทำตามแบบที่คุ้นเคย การแก้ปัญหาเลียนแบบเดิม ๆ (2) กลุ่มการเชื่อมโยง ได้แก่ เชื่อมโยงโลกจริงกับสัญลักษณ์และโครงสร้างคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาแบบมาตรฐาน การแปลความ/ตีความ วิธีทำที่รู้แล้วแต่เพิ่มความซับซ้อนมากขึ้น และ (3) กลุ่มการสะท้อนและสื่อสาร ได้แก่ การตั้งและแก้ปัญหาที่ซับซ้อน การสะท้อนและมองเห็นความสัมพันธ์ การใช้วิธีการที่เป็นความคิดริเริ่ม การใช้วิธีการที่ซับซ้อน และการลงข้อสรุป

5. การประเมินผลการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์

ลักษณะของข้อสอบคณิตศาสตร์ของ PISA เน้นให้ความสำคัญกับการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ของชีวิตจริงและต้องใช้คณิตศาสตร์ในการคิดเพื่อตอบโจทย์ การเลือกข้อสอบคณิตศาสตร์ถือหลักว่าต้องครอบคลุมแนวคิดทั้งสี่ด้านดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และต้องมีการใช้กระบวนการคณิตศาสตร์ และต้องอยู่ภายในกลุ่มสมรรถนะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554: หน้า 54-56)

การอ่านเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญของการทำความเข้าใจโจทย์คณิตศาสตร์ ดังนั้นในขณะที่สร้างข้อสอบ ผู้สร้างได้พิจารณาถึงระดับของการอ่านที่พอเหมาะพอควรกับนักเรียนวัย 15 ปี กำหนดให้ใช้คำที่ง่ายและตรงไปตรงมาที่สุด นอกจากนี้ยังระมัดระวังป้องกันการกระทบทางวัฒนธรรมไม่ให้เกิดขึ้น

รูปแบบของข้อสอบ

เนื่องจากรูปแบบของข้อสอบมีผลกระทบไม่เหมือนกันต่อการตอบของนักเรียนต่างกลุ่ม และเนื่องจาก PISA ต้องทดสอบนักเรียนแตกต่างกันหลายกลุ่ม จึงพิจารณาในการสร้างข้อสอบโดยให้มีข้อสอบที่มีรูปแบบหลากหลายมากกว่าจะเป็นข้อสอบแบบใดแบบหนึ่ง โดยเลือกให้มีข้อสอบหลายแบบและเลือกให้แต่ละแบบมีจำนวนข้อใกล้เคียงกัน ได้แก่

- 1) สร้างคำตอบแบบเปิด
- 2) สร้างคำตอบแบบปิด
- 3) คำตอบแบบเลือกตอบ ทั้งเลือกตอบธรรมดา และเลือกตอบเชิงซ้อน

ตัวอย่างต่อไปนี้ แสดงข้อสอบในกลุ่มสมรรถนะการเชื่อมโยงและมีคำตอบถูกข้อเดียว ให้เลือกตอบ ในการแก้ปัญหาโจทย์ นักเรียนต้องแปลปัญหาในรูปของคณิตศาสตร์ สร้างตัวแบบขึ้นแทนธรรมชาติของปัญหาและขยายแบบรูปออกให้ตรงกับตัวเลือกตัวใดตัวหนึ่ง

ตัวอย่าง 5 : แมวน้ำ

แอมวน้ำต้องหายใจอยู่ตลอดเวลาแม้กระทั่งเวลาหลับ มาร์คดังเกตแอมวน้ำอยู่ 1 ชั่วโมง พบว่าตอนเริ่มต้นดังเกตแอมวน้ำดำน้ำลงไปก้นทะเลและเริ่มหลับในเวลา 8 นาที มันจะค่อยลอยขึ้นมาที่ผิวน้ำและหายใจในเวลาอีก 3 นาที มันก็กลับลงไปสู้ก้นทะเลอีก กระบวนการทั้งหมดเกิดซ้ำ ๆ อยู่อย่างนี้ตลอดเวลาที่ดังเกต

คำถาม:

หลังจากหนึ่งชั่วโมงแอมวน้ำจะอยู่ในลักษณะใด

- ก. อยู่ที่ก้นทะเล
- ข. กำลังขึ้นมา
- ค. กำลังหายใจ
- ง. กำลังลงไปก้นทะเล

คำตอบแบบเปิดหรือเขียนตอบอิสระต้องการให้นักเรียนตอบได้กว้างมากขึ้น และในกระบวนการตอบนั้นจะเกี่ยวข้องกับการใช้ความคิดระดับสูง คำถามพวกนี้มักไม่ต้องการให้นักเรียนบอกคำตอบที่ถูกต้อง แต่จะให้นักเรียนแสดงขั้นตอนของการทำหรืออธิบายลำดับการคิดด้วยว่าคำตอบนั้น ๆ ได้มาอย่างไร จุดเด่นของข้อสอบแบบตอบอิสระ คือ ให้นักเรียนได้แสดงความสามารถทำคณิตศาสตร์ที่มีความยาก ง่าย ชับซ้อนได้ทุกระดับ

ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของข้อสอบที่ต้องการการเขียนตอบแบบเปิดที่เคยใช้ใน

PISA 2003

ตัวอย่าง 6 : ก้าวเดิน



ในภาพเป็นรอยเท้าของชายคนหนึ่ง

ระยะทางจากรอยขอบสันเท้าหนึ่งไปถึงสันเท้าถัดไป เป็นความยาวของก้าว (P)

สำหรับผู้ชาย ความสัมพันธ์ n และ P เป็นไปตามสูตร $\frac{n}{p} = 140$ เมื่อ

n = จำนวนครั้งของการก้าวในเวลาหนึ่งนาที

P = ความยาวของก้าว (หน่วยเป็นเมตร)

ภาคภูมิทราบว่าก้าวของเขายาว 0.80 เมตร และสามารถใช้สูตรข้างต้นกับการก้าวเท้าของเขา จึงแสดงวิธีคำนวณหาอัตราเร็วของการเดินของภาคภูมิเป็นเมตรต่อนาที และเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง

ข้อสอบของ PISA มีประมาณหนึ่งในสามที่ต้องการคำตอบแบบเปิด การตรวจข้อสอบจึงต้องมีการตรวจ โดยครูที่ได้รับการฝึกมาแล้วอย่างดี และใช้คู่มือและเกณฑ์การให้รหัสคะแนนในการตรวจ ซึ่งในบางครั้ง ผู้ตรวจให้รหัสคะแนนมีความเห็นไม่ตรงกัน จึงต้องให้การตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญมีอาชีพเพิ่มเติมด้วย PISA จึงต้องมีการศึกษาเพื่อตรวจสอบ Reliability ของการตรวจด้วยว่ามีความตรงกันมากหรือน้อย เพียงใด

เนื่องจาก PISA นิยามสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ประการหนึ่งคือการใช้ตัวช่วยและเครื่องมือ PISA จึง มีนโยบายให้นักเรียนใช้เครื่องคิดเลขและเครื่องมืออื่น ๆ ในการสอบเหมือนกับที่ใช้ในโรงเรียน ทั้งนี้เพราะตามสภาพจริงในโลกการใช้เครื่องมือเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นอยู่เป็นประจำไปแล้วนักเรียนที่ไม่ได้ใช้เครื่องมือจึงอาจจะเสียเปรียบอยู่บ้างในการทำข้อสอบ

จากการศึกษาการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์มีรูปแบบของข้อสอบที่หลากหลายมากกว่าจะเป็นข้อสอบแบบใดแบบหนึ่ง โดยเลือกให้มีข้อสอบหลายแบบ และเลือกให้แต่ละแบบมีจำนวนข้อใกล้เคียงกัน ได้แก่ สร้างคำตอบแบบเปิด สร้างคำตอบแบบปิด และคำตอบแบบเลือกตอบ ทั้งเลือกตอบธรรมดา และเลือกตอบเชิงซ้อน โดยในงานวิจัยนี้ใช้ข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนได้สร้างคำตอบแบบเปิด

6. การรายงานผลระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

PISA รายงานการตอบข้อสอบของนักเรียน โดยสร้างเครื่องมือบอกระดับการรู้เรื่อง 6 ระดับ โดยใช้วิธี Item response modeling ตั้งแต่บอกระดับของข้อสอบแต่ละข้อ และสรุปออกมาเป็นระดับของการรู้เรื่องที่นักเรียนแสดงออกในการตอบข้อสอบรวมทั้งหมดของนักเรียนจากแต่ละประเทศ ทั้งนี้เพื่อให้เห็นภาพเปรียบเทียบกันระหว่างประเทศ (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554: หน้า 56-59)

ปัจจัยที่บอกถึงระดับความยากของข้อสอบขึ้นอยู่กับ

1) ระดับที่ข้อสอบต้องการการการแปลความและการคิดไตร่ตรองสะท้อนกลับ ซึ่งรวมถึงบริบทของปัญหา ระดับของคณิตศาสตร์ที่ต้องการ และขึ้นกับว่านักเรียนต้องใช้เหตุผลที่ซับซ้อนมากน้อยเพียงใด

2) ทักษะการแสดงแทนทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการ เช่น ต้องการการแสดงแทนเพียง 1 แบบ หรือมากกว่า หรือนักเรียนต้องหาวิธีที่เหมาะสมหลาย ๆ วิธี

3) ชนิดและระดับของทักษะทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการ เช่น การคิดเพียงขั้นตอนเดียว การคำนวณแบบง่าย ๆ หรือต้องคิดคำนวณหลายชั้น หรือต้องการคณิตศาสตร์ขั้นสูงซับซ้อน ต้องการการตัดสินใจที่ซับซ้อน การแก้ปัญหา การสร้างตัวแบบที่ซับซ้อน เป็นต้น

4) ระดับของการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการ หมายความว่า เป็นปัญหาก็ง่าย ๆ โดยไม่ต้องมีข้อสงสัยหรือไม่มีการอภิปรายถกเถียงเพราะเป็นวิธีการที่ยอมรับกันแล้ว หรือ เป็นปัญหาที่ต้องใช้การถกเถียงโต้แย้งทางคณิตศาสตร์มาอธิบายให้เหตุผล ทำความเข้าใจกับข้อโต้แย้งของคนอื่น หรือตัดสินใจว่าสิ่งใดถูกหรือไม่ถูกโดยใช้เหตุผลที่เหมาะสมสนับสนุน

การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ระดับต่ำที่สุดนั้น นักเรียนจะทำได้เฉพาะปัญหาที่ง่าย ๆ ขั้นตอนเดียวจบ เป็นเรื่องในบริบทที่คุ้นเคย มีกฎ มีสูตรชัดเจน และอยู่ในกลุ่มสมรรถนะการทำใหม่

ส่วนที่ระดับสูงขึ้น นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนที่มีขั้นตอนมากกว่าหนึ่ง ขั้นตอนต้องอาศัยสาระเนื้อความหลากหลายมาประกอบกัน หรืออาศัยการแปลความสัญลักษณ์ และการแสดงแทนของแนวคิดคณิตศาสตร์หลายอย่าง รู้ว่าองค์ประกอบใดใช้ได้และสำคัญ และเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับส่วนใดของปัญหา สามารถใช้ตัวแบบหรือสูตรการคำนวณที่กำหนดให้ ซึ่งส่วนมากมักเป็นสูตรทางพีชคณิตมาระบุออกปัญหาทางคณิตศาสตร์ และสามารถคำนวณเป็นขั้นเป็นตอนเพื่อแก้ปัญหา

ส่วนที่ระดับสูงสุด นักเรียนสามารถสร้างสรรค์และมีบทบาทเชิงรุกในการหาทางแก้ปัญหา สามารถตีความ แปลความสาระที่ซับซ้อน และเลือกที่จะใช้วิธีการหรือขั้นตอนได้หลายแบบ สามารถทำปัญหาเป็นสูตรคณิตศาสตร์สร้างตัวแบบที่ใช้แก้ปัญหาได้ สามารถเลือกและใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ และเลือกใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในบริบทที่ไม่คุ้นเคย มองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปร และมองเห็นกลยุทธ์การแก้ปัญหา และแสดงให้เห็นว่าใช้ความคิดระดับสูง เช่น การลงข้อสรุป การให้เหตุผล การโต้แย้งเพื่ออธิบาย หรือสื่อสารให้เข้าใจผลของการแก้ปัญหา

ตาราง 4 สรุปลักษณะของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ

ระดับ	นักเรียนทำอะไรได้บ้าง
ระดับ 6	<p>ที่ระดับ 6 นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> ใช้สาระและข้อมูลที่ได้มาจากการสำรวจตรวจสอบของตนเองนำมาลงเป็นข้อสรุป และสร้างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และจำลองสถานการณ์ที่ซับซ้อนออกมาสร้างเป็นตัวแบบคณิตศาสตร์ได้ เชื่อมโยงข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ หรือจากการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ นำมาเชื่อมโยงระหว่างกันได้ สามารถใช้เหตุผล และใช้ความคิดระดับสูงในเชิงคณิตศาสตร์ สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือสถานการณ์ต่าง ๆ และสามารถเข้าใจและปฏิบัติภารกิจทางคณิตศาสตร์ สามารถสร้างวิธีการคิดหรือกลยุทธ์ใหม่ในการจัดการกับปัญหาคณิตศาสตร์ที่ไม่คุ้นเคยหรือไม่เคยพบมาก่อน นักเรียนสามารถสร้างสูตรคณิตศาสตร์จากแนวความคิดหรือข้อมูลที่มี สามารถสื่อสารได้อย่างถูกต้องแม่นยำ เพื่อบอกถึงสิ่งที่ตนพบ ที่ความ แปลความโต้แย้ง และอธิบายความสอดคล้องเหมาะสมของสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้กับสถานการณ์ที่เป็นมาตั้งแต่ต้น
ระดับ 5	<p>ที่ระดับ 5 นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> สร้างตัวแบบ และใช้ตัวแบบในเรื่องที่มีความซับซ้อน สามารถระบุออกข้อจำกัดและข้อตกลงเบื้องต้นเฉพาะเรื่องนั้น ๆ สามารถเลือก เปรียบเทียบ และประเมินกลยุทธ์ การแก้ปัญหาที่เหมาะสมเพื่อใช้แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนที่สัมพันธ์กับตัวแบบ สามารถใช้ทักษะการคิดและทักษะการใช้เหตุผล สามารถเชื่อมโยงการนำเสนอรูปแบบต่าง ๆ สัญลักษณ์และลักษณะของโจทย์คณิตศาสตร์ และมองเห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงของสิ่งเร้าที่เป็นส่วนประกอบของสถานการณ์ สามารถคิดวิเคราะห์การทำงานของตน และสามารถสร้างกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ สามารถสื่อสารถึงการแปลความ ที่ความ และการใช้เหตุผลของตนได้

ตาราง 4 (ต่อ)

ระดับ	นักเรียนทำอะไรได้บ้าง
ระดับ 4	<p>ที่ระดับ 4 นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> • ทำโจทย์คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่มีตัวแบบชัดเจน และเป็นสถานการณ์ที่เป็นรูปธรรมที่ค่อนข้างซับซ้อน ซึ่งอาจมีข้อจำกัดบ้างหรือต้องมีการกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นบ้าง • สามารถเลือกและผสมผสานรูปแบบต่าง ๆ ที่มีให้ รวมทั้งรูปแบบของสัญลักษณ์ด้วยโดยนำมาเชื่อมโดยตรงกับสถานการณ์ในโลกจริง • นักเรียนที่ระดับนี้สามารถใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนามาแล้ว และสามารถให้เหตุผล อย่างยืดหยุ่นได้ และมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งเร้าในสถานการณ์นั้น ๆ ได้ดี • สามารถสร้างคำอธิบายและข้อโต้แย้ง และสื่อสารคำอธิบายและข้อโต้แย้งบนพื้นฐานของการแปลความ การโต้แย้ง และการกระทำของตน
ระดับ 3	<p>ที่ระดับ 3 นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> • ทำโจทย์ที่มีวิธีการที่บอกไว้ชัดเจน รวมทั้งโจทย์ที่ตัดสินใจเลือกลำดับขั้นตอนด้วย • เลือกและใช้กลยุทธ์ที่ไม่ซับซ้อนสำหรับการแก้ปัญหา • แปลความและใช้สถานการณ์ที่น่าเสนอมาจากหลายแหล่ง และสามารถให้เหตุผลได้ตามแหล่งที่มา นั้น ๆ สามารถสร้างคำอธิบาย หรือรายงานการตีความ แปลความนั้น ๆ • แสดงการใช้เหตุผลได้ และสามารถบอกและสื่อสารผลที่เกิดขึ้น
ระดับ 2	<p>ที่ระดับ 2 นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> • ตีความและรู้สถานการณ์ในบริบทที่ไม่ซับซ้อนที่ต้องการการอ้างอิงไม่เกินสองตัว • สกัดสาระสำคัญจากแหล่งข้อมูลแหล่งเดียวและสามารถใช้สถานการณ์ที่น่าเสนออย่างง่าย ขึ้นเดียว • นักเรียนระดับนี้สามารถใช้วิธีการคิด สูตรคณิตศาสตร์ วิธีการ หรือข้อตกลงสามารถใช้เหตุผลตรงไปตรงมาและตีความผลที่พบอย่างตรงไปตรงมา

ตาราง 4 (ต่อ)

ระดับ	นักเรียนทำอะไรได้บ้าง
ระดับ 1	<p>ที่ระดับ 1 นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> • ตอบคำถามที่เกี่ยวข้องในบริบทที่คุ้นเคย ที่มีข้อมูลชัดเจนให้ และคำถามต้องถามอย่างชัดเจน • ระบุสาระที่ต้องการและสามารถทำโจทย์แบบเดิมที่คุ้นเคยที่มีวิธีการทำหรือสถานการณ์กำหนดให้ชัดเจน • ทำโจทย์ตามตัวอย่างที่กำหนดให้ได้

หมายเหตุ : ถ้านักเรียนไม่สามารถปฏิบัติภารกิจที่ระดับหนึ่งได้ จะถูกจัดไว้กลุ่ม “ต่ำกว่าระดับ 1”

จากการศึกษาการรายงานผลระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ควรประเมินด้วยเกณฑ์การให้ประเมินที่ระดับพฤติกรรมที่นักเรียนทำได้ และผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555ก) แล้วได้นำมาปรับเพื่อเป็นเกณฑ์การวัดระดับพฤติกรรมของนักเรียนที่สอดคล้องกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

7. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ แสดงดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด	การรู้เรื่องคณิตศาสตร์
<p>ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด แสดงสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียน โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจกับปัญหา ชักถามข้อสงสัย และคิดที่จะพิสูจน์หรือแก้ปัญหานั้น</p>	<p>1. การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์</p> <p>- ระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ</p>

ตาราง 5 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด	การรู้เรื่องคณิตศาสตร์
<p>ชั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน เป็นการให้นักเรียนเรียนรู้จากการแก้ปัญหา โดยนักเรียนจะสร้างวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง ใช้แนวคิดหรือวิธีการที่เรียนรู้มาก่อนหน้านี้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา จดบันทึก และสะท้อนวิธีการแก้ปัญหา ผ่านการเขียน อธิบายด้วยแนวคิดของนักเรียนเองพยายามที่จะแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย นอกเหนือจากการหาคำตอบเพียงคำตอบเท่านั้น</p>	<p>1. การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์</p> <ul style="list-style-type: none"> - ทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปแบบอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น - แปลงปัญหาให้อยู่ในรูปแบบของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน <p>2. การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - นำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา - นำหลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน - สร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา
<p>ชั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ</p> <p>ให้นักเรียนนำแนวคิด หรือวิธีการแก้ปัญหามานำเสนอ นักเรียนจะเกิดการเปรียบเทียบแนวคิดของตนกับแนวคิดอื่น ๆ ที่ถูกนำเสนอ นำไปสู่การตรวจสอบ และสะท้อนวิธีการแก้ปัญหานั้น ร่วมกันกับเพื่อน ๆ และครู รวม</p>	<p>3. การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์</p> <ul style="list-style-type: none"> - ตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริง - ประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง

ตาราง 5 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด	การรู้เรื่องคณิตศาสตร์
ไปถึงการรับฟัง และการแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น	- อธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา
<p>ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน</p> <p>ประเมินแนวคิดหรือวิธีคิดที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา ซึ่งแนวคิดนั้นอาจเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด หรือใช้เวลาน้อยที่สุด และร่วมกันทั้งชั้นเรียนในการสรุปและตีความผลลัพธ์ ตลอดจนขยายความ หรือ ประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ย้อนกลับไปบริบทของปัญหา</p>	<p>3. การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์</p> <p>- ตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริง</p> <p>- ประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง</p> <p>- อธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา</p>

จากตารางข้างต้น จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดนั้นมีความสอดคล้องกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในทุกชั้น ซึ่งจะมีผลต่อการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

กฤตну วิเศษประสิทธิ์ (2562) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีจุดมุ่งหมายเพื่อ (1) เปรียบเทียบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งภาพรวมและรายด้านก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน และ (2) เปรียบเทียบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งภาพรวมและรายด้านหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิจัยพบว่า (1) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

บูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน ในภาพรวมด้านการคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ และด้านการตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่ด้านการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

(2) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านทั้งภาพรวมและรายด้านสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

พัทธยากร บุษสยา (2559) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดกับเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กัญญาปวีร์ แสงกล้า (2558) ได้พัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เรขาคณิตน่ารู้ โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เรขาคณิตน่ารู้ โดยใช้วิธีการแบบเปิด 2) เพื่อศึกษาผลการใช้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เรขาคณิตน่ารู้ โดยใช้วิธีการแบบเปิด 2.1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียน 2.2) เปรียบเทียบเจตคติต่อคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียน ผลการวิจัย พบว่า 1) หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เรขาคณิตน่ารู้ โดยใช้วิธีการแบบเปิด เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาพรวมมีความเหมาะสมระดับมาก ($\bar{X} = 4.20$, S.D. = 0.44) และแผนการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมมีความเหมาะสมระดับมาก ($\bar{X} = 4.47$, S.D. = 0.52) และเมื่อนำไปทดลองใช้ พบว่า หน่วยการเรียนรู้มีดัชนีประสิทธิผลด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 0.5828 คิดเป็นร้อยละ 58.28 2) การศึกษาผลการใช้

หน่วยการเรียนรู้ พบว่า 2.1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2.2) เจตคติต่อคณิตศาสตร์หลังเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

รุ่งทิพา บุญมาโตน และคณะ (2560) ได้ทำการวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่พัฒนาการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์และเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามวงจร PAOR ทั้งหมด 3 วงจร ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่พัฒนาการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์โดยให้ความสำคัญกับการเริ่มต้นบทเรียนด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน การใช้คำถามปลายเปิดเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น การส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ การส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน และเน้นให้นักเรียนได้สร้างสถานการณ์ในบริบทใหม่ ทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ส่วนใหญ่มีการรู้เรื่องคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี

กมลกานต์ ศรีธิ และคณะ (2561) ได้ทำการวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางและผลการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ภาคตัดกรวย ควรเน้นการใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวงกลมและวงรีในชีวิตประจำวันหรือที่นักเรียนเคยมีส่วนร่วมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ควรให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาโดยการค้นคว้าด้วยตนเอง ควรออกแบบใบกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนแก้ปัญหาตามลำดับขั้นตอน ควรให้คำแนะนำเพิ่มเติมแก่นักเรียนเกี่ยวกับหลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนจะใช้ในการแก้ปัญหาเรื่องวงกลมและวงรี รวมถึงควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงวิธีแก้ปัญหาและตรวจสอบคำตอบหน้าชั้นเรียน เพื่อร่วมกันหาข้อสรุปทางคณิตศาสตร์แล้วตีความออกมาในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง ส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี และโดยภาพรวมนักเรียนมีระดับ

ความสามารถในกระบวนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ด้านการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

จากการศึกษางานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดช่วยส่งเสริมทักษะและกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ และการให้เหตุผล ซึ่งการใช้ปัญหาปลายเปิดเป็นฐานทำให้นักเรียนเข้าใจบริบทของปัญหา จึงสอดคล้องกับการคิดแก้ปัญหา การเลือกใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ และการตีความคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ รวมถึงการให้เหตุผลอย่างเป็นคณิตศาสตร์ ตลอดจนใช้แนวคิดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายปัญหาสู่บริบทต่าง ๆ ในชีวิตจริง

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Aziza (2018) ได้ศึกษาการตั้งคำถามที่มีบทบาทสำคัญในการสอนคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการอภิปรายในชั้นเรียนและการตอบสนองของนักเรียน การวิจัยนี้เน้นกิจกรรมการตั้งคำถามของครูและการตอบสนองของนักเรียนรวมถึงความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในการตอบคำถามของครู การศึกษาครั้งนี้ใช้การสังเกตบทเรียนที่เกี่ยวข้องกับครูและนักเรียน และการสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกและวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนว่ามีลักษณะอย่างไร การสัมภาษณ์นี้ถูกบันทึกและถอดความด้วย พบว่า ครูใช้เทคนิคการตั้งคำถาม และเทคนิคการรอเวลาเพื่อถามคำถามที่แตกต่างทั้งคำถามปลายเปิดและคำถามปลายปิด พบว่านักเรียนสามารถตอบสนองต่อคำถามแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามนักเรียนให้คำตอบสำหรับคำถามปลายเปิด โดยเฉพาะในขณะที่ครูถามคำถาม “อย่างไร” และ “ทำไม” ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าคำถามปลายเปิดสามารถกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

Viseu & Oliveira (2012) ได้ศึกษาวิธีที่ครูนำแนวทางใหม่สำหรับการสอนคณิตศาสตร์ไปใช้ในทางปฏิบัติโดยเน้นการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในห้องเรียน โดยทำการทดลองในการสอนหัวข้อ “ลำดับและแบบรูป” กับงานปลายเปิดโดยใช้วิธีการเชิงคุณภาพและการตีความ รวบรวมข้อมูลระหว่างการสังเกตสองชั้นจากการสัมภาษณ์สองครั้งและการวิเคราะห์กิจกรรมของนักเรียน การสังเกตบทเรียนแรกแสดงให้เห็นว่าการสื่อสารในห้องเรียนส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่ครูซึ่งให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนส่วนน้อยในบทเรียนที่สังเกตครั้งที่สองครูเปลี่ยนความสนใจที่ให้กับสิ่งที่นักเรียนแต่ละคนพูดและทำกระตุ้นให้นักเรียนถามกันและให้การสนับสนุนชั้นเรียนของนักเรียนและการสื่อสารระหว่างนักเรียนกับนักเรียน

Altun & Bozkur (2017) ได้ศึกษาการปรับปรุงระดับความรู้ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นหนึ่งในปัญหาพื้นฐานของการศึกษาระดับประถมศึกษาในประเทศตุรกี ในกรณีนี้จำเป็นต้องรู้ปัญหาของนักเรียนในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงปัญหาที่นักเรียนตุรกีประสบเมื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ผ่านปัจจัยที่เกิดขึ้นตามลักษณะโครงสร้างของคำถาม โดยนักเรียนถูกถามคำถามทางคณิตศาสตร์และข้อมูลที่ได้จากการตอบกลับของนักเรียนจะถูกนำมาวิเคราะห์ปัจจัย พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการรู้คณิตศาสตร์ คือ การอธิบายความรู้ทางคณิตศาสตร์ การดำเนินการทางเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่สมบูรณ์ การอนุมานทางคณิตศาสตร์ และการพัฒนาข้อเสนอทางคณิตศาสตร์และการตีความข้อเสนอที่ได้รับ การพัฒนาทำความเข้าใจเกี่ยวกับความเท่าเทียมทางคณิตศาสตร์ของสถานการณ์โลกแห่งความจริง นักเรียนมีความล้มเหลวในปัจจัยของการอนุมานทางคณิตศาสตร์ การพัฒนาข้อเสนอทางคณิตศาสตร์และการตีความข้อเสนอที่พัฒนาขึ้นและการทำความเข้าใจความเท่าเทียมกันทางคณิตศาสตร์ของสถานการณ์โลกแห่งความจริง ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ การพัฒนามาตรวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ การพัฒนาหลักสูตรคณิตศาสตร์และการจัดการเรียนการสอน

จากการศึกษางานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดช่วยส่งเสริมการคิด ทักษะและกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การใช้คำถามปลายเปิดในการกระตุ้นความคิดของนักเรียน การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และการให้ข้อเสนอทางคณิตศาสตร์และการตีความข้อเสนอ ซึ่งกระบวนการที่นักเรียนพยายามนำมาใช้เหล่านั้น ถือว่าเป็นความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนแสดงให้เห็นจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด นั่นคือการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดอาจมีผลต่อการช่วยพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษา เรื่อง การพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย
5. การเก็บและรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสุโขทัย จำนวน 14 คน ประกอบด้วย นักเรียนชาย 8 คน และนักเรียนหญิง 6 คน ซึ่งเป็นนักเรียนในแผนการเรียน วิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์

รูปแบบการวิจัย

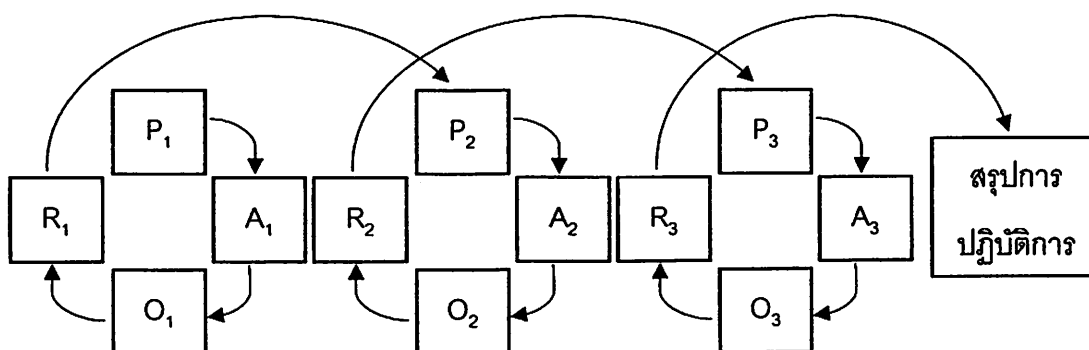
การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (2000) เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ใน 1 วงจร ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Act) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยมีลักษณะทำเป็นวงจรซ้ำทั้งหมด 3 วงจรตามแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง หลักการบวกและหลักการคูณ

วงจรถัดมา 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด

วงจรถัดมา 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด โดยลักษณะของวงจรถัดมา 3 แสดงดังภาพ 5



ภาพ 5 แสดงวงจรถัดมาของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ที่มา : ปรับจากแนวคิดของ Kemmis and McTaggart, 2000

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 แผน ใช้เวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง หลักการบวกและหลักการคูณ จำนวน 4 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด จำนวน 4 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด จำนวน 4 ชั่วโมง

1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1.2.1 แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

1.2.2 อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน

1.2.3 ใบกิจกรรมของนักเรียน

1.2.4 แบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นไปตามขั้นตอน ดังนี้

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

2.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียน โดยศึกษาคำอธิบายรายวิชา ค31102 คณิตศาสตร์ เนื้อหา ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ในเรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

2.1.2 ศึกษากระบวนการของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ จากกรอบการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2018

2.1.3 ศึกษาบริบทสำหรับการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จากกรอบการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2018 เพื่อนำมาใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้โดยผู้วิจัย ได้พิจารณาบริบทที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนที่กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย พบว่า ทุกบริบทตามกรอบการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2018 เป็นบริบทที่เกี่ยวข้องกับนักเรียน ได้แก่ บริบทส่วนตัว บริบทสังคม บริบทการงานอาชีพ และบริบทวิทยาศาสตร์

2.1.4 ศึกษาลักษณะและขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด รวมถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

2.1.5 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 แผน ใช้เวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง ดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงความสัมพันธ์ของแผนการจัดการเรียนรู้ บริบทที่ใช้ และเวลา

แผนที่	เรื่อง	บริบทที่ใช้	จำนวนชั่วโมง
1	หลักการบวกและหลักการคูณ	ส่วนตัว และการงานอาชีพ	4
2	การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด	ส่วนตัว และวิทยาศาสตร์	4
3	การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด	สังคม และการงานอาชีพ	4

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาการรู้เรื่อง
คณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แต่ละแผนการจัดการ
เรียนรู้จะต้องสามารถพัฒนากระบวนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ได้ครบทั้ง 3 กระบวนการ
ประกอบด้วยหัวข้อ ดังนี้

- 1) ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้
- 2) มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด
- 3) จุดประสงค์การเรียนรู้
- 4) สาระสำคัญ
- 5) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้

วิธีการแบบเปิด ได้แก่

- ขั้นตอนที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด
- ขั้นตอนที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน
- ขั้นตอนที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ
- ขั้นตอนที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นใน

ชั้นเรียน

- 6) สื่อการเรียนรู้
- 7) แหล่งการเรียนรู้
- 8) การวัดและประเมินผล

2.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้า
อิสระและผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน ประกอบด้วย

ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน

ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน

เพื่อพิจารณาและประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6
ด้าน ได้แก่ ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านสาระสำคัญ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านใบกิจกรรม
ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล โดยผู้วิจัยใช้แบบประเมินความ
เหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตาม
แบบของลิเคิร์ต (Likert) และให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นในแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมี
เกณฑ์การให้คะแนนความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

เหมาะสมมากที่สุด	ให้คะแนน 5 คะแนน
เหมาะสมมาก	ให้คะแนน 4 คะแนน
เหมาะสมปานกลาง	ให้คะแนน 3 คะแนน
เหมาะสมน้อย	ให้คะแนน 2 คะแนน
เหมาะสมน้อยที่สุด	ให้คะแนน 1 คะแนน

หลังจากนั้นนำผลการประเมินความเหมาะสมของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละด้านที่ประเมิน แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมาย (รัตนะ บัวสนธิ, 2556) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00	หมายถึง	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49	หมายถึง	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49	หมายถึง	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49	หมายถึง	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49	หมายถึง	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์การตัดสินผลการประเมิน คือ ใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม โดยผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 ซึ่งถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ได้ โดยผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แสดงในภาคผนวก ข

2.1.7 ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง โดยปรับแผนการจัดการเรียนรู้ตามประเด็นต่อไปนี้

1) ปรับสถานการณ์ปัญหาในการจัดกิจกรรมให้มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

2) ปรับคำถามให้นักเรียนได้ตีความผลลัพธ์กับบริบทของสถานการณ์ว่าควรเลือกใช้ผลลัพธ์ลักษณะใด เพราะเหตุใดจึงเลือกเช่นนั้น

2.18 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์บัณฑิตสมบูรณ์ และนำไปใช้ในการดำเนินการจัดการเรียนรู้ต่อไป ดังตัวอย่างที่แสดงในภาคผนวก ง

2.2 ใบกิจกรรมของนักเรียน

ใบกิจกรรมของนักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อให้ประกอบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด โดยเน้นสถานการณ์ที่ครอบคลุมทั้ง 4 บริบท เพื่อเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยให้นักเรียนเขียนบันทึกทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใบกิจกรรมของนักเรียนจะเป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดกิจกรรมแสดงดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผนที่	ใบกิจกรรมที่	สถานการณ์	บริบท
1	1	อาหารว่างของชมพู	การงานอาชีพ
	2	การเดินทางของทินกร	ส่วนตัว
2	3	รหัสปลดล็อกหน้าจอ	ส่วนตัว
	4	ตู้โชว์ในห้อง LAB	วิทยาศาสตร์
3	5	พื้นที่ทำความสะอาด	สังคม
	6	ร้านผลไม้	การงานอาชีพ

ซึ่งในแต่ละใบกิจกรรมมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

2.2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างใบกิจกรรมของนักเรียน

2.2.2 ศึกษากรอบโครงสร้างการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2018

2.2.3 ศึกษาลักษณะและขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด รวมถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

2.2.4 ศึกษาเนื้อหา ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ในรายวิชา ค31102 คณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

2.2.5 กำหนดขอบเขตของการบันทึกข้อมูลของนักเรียน

2.2.6 สร้างใบกิจกรรม

2.2.7 ปรับปรุงใบกิจกรรมตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ตามประเด็นต่อไปนี้

1) ปรับสถานการณ์ปัญหาในการจัดกิจกรรมให้มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

2) ปรับคำถามให้นักเรียนได้ตีความผลลัพธ์กับบริบทของสถานการณ์ว่าควรเลือกใช้ผลลัพธ์ลักษณะใด เพราะเหตุใดจึงเลือกเช่นนั้น

3) ปรับภาพประกอบให้เหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา นำใบกิจกรรมมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง

2.2.8 จัดทำใบกิจกรรมฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปวิเคราะห์การรู้เรื่องคณิตศาสตร์จากการเขียนตอบและการแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาของนักเรียน ดังตัวอย่างที่แสดงในภาคผนวก ง

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามในใบกิจกรรมของนักเรียนและองค์ประกอบของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ แสดงดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามกับและประกอบของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

ข้อคำถามในแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์	องค์ประกอบของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์
1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร	การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์
2. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่าย	การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

ตาราง 8 (ต่อ)

ข้อคำถามในแบบทดสอบการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์	องค์ประกอบของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์
3. ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวสามารถนำ วิธีการทางคณิตศาสตร์ใดมาใช้ในการ แก้ปัญหาได้บ้าง	การใช้หลักการและกระบวนการทาง คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา
4. จงแสดงวิธีการแก้ปัญหา	การใช้หลักการและกระบวนการทาง คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา
5. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความ สมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อม ให้เหตุผลประกอบ	การตีความ การประยุกต์ใช้และการ ประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์
6. นักเรียนคิดว่าวิธีการที่นักเรียนเลือกใช้มี ความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ	การตีความ การประยุกต์ใช้และการ ประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์
7. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสม กับบริบทของปัญหาหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ	การตีความ การประยุกต์ใช้และการ ประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

2.3 แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยขณะดำเนินกิจกรรม โดยมีผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ (Participant as Observer) ได้แก่ ครูประจำการผู้รับผิดชอบสอนรายวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้จะบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนในแต่ละวงจรถ้าเป็นอย่างไร มีความเหมาะสมหรือไม่ สามารถช่วยพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ได้หรือไม่ อย่างไร และควรปรับปรุงหรือแก้ไขอย่างไร เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

2.3.2 กำหนดขอบเขตการสังเกต ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยสามารถพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ได้จริงหรือไม่ อย่างไร โดยพิจารณาจากพฤติกรรมของนักเรียนจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละชั้น การจัดการเรียนรู้มีปัญหาหรืออุปสรรคอย่างไร และมีแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงอย่างไร

2.3.3 สร้างแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

2.3.4 นำแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

2.3.5 ปรับปรุงแก้ไขแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

2.3.6 จัดทำแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ ดังตัวอย่างที่แสดงในภาคผนวก ง

2.4 อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน

อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นและความรู้สึกที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย โดยนักเรียนจะต้องทำการบันทึกทุกครั้งเมื่อสิ้นสุดในแต่ละวงจร เพื่อเป็นแนวทางในการปรับแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป ซึ่งมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

2.4.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน

2.4.2 กำหนดขอบเขตของการบันทึก ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ได้หรือไม่ อย่างไร โดยพิจารณาจากแต่ละกิจกรรมของแต่ละกระบวนการและใช้คำถามย่อย ๆ ที่นักเรียนสามารถเข้าใจได้ นักเรียนชอบการเรียนรู้ในรูปแบบนี้หรือไม่ อย่างไร และนักเรียนมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขในการจัดการเรียนการสอนครั้งต่อไปหรือไม่ อย่างไร

2.4.3 สร้างอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน

2.4.4 นำอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียนเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

2.4.5 ปรับปรุงแก้ไขอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียนตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

2.4.6 จัดทำอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียนฉบับสมบูรณ์ ดังตัวอย่างที่แสดงในภาคผนวก ง

2.5 แบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

แบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจในเนื้อหา โดยนักเรียนจะได้ทำแบบทดสอบเมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ครบทุกวงจรแล้ว ซึ่งมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

2.5.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบตามกรอบการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2018

2.5.2 ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียน โดยศึกษาคำอธิบายรายวิชา ค31102 คณิตศาสตร์ เนื้อหา ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ในเรื่อง หลักการนับเบื้องต้น เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการสร้างแบบทดสอบที่ครอบคลุมในเรื่องของ 1) หลักการบวกและหลักการคูณ 2) การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด และ 3) การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด

2.5.3 กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบ โดยงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบจำนวน 6 สถานการณ์ โดยแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 7 ข้อ ซึ่งข้อคำถามย่อยมีความสัมพันธ์กับกระบวนการการรู้เรื่องคณิตศาสตร์เช่นเดียวกับใบกิจกรรม แสดงตาราง 8 ที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด ครอบคลุมทั้ง 4 บริบท และกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบเป็นแบบเขียนตอบอิสระ

2.5.4 สร้างแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ จำนวน 12 สถานการณ์ ที่ครอบคลุมทั้ง 3 กระบวนการ และ 4 บริบท ดังรายละเอียดในตาราง 9

ตาราง 9 แสดงความสัมพันธ์ของการสร้างและใช้แบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

เรื่อง	บริบท	สร้าง (สถานการณ์)	ใช้จริง (สถานการณ์)
หลักการบวกและหลักการคูณ	ส่วนตัว	2	1
	การงานอาชีพ	2	1
การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของ สิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด	ส่วนตัว	2	1
	วิทยาศาสตร์	2	1
การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่าง กันทั้งหมด	สังคม	2	1
	การงานอาชีพ	2	1
รวม		12	6

2.5.5 นำแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา การค้นคว้าอิสระและผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน ประกอบด้วย

ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน

ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน

เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence : IOC) ของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อข้อคำถามแต่ละข้อ โดยใช้เกณฑ์การพิจารณา (ไพศาล วรคำ, 2552) ดังนี้

คะแนน +1	ถ้าเห็นด้วยว่าแบบทดสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
คะแนน 0	ถ้าไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
คะแนน -1	ถ้าไม่เห็นด้วยว่าแบบทดสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

พิจารณาข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป มาสร้างแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และคัดเลือกสถานการณ์ปัญหา จำนวน 6 สถานการณ์ โดยผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ และผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์แสดงในภาคผนวก ค

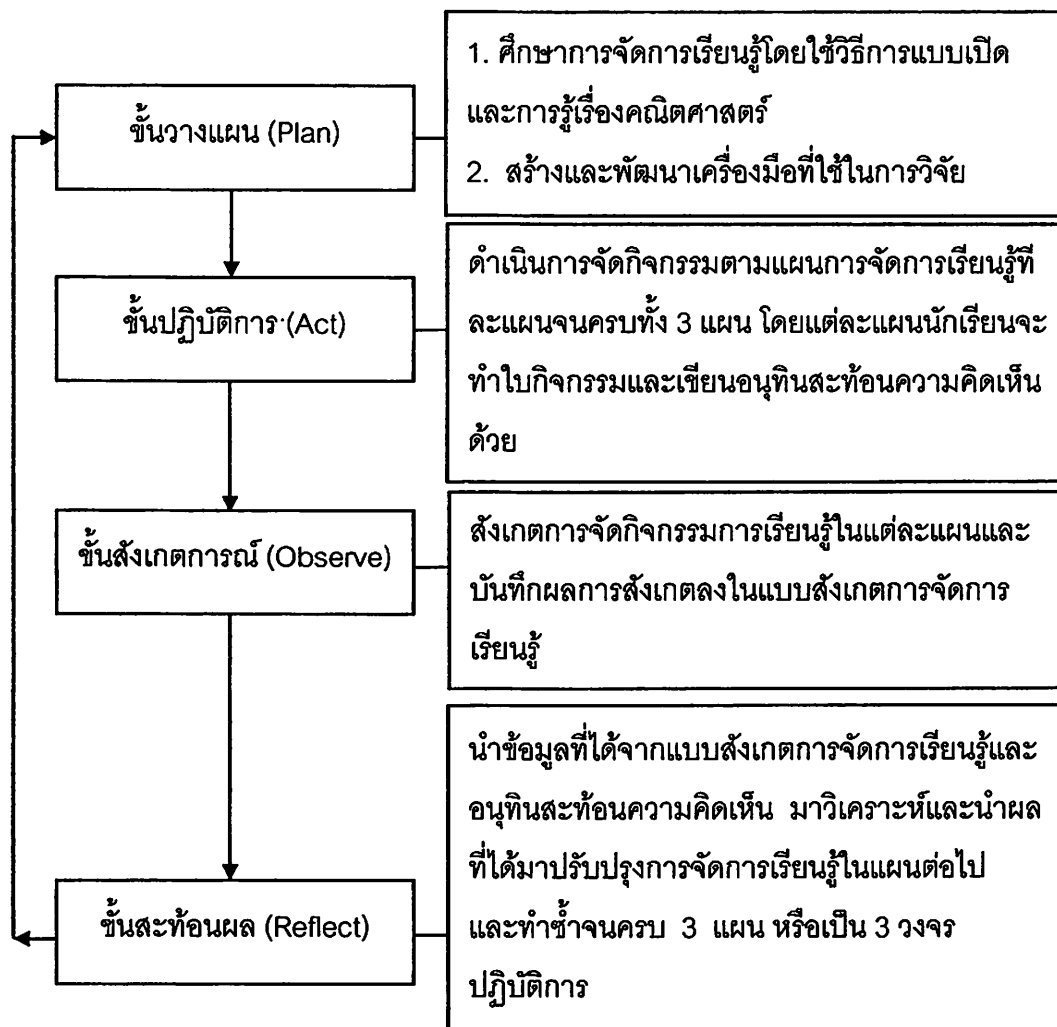
2.5.6 ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง โดยข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมีประเด็น ดังนี้

- 1) ปรับสถานการณ์ปัญหาให้มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง
- 2) ปรับภาพประกอบให้เหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา

2.5.7 จัดทำแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ความสามารถในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จากการเขียนตอบและแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาของนักเรียนรายบุคคล โดยผู้วิจัยแบ่งการทดสอบออกเป็น 6 สถานการณ์ ใช้เวลาเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที เนื่องจากมีบางข้อที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้เวลาในการแสดงวิธีคิดเพื่อแก้ปัญหาหรือหาคำตอบที่หลากหลาย ดังตัวอย่างที่แสดงในภาคผนวก ง

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ซึ่งได้ดำเนินการตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ดังภาพ 6



ภาพ 6 แสดงขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

การเก็บและรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. ประมุขและชี้แจงจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ในชั่วโมงเรียนรายวิชา ค31102 คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามตารางเรียนปกติของโรงเรียน โดยใช้เวลาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวนชั่วโมงในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง

3. ในระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนรู้จะจดบันทึก การทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนลงในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ และนักเรียนเขียนบันทึก การทำกิจกรรมลงในใบกิจกรรม

4. เมื่อจบการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนจะเขียนบันทึกเกี่ยวกับ ความคิดเห็นและความรู้สึกที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยลงในอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของ นักเรียน จากนั้นผู้วิจัยจะนำผลที่ได้มาทำการสะท้อนผล เพื่อปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้ง ต่อไป

5. เมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้สร้างไว้ที่ละแผนจนครบทั้ง 3 แผน ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

6. นำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ เครื่องมือต่าง ๆ มาวิเคราะห์ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ตามจุดมุ่งหมายของการวิจัย ทั้ง 2 ข้อ คือ

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายละเอียดดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงความสัมพันธ์ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามจุดมุ่งหมายของการวิจัย

จุดมุ่งหมาย	แผนการจัดการเรียนรู้	แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้	อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน	ใบกิจกรรม	แบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์
ข้อที่ 1	✓	✓	✓		
ข้อที่ 2				✓	✓

โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ และอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อสิ้นสุดในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลภาพรวมทั้งหมดเมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรแล้ว ซึ่งมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1.1 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือ ได้แก่ แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ และอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน

1.2 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content Analysis) (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2561) โดยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ และอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียนวิเคราะห์ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1.2.1 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และตีความข้อมูลที่ได้จากแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ และอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน

1.2.2 ผู้วิจัยทำการจัดระเบียบเนื้อหาของข้อมูลตามประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ ได้แก่ 1) การจัดการเรียนรู้สามารถพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ได้หรือไม่ อย่างไร 2) ปัญหาหรืออุปสรรคที่พบจากการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และ 3) แนวทางปรับปรุงแก้ไขปัญหาสำหรับการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป โดยประเด็นเหล่านี้จะแสดงถึงความเกี่ยวข้องต่อการปรับปรุง

พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.2.3 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่มีความสอดคล้องกันมาจัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมวดหมู่เดียวกันเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล โดยมีประเด็นการจัดกลุ่มข้อมูล ดังนี้

1) แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด และปัญหาและอุปสรรคที่พบ โดยแต่ละกลุ่มจะถูกนำมาจำแนกเป็นข้อมูลเชิงบวกและเชิงลบ

2) อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ด้านทักษะและกระบวนการ คือ การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และด้านเจตคติ คือ ความรู้สึกที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด โดยแต่ละกลุ่มจะถูกนำมาจำแนกเป็นข้อมูลเชิงบวกและเชิงลบ

1.2.4 ผู้วิจัยทำการสรุปข้อมูล โดยรายงานผลในลักษณะการเขียนบรรยายผลการดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.2.5 ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการตรวจสอบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล (Resource Triangulation) ที่ได้จากแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้จากผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ และอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์และพิจารณาถึงผลการดำเนินการว่าให้ข้อมูลในประเด็นที่สอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องหลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ใบกิจกรรม และแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ซึ่งจะทำการวิเคราะห์เมื่อสิ้นสุดในแต่ละวงจรปฏิบัติการและจะวิเคราะห์ภาพรวมทั้งหมดเมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจร จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งสองแหล่งมาเปรียบเทียบกันเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียน

2.1.1 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากคำตอบของนักเรียนในใบกิจกรรม โดยให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกประเด็น (Analytic Scoring) ที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 กระบวนการ ของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ดังตาราง 11 - 13

ตาราง 11 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

ระดับคุณภาพ	พฤติกรรม
ดี (2)	<ul style="list-style-type: none"> • นักเรียนสามารถระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงหรือระบุตัวแปรที่สำคัญได้ถูกต้อง • นักเรียนสามารถทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้ทำการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้นได้ถูกต้อง • นักเรียนสามารถแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทนได้ถูกต้อง
พอใช้ (1)	<ul style="list-style-type: none"> • นักเรียนสามารถระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงหรือระบุตัวแปรที่สำคัญได้แต่ไม่ครบถ้วน • นักเรียนสามารถทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้ทำการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้นแต่ไม่ชัดเจน • นักเรียนสามารถแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทนได้แต่ไม่ครบถ้วน
ควรปรับปรุง (0)	<ul style="list-style-type: none"> • นักเรียนไม่สามารถระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงหรือระบุตัวแปรที่สำคัญ • นักเรียนไม่สามารถทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้ทำการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น • นักเรียนไม่สามารถแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน

ตาราง 12 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา

ระดับคุณภาพ	พฤติกรรม
ดี (2)	<ul style="list-style-type: none"> • นักเรียนสามารถนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง • นักเรียนสามารถนำหลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แสดงการแก้ปัญหาตามลำดับขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน

ตาราง 12 (ต่อ)

ระดับคุณภาพ	พฤติกรรม
	<ul style="list-style-type: none"> นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง
พอใช้ (1)	<ul style="list-style-type: none"> นักเรียนสามารถนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้แต่ไม่ถูกต้องทั้งหมด นักเรียนสามารถนำหลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แสดงการแก้ปัญหาตามลำดับขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน
ควรปรับปรุง (0)	<ul style="list-style-type: none"> นักเรียนไม่สามารถนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนไม่สามารถนำหลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แสดงการแก้ปัญหาตามลำดับขั้นตอนได้ นักเรียนไม่สามารถสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา

ตาราง 13 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

ระดับคุณภาพ	พฤติกรรม
ดี (2)	<ul style="list-style-type: none"> นักเรียนสามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปทาบบริบทโลกชีวิตจริงได้ถูกต้อง นักเรียนสามารถประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริงได้ถูกต้อง นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหาได้ถูกต้อง

ตาราง 13 (ต่อ)

ระดับคุณภาพ	พฤติกรรม
พอใช้ (1)	<ul style="list-style-type: none"> • นักเรียนสามารถนำตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริงได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน • นักเรียนสามารถประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริงได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน • นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหาได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน
ควรปรับปรุง (0)	<ul style="list-style-type: none"> • นักเรียนไม่สามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริง • นักเรียนไม่สามารถประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง • นักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา

2.1.2 ผู้วิจัยทำการรวบรวมคะแนนเพื่อจัดระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น

2.1.3 ผู้วิจัยเปรียบเทียบคะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ได้จากใบกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งหากผลคะแนนของนักเรียนสูงขึ้นตามใบกิจกรรมที่ได้จากวงจรปฏิบัติการที่ 1, 2 และ 3 แสดงให้เห็นว่านักเรียนได้มีการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

2.2.1 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยวิเคราะห์การเขียนคำตอบและให้คะแนนตามเกณฑ์เช่นเดียวกับใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น ดังตาราง 11 - 13

2.2.2 ผู้วิจัยทำการรวบรวมคะแนนเพื่อจัดระดับและคุณภาพรวมของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการ ตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น ดังตาราง 14

ตาราง 14 แสดงเกณฑ์การจัดระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

คะแนน	ระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์
10 – 12	ดี
7 – 9	พอใช้
ต่ำกว่า 6	ควรปรับปรุง

จากตาราง 14 ระดับคะแนนแต่ละระดับกำหนดขึ้นเพื่อแสดงถึงภาพรวมของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในแต่ละกระบวนการที่เกิดจากการตรวจด้วยเกณฑ์การให้คะแนนของกระบวนการของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ทั้ง 3 กระบวนการ

2.2.3 ผู้วิจัยเปรียบเทียบคะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ได้จากแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์กับเกณฑ์ โดยหากผลคะแนนของนักเรียนเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด แสดงให้เห็นว่านักเรียนได้รับการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์และการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

2.2.4 ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรมของนักเรียนและแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์มาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องและทิศทางของข้อมูล

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 2 ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ใน การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการ จัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนละหนึ่งวงจรปฏิบัติการ รวมจำนวนทั้งสิ้น 3 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งแต่ละวงจรปฏิบัติการประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้น วางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Act) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้แผนละ 4 ชั่วโมง รวมเวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง สำหรับแต่ละวงจร ปฏิบัติการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 หลักการบวกและหลักการคูณ

การดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีลักษณะการดำเนินการจัดการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนมัธยมศึกษา ขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสุโขทัย ในรายวิชาพื้นฐาน ค31102 คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 หลักการนับเบื้องต้น ประกอบด้วย 3 เรื่อง ได้แก่ หลักการบวกและการคูณ การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นกรณีที่ตั้งของแตกต่างกันทั้งหมด และการจัด

หมู่กรณีที่ตั้งของแตกต่างกันทั้งหมด โดยได้วางแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ จำนวน 3 แผน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง หลักการบวกและหลักการคูณ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด ซึ่งแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

ขั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ

ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง หลักการบวกและหลักการคูณ เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันจากไปกิจกรรมที่ 1 อาหารว่างของชมพู่ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแก้ปัญหาและตอบคำถามลงในไปกิจกรรม พร้อมทั้งนำเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหาและคำตอบที่ได้จากสถานการณ์ปัญหาในไปกิจกรรมและให้เหตุผลประกอบ โดยนักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็น พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาความเหมือนและความแตกต่างของวิธีการแก้โจทย์ปัญหาและคำตอบเพื่อให้นักเรียนเห็นถึงวิธีการในการหาคำตอบที่ถูกต้องและสะดวกขึ้น จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายสรุปเชื่อมโยงแนวคิดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนจนได้แนวข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับหลักการบวกและหลักการคูณ ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำไปกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเดินทางของทินกร โดยใช้ความรู้ใหม่เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจ

2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันจากไปกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อกหน้าจอบ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแก้ปัญหาและตอบคำถามลงในไปกิจกรรม พร้อมทั้งนำเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหาและคำตอบที่ได้จากสถานการณ์ปัญหาในไปกิจกรรมและให้เหตุผลประกอบ โดยนักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็น พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาความเหมือนและความแตกต่างของวิธีการแก้โจทย์ปัญหาและคำตอบเพื่อให้นักเรียนเห็นถึงวิธีการในการหาคำตอบที่ถูกต้องและสะดวกขึ้น จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายสรุปเชื่อมโยงแนวคิดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนจนได้แนวข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด ครูให้

นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB โดยใช้ความรู้ใหม่เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจ

3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันจาก ใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง พื้นที่ ทำความสะอาด โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแก้ปัญหาและตอบคำถามลงในใบกิจกรรม พร้อมทั้งนำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาคำตอบที่ได้จากสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมและให้เหตุผลประกอบ โดยนักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็น พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาความเหมือนและความแตกต่างของวิธีการแก้ไขปัญหาคำตอบ เพื่อให้นักเรียนเห็นถึงวิธีการในการหาคำตอบที่ถูกต้องและสะดวกขึ้น จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายสรุปเชื่อมโยงแนวคิดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนจนได้แนวข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง ร้านผลไม้ โดยใช้ความรู้ใหม่เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจ

ผู้วิจัยจัดเตรียมเอกสารโดยจำแนกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ เอกสารสำหรับผู้วิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ และเกณฑ์การให้คะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จากใบกิจกรรม เอกสารสำหรับผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ และเอกสารสำหรับนักเรียน ประกอบด้วย ใบกิจกรรม อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน และแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยเอกสารที่เป็นใบกิจกรรม ผู้วิจัยได้ออกแบบสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงให้ครอบคลุมทั้ง 4 บริบท ได้แก่ บริบทส่วนตัว บริบทการทำงานอาชีพ บริบทวิทยาศาสตร์ และบริบทสังคม พร้อมทั้งทำภาพประกอบสถานการณ์เพื่อเพิ่มความเข้าใจให้นักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าถึงสถานการณ์ได้ง่ายขึ้น และดึงดูดความสนใจในการแก้ปัญหายิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยได้จัดเตรียมปากกา ดินสอ ยางลบ ปากกาเคมี กระดาษสำหรับทดเลขหรือแสดงแนวคิดคร่าว ๆ และกระดาษรูป เพื่ออำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของนักเรียน

การจัดเตรียมสถานที่หรือห้องเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ซึ่งเป็นลักษณะกิจกรรมกลุ่ม ๆ ละ 4 – 5 คน ซึ่งจะจัดโต๊ะเรียนแบบกลุ่ม เพื่อสะดวกต่อการเข้ากลุ่ม การดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ และการนำเสนอและอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาและคำตอบ ตลอดจนผู้วิจัยได้จัดเตรียมเครื่องฉายทาบแสงสำหรับอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนตามความเหมาะสม

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง หลักการบวกและหลักการคูณ ใช้เวลาจำนวน 4 ชั่วโมง ใช้เวลาจำนวน 4 ชั่วโมง ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด

ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยยกสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง อาหารว่างของชมพู ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยใช้คำถามและครูเขียนแนวคิดที่นักเรียนตอบไว้บนกระดาน

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 – 5 คน โดยลดความสามารถและให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันทำใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง อาหารว่างของชมพู ครูอธิบายคำสั่งและคำถามในใบกิจกรรมให้กับนักเรียน จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรมตามความสามารถของนักเรียน โดยนักเรียนตอบคำถามจากใบกิจกรรมลงในกระดาษรูป

ขั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ

ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง อาหารว่างของชมพู พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ โดยนักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็น พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง และเมื่อนักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรมเสร็จแล้วครูถามนักเรียนว่าวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์มีความเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร โดยครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาความเหมือนและแตกต่าง และนำเสนอประเด็นเหล่านั้น โดยครูเขียนประเด็นที่นักเรียนตอบไว้กระดานเพื่อให้นักเรียนเห็นถึงวิธีการในการหาคำตอบที่ถูกต้องและสะดวกขึ้น

ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเชื่อมโยงแนวคิดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนจากการทำใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง อาหารว่างของชมพู จนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับหลักการบวกและหลักการคูณ จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเดินทางของทินกร โดยใช้ความรู้ใหม่เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจ ครูสุ่มนักเรียน 2 – 3 กลุ่ม ออกมาเฉลยคำตอบจากการทำใบกิจกรรม โดยนักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็นพร้อมตรวจสอบความถูกต้องและครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์ จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับ

หลักการบวกและหลักการคูณ พร้อมทั้งยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ต้องใช้ความรู้ในเรื่องหลักการบวกและหลักการคูณในการแก้ปัญหา โดยให้แต่ละกลุ่มเขียนลงในกระดาษรูป

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง หลักการบวกและหลักการคูณ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ จากการสังเกตขณะผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ได้ผลดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามปลายเปิดเกี่ยวกับปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยยกสถานการณ์เกี่ยวกับการเลือกอาหารว่าง จากการสังเกตพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาสถานการณ์ที่ได้รับ โดยนักเรียนบางกลุ่มร่วมกันอ่านสถานการณ์ นักเรียนบางกลุ่มมอบหมายให้ตัวแทนอ่านสถานการณ์ที่ได้รับให้สมาชิกในกลุ่มฟัง นักเรียนบางกลุ่มแสดงร่องรอยการขีดเขียนเน้นข้อความหรือขีดเส้นใต้คำสำคัญลงในใบกิจกรรม จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามและอภิปรายข้อเท็จจริงร่วมกับผู้วิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้คำถามในการอภิปรายกับนักเรียนในชั้นเรียน ดังนี้

ผู้วิจัย : อ่านสถานการณ์แล้วนักเรียนคิดว่าปัญหานี้เป็นปัญหาเกี่ยวกับอะไร

นักเรียน : จำนวนวิธีเลือกหยิบอาหารว่างครับ

(นักเรียนกลุ่ม 3, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 27 มกราคม 2563)

จากการตอบคำถามข้างต้นทำให้ทราบว่า นักเรียนสามารถมองปัญหาในชีวิตจริงเป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ แต่มองข้ามบริบทในชีวิตจริง ผู้วิจัยจึงใช้คำถามร่วมอภิปรายกับนักเรียนในชั้นเรียนอีกครั้ง ดังนี้

ผู้วิจัย : ใช่ เป็นการหาจำนวนวิธีเลือกหยิบอาหารว่างครับ ครูขอถามใหม่หลังจากอ่านสถานการณ์แล้วนักเรียนคิดว่าชมพู่ต้องการแก้ปัญหาเกี่ยวกับเรื่องอะไร

นักเรียน : การเลือกหยิบอาหารว่าง

ผู้วิจัย : ถูกครับ ในช่วงแรกครูอยากให้นักเรียนมองเป็น
สถานการณ์ในชีวิตจริงก่อน ยังไม่ต้องพิจารณาถึง
ความรู้หรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์
(นักเรียนกลุ่ม 1, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 27 มกราคม 2563)

หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ใช้คำถามในการอภิปรายกับนักเรียนในชั้นเรียน
เพื่อให้นักเรียนแสดงถึงตัวแปรที่สำคัญที่ส่งผลต่อสถานการณ์ปัญหาหรือแสดงแทนสถานการณ์ใน
รูปอย่างง่าย ดังนี้

ผู้วิจัย : นักเรียนจะกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดง
แทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่ายได้อย่างไร
นักเรียน : วาดแผนภาพแล้วโยงเส้นได้ไหมครับ
(นักเรียนกลุ่ม 1 แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 27 มกราคม 2563)

ผู้วิจัย : นักเรียนจะกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดง
แทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่ายได้อย่างไร
นักเรียน : ใช้สัญลักษณ์ รูปภาพแทนเข้ากับน้ำครับ
(นักเรียนกลุ่ม 3, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 27 มกราคม 2563)

จากการตอบคำถามข้างต้นทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถกำหนดตัว
แปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่ายได้ แต่มองข้ามบริบทในชีวิตจริงซึ่งมี
ผลต่อการแก้ปัญหาและผลลัพธ์ ผู้วิจัยจึงใช้คำถามร่วมอภิปรายกับนักเรียนในชั้นเรียนอีกครั้ง ดังนี้

ผู้วิจัย : ใช่ครับ เราสามารถใช้การวาดแผนภาพ วาดภาพ
หรือใช้สัญลักษณ์แทนเพื่อแทนสถานการณ์ให้ดูง่าย
ขึ้นได้ แต่นักเรียนยังต้องคำนึงถึงความเป็นจริงอีก
เพราะในชีวิตจริงนักเรียนไม่เหมือนในโจทย์
นักเรียน : อ้อคะ ชอบกินไม่ชอบกิน หรือกินอย่างเดียวหรือคะ
(นักเรียนกลุ่ม 2, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 27 มกราคม 2563)

จากการวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้ในชั้นตอนนี้ซึ่งส่งเสริมการรู้เรื่อง
 คณิตศาสตร์ของนักเรียนในกระบวนการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ โดยจะเห็น
 ได้ว่านักเรียนสามารถระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและ
 การระบุตัวแปรที่สำคัญได้ นักเรียนมีส่วนร่วมในการตอบคำถามและมีความสนใจในสถานการณ์ที่
 ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น เนื่องจากสถานการณ์ดังกล่าวเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถพบได้ใน
 ชีวิตประจำวันจึงสามารถเพิ่มความสนใจและอยากรู้คำตอบที่เป็นไปได้ ทำให้นักเรียนกระตือรือร้น
 ที่จะทำกิจกรรมถัดไป และนักเรียนสามารถกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทน
 สถานการณ์ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้นได้อีกด้วย

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

ในชั้นตอนนี้จะส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนในการใช้
 หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกัน
 แก้ปัญหาและตอบคำถามในแต่ละประเด็นลงในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง อาหารว่างของชมพู ซึ่งมี
 ประเด็นดังต่อไปนี้

1. ระบุประเด็นปัญหา ในคำถามนี้นักเรียนจะต้องบอกให้ได้ว่า สิ่งที่โจทย์
 ต้องการคืออะไร หรือสภาพปัญหาที่พบคืออะไร ซึ่งจากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยให้แก่ นักเรียนจะ
 เกี่ยวข้องกับการเลือกอาหารว่าง ซึ่งนักเรียนสามารถเลือกหยิบอาหารว่างที่ประกอบด้วย ขนมเค้ก
 ได้ไม่เกิน 1 ชิ้น และน้ำผลไม้ได้ไม่เกิน 1 กล่อง โดยกำหนดเมนูอาหารว่างให้แก่ นักเรียน และให้
 นักเรียนช่วยกันคิดว่า จะจัดอาหารว่างได้กี่แบบ จากการสังเกต พบว่า นักเรียนบางกลุ่มเกิดคำถาม
 ว่า “ครูคะ เลือกได้กี่แบบนี้ ต้องเลือกทั้งสองอย่างหรือเปล่าคะ” (นักเรียนกลุ่ม 2, แบบสังเกตการ
 จัดการเรียนรู้, 27 มกราคม 2563) ผู้วิจัยเลี้ยงที่จะตอบเพราะอย่างให้นักเรียนตระหนักถึงความ
 เป็นไปได้ของผลลัพธ์ในบริบทของปัญหาในโลกชีวิตจริง

2. การกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูป
 อย่างง่าย ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องร่วมกันกำหนดตัวแปร เขียนแผนภาพ เขียนตารางแจกแจง หรือ
 เขียนแจกแจงกรณี เพื่อแทนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย โดยนักเรียนสามารถเขียน
 เป็นตัวแปรหรือแผนภาพก็ได้ จากการสังเกตพบว่านักเรียนบางกลุ่มยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับการ
 กำหนดตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เพราะยังสับสนกับการกำหนดตัวแปรทาง
 วิทยาศาสตร์ จึงเกิดคำถามที่ว่า “ครูคะ ตัวแปรที่กำหนดนี่คือ ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ใช่ไหมคะ”
 (นักเรียนกลุ่ม 1, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 27 มกราคม 2563) หรือ “สัญลักษณ์ทาง

คณิตศาสตร์นี้เครื่องหมายบวก ลบ คูณ หาร ตัวเลข หรือครุฑ” (นักเรียนกลุ่ม 3, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 27 มกราคม 2563) ซึ่งผู้วิจัยได้อภิปรายชี้แนะและยกตัวอย่างให้แก่ นักเรียน

3. การหาวิธีการในการแก้ปัญหา เมื่อนักเรียนทราบแล้วว่าปัญหาคืออะไร และต้องการอะไร ขั้นต่อไป คือ นักเรียนต้องหาวิธีที่จะนำมาแก้ปัญหา จากการสังเกต พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถคิดหาวิธีหาคำตอบทั้งหมดในการแก้ปัญหาได้ แต่ยังมีนักเรียนบางกลุ่มถามว่า “ครูคะ ถ้าใช้ได้หลายวิธีก็เขียนทั้งหมดเลยหรือคะ” (นักเรียนกลุ่ม 2, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 27 มกราคม 2563) หรือ “ถ้ามีหลายวิธีที่สามารถใช้ได้เลือกวิธีเดียวหรือทั้งหมดครับ” (นักเรียนกลุ่ม 3, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 27 มกราคม 2563) จากการถามคำถามและการสังเกตสิ่งที่นักเรียนลงไปในใบกิจกรรม พบว่า นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย

4. การแสดงวิธีการแก้ปัญหา จากที่นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้แล้ว ในขั้นนี้ นักเรียนจะต้องเลือกวิธีการแก้ปัญหา เขียนแสดงขั้นตอนการหาคำตอบลงในใบกิจกรรม จากการสังเกต พบว่า นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่เหมือนกัน บางกลุ่มใช้แผนภาพต้นไม้ บางกลุ่มใช้วิธีการเขียนตารางแจกแจก บางกลุ่มที่ใช้วิธีเขียนแจกแจกกรณี ซึ่งทำให้เห็นว่า นักเรียนมีความเข้าใจสิ่งที่สถานการณ์กำหนด จึงทำให้นักเรียนสร้างข้อสรุปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้

ขั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ

ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนวิธีการและผลลัพธ์ของกลุ่มตนเองกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งแต่ละกลุ่มมีวิธีการแตกต่างกัน แต่ได้ผลลัพธ์เหมือนกัน จากการสังเกต พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่มักจะถามหาคำตอบที่ถูกต้องจากผู้วิจัย แต่ผู้วิจัยเลี่ยงที่จะตอบเพราะอยากให้นักเรียนมั่นใจในคำตอบของตนเอง จึงทำให้แต่ละกลุ่มพยายามหาเหตุผลมาอธิบายเพื่อสนับสนุนวิธีการและคำตอบของตนเอง ดังภาพ 7



ภาพ 7 แสดงนำเสนอผลการแก้ปัญหาและอภิปรายความสมเหตุสมผล
ของวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาอาหารว่างของชมพู่

ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน
ในขั้นนี้หลังจากนักเรียนนำเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหา โดยนักเรียนกลุ่ม
อื่นร่วมแสดงความคิดเห็น พร้อมตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของวิธีการและ
คำตอบแล้ว จากนั้นผู้วิจัยได้นำผลการทำกิจกรรมของนักเรียนมาสรุปเป็นความรู้เกี่ยวกับหลักการ
บวกและหลักการคูณ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้คำถามร่วมอภิปรายกับนักเรียนเพื่อเชื่อมโยงแนวคิด ดังนี้

ผู้วิจัย : ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาในสถานการณ์ ถ้า
นักเรียนทุกคนต้องหยิบเค้กและน้ำผลไม้อย่างละชิ้น
นอกจากการเขียนแผนภาพกับเขียนแจกแจงแล้ว
นักเรียนคิดว่ามีวิธีอื่นอีกไหมครับ

นักเรียน : มีครับ เค้ก 3 ชนิด น้ำผลไม้ 4 ชนิด ผมลองเอา 3 คูณ
กับ 4 ได้ 12 เท่ากับที่เพื่อนเขียนแจกแจงกรณีเลยครับ
(นักเรียนกลุ่ม 3, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

ผู้วิจัย : ใช่ครับ แล้วถ้าเป็นครูเลือกเมนูอาหารละครับ
อาหารไทย 10 ชนิด อาหารยุโรป 8 ชนิด ครูจะเลือกสั่ง
อาหารหนึ่งชนิดได้กี่แบบ

นักเรียน : 18 แบบ ใช่ไหมคะ

ผู้วิจัย : ทำไมได้ 18 ครั้ง คิดอย่างไรครับ
 นักเรียน : นำเมนูอาหารมาบวกกันคะ 10 บวก 8 ได้ 18
 (นักเรียนกลุ่ม 1, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

ผู้วิจัย : แล้วเราจะรู้ได้อย่างไร ว่าแบบไหนต้องเอาไปบวกต้อง
 เอาไปคูณครับ
 นักเรียน 2 : ทำหลายขั้นตอนแต่งงานเสร็จภายในครั้งนั้นคุณครับ แต่
 ถ้าทำคนละงานกันให้เอามาบวกครับ
 นักเรียน 13 : ความต่อเนื่องของการทำงานนั้นใหม่คะ
 นักเรียน 14 : ถ้าหียบของเรียงของคุณครับ ถ้าขึ้นรถไปกลับบวกครับ
 (นักเรียน, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

จากการตอบคำถามข้างต้นทำให้ทราบว่านักเรียนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับหลักการบวกและหลักการคูณจากสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเดินทางของทินกร เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจ และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับหลักการบวกและหลักการคูณ พร้อมทั้งยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ต้องใช้ความรู้ในเรื่องหลักการบวกและหลักการคูณในการแก้ปัญหา จากการสังเกต พบว่า มีบางกลุ่มนักเรียนนำโจทย์ปัญหาจากหนังสือเรียนมาเขียน และนักเรียนเรียนบางกลุ่มถามว่า “ครูคะ โจทย์ปัญหากับสถานการณ์ปัญหาต่างกันอย่างไรคะ” (นักเรียนกลุ่ม 1, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 3 กุมภาพันธ์ 2563) ผู้วิจัยจึงชี้แนะและอธิบายให้แก่ นักเรียน นักเรียนบางกลุ่มจะเดินมาเล่าถึงสถานการณ์ของตนเองก่อนว่าใช้ได้หรือไม่ ถูกไหมหรือไม่ ก่อนที่จะเขียนจริง เนื่องจากนักเรียนยังไม่เข้าใจถึงความแตกต่างของโจทย์ปัญหาและสถานการณ์ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่รวบรวมในขั้นสังเกตการณ์จากแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน และใบกิจกรรมของนักเรียน มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งได้ผลการสะท้อนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการการเรียนรู้มีความคิดเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนที่สามารถดึงดูดความสนใจจากนักเรียน ซึ่งทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการตอบคำถามและมีความสนใจในสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ จึงสามารถเพิ่มความสนใจและอยากรู้คำตอบที่ถูกต้อง สอดคล้องกับความคิดเห็นของนักเรียนจากการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดเห็นจากข้อคำถามที่ว่า “นักเรียนชอบการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบนี้หรือไม่ อย่างไร” ดังต่อไปนี้

“ชอบ เพราะเป็นการนำความรู้มาใช้กับชีวิตจริง ที่ไม่ใช่แค่ในโจทย์ปัญหา” (นักเรียน 2, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

“ชอบ เพราะได้เรียนจากนอกบทเรียน ไม่ใช่โจทย์แบบในหนังสือ” (นักเรียน 12, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

“ชอบ เพราะเป็นการเรียนจากสถานการณ์ที่พบในชีวิตเป็นประจำ และสามารถนำความรู้มาใช้ได้จริง” (นักเรียน 5, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

จากการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้พบปัญหาจากการจัดการเรียนรู้และได้เสนอแนะแนวทางการปรับปรุง ดังนี้

1. นักเรียนสับสนคำถามที่ผู้วิจัยใช้ในการอภิปรายระหว่าง “ปัญหานี้เป็นปัญหาเกี่ยวกับอะไร” และ “นักเรียนเข้าใจปัญหานี้อย่างไร” ผู้วิจัยควรอธิบายและยกตัวอย่างให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างคำถามที่ใช้ในการอภิปราย

2. นักเรียนส่วนใหญ่มองข้ามบริบทในชีวิตจริงโดยมองข้ามไปสู่บริบททางคณิตศาสตร์ทันที ผู้วิจัยควรยกตัวอย่างจากสถานการณ์อื่น เพื่อให้นักเรียนมองปัญหาจากบริบทในชีวิตจริงก่อนใช้คณิตศาสตร์มาช่วยแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้มีความคิดเห็นในแต่ละประเด็นดังต่อไปนี้

1. การระบุประเด็นปัญหา ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาได้ เนื่องจากมีข้อคำถามที่ชัดเจนทำให้นักเรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ และเนื่องจากตัวสถานการณ์มีความสอดคล้องกับชีวิตประจำวันทำให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้โดยง่าย ซึ่งนักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์และระบุปัญหาได้

อย่างถูกต้องแต่ไม่ได้อธิบายรายละเอียดชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของนักเรียนจากการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดเห็นจากข้อคำถามที่ว่า “การจัดการเรียนรู้ของครูช่วยให้นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร” ดังต่อไปนี้

“ได้ เพราะได้คิดกับเพื่อนในกลุ่ม ทำให้สามารถเห็นปัญหาได้อย่างชัดเจน” (นักเรียน 11, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

“ได้ เพราะทำให้รู้ว่าสถานการณ์หรือโจทย์ต้องการอะไร จากการอ่านและพูดคุยกันในกลุ่ม” (นักเรียน 13, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

2. การกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปแบบอย่างง่าย โดยในขั้นตอนนี้จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถระบุตัวแปรและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ เนื่องจากมีข้อคำถามที่ชัดเจนในใบกิจกรรมทำให้นักเรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์และเขียนแสดงในใบกิจกรรม และจากการสังเกต พบว่า นักเรียนมีกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพให้อยู่ในรูปแบบอย่างง่ายลงในใบกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของนักเรียนจากการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดเห็นจากข้อคำถามที่ว่า “การจัดการเรียนรู้ของครูช่วยให้นักเรียนสามารถกำหนดตัวแปรหรือเขียนแผนภาพเพื่อแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร” ดังต่อไปนี้

“ได้ เพราะมาจากการตีความจากสถานการณ์” (นักเรียน 2, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

“ได้ เพราะสถานการณ์ระบุสิ่งที่ต้องการทราบอย่างชัดเจนอยู่แล้ว” (นักเรียน 14, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

3. การหาวิธีการในการแก้ปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่สามารถหาวิธีการในการแก้ปัญหาได้ จากการสังเกต พบว่า นักเรียนบางกลุ่มสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 วิธี และบางกลุ่มสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้เพียง 1 วิธี ทำให้เห็นว่า ทุกกลุ่มสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้ ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของนักเรียนจากการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดเห็นจากข้อคำถามที่ว่า “การจัดการเรียนรู้ของครูช่วยให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร” ดังต่อไปนี้

“ได้ เพราะสามารถเข้าใจสถานการณ์จึงหาวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้” (นักเรียน 13, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

“ได้ เพราะรู้ว่าโจทย์ต้องการอะไรเลยนำความรู้คณิตศาสตร์มาหาคำตอบได้” (นักเรียน 2, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

4. การแสดงวิธีการแก้ปัญหา จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้และพิจารณาจากอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาจากวิธีการที่นักเรียนได้เลือกมาได้ โดยเริ่มจากการทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา จากนั้นทำการกำหนดตัวแปรหรือเขียนแผนภาพให้อยู่ในรูปอย่างง่ายและคิดหาวิธีการแก้ปัญหากว่าง่าย ๆ คือ การวางแผนในการแก้ปัญหาทำให้นักเรียนมีการทำงานอย่างเป็นระบบ แต่ก็ยังมีนักเรียนบางกลุ่มที่แสดงวิธีการแก้ปัญหาย่างรวบรัด จากการสอบถาม พบว่า นักเรียนไม่ถนัดในการเขียนอธิบายวิธีการคิดและแสดงเหตุผลอย่างละเอียด

จากการจัดการเรียนรู้ในชั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้พบปัญหาจากการจัดการเรียนรู้และได้เสนอแนะแนวทางการปรับปรุง ดังนี้

1. นักเรียนบางกลุ่มระบุตัวแปรทางคณิตศาสตร์ไม่ได้ เพราะไม่เข้าใจเกี่ยวกับตัวแปรทางคณิตศาสตร์และสับสนกับตัวแปรทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยควรอธิบายรวมทั้งยกตัวอย่างประกอบให้แก่ นักเรียน

2. นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้คำนึงถึงข้อเท็จจริงในบริบทชีวิตจริงจึงไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้ครบทุกกรณี ผู้วิจัยควรอธิบายเพิ่มเติมและยกตัวอย่างพร้อมให้เหตุผลเพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงข้อเท็จจริงในบริบทชีวิตจริงที่มีผลต่อคำตอบ

ชั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ

ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้มีความคิดเห็น คือ ในชั้นนี้ นักเรียนมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเป็นอย่างดี โดยเริ่มจากการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งแต่ละกลุ่มมีวิธีการแตกต่างกันและได้ผลลัพธ์ไม่เหมือนกัน เมื่อมีกลุ่มที่ได้ผลลัพธ์ต่างกันจึงนำไปสู่การสอบถามและเปรียบเทียบวิธีการที่ได้มาซึ่งผลลัพธ์ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มพยายามหาคำอธิบายเพื่อสนับสนุนคำตอบของกลุ่มตนเอง เช่น

- นักเรียนกลุ่ม 3 : จากสถานการณ์ต้องหยิบทั้งเค้กและน้ำผลไม้
 นักเรียนกลุ่ม 1 : เราไม่ชอบกินเค้ก เราหยิบแต่น้ำได้ไหม
 นักเรียนกลุ่ม 3 : ใช่ ๆ บางคนก็ชอบกินอย่างเดียว บางคนก็ไม่ชอบกินเลย

(นักเรียน, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

ซึ่งทำให้นักเรียนกลุ่มที่เกิดความผิดพลาดก็จะสามารถแก้ไขวิธีการของตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากความผิดพลาด ส่วนกลุ่มที่ทำถูกแล้วก็ได้ฝึกการอธิบาย และเพิ่มความมั่นใจให้กับคำตอบของตนเอง จากการทำกิจกรรมในขั้นนี้นักเรียนจะสามารถนำไปเขียนอธิบายเกี่ยวกับการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

จากการจัดการเรียนรู้ในชั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้พบปัญหาจากการจัดการเรียนรู้และได้เสนอแนะแนวทางการปรับปรุง ดังนี้

1. ในช่วงที่มีการให้นำเสนอเพื่ออภิปรายแลกเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหา และผลลัพธ์ในห้องเรียนเกิดความวุ่นวายมาก ผู้วิจัยควรเป็นผู้ควบคุมชั้นเรียนให้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย

2. นักเรียนไม่เข้าใจเกี่ยวกับการอธิบายความเหมาะสมและความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ต่อบริบทของปัญหา ผู้วิจัยควรอธิบายและยกตัวอย่างประกอบให้นักเรียน

ชั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้มีความคิดเห็น คือ นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับหลักการบวกและหลักการคูณจากสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยกำหนด และนักเรียนสามารถทำใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเดินทางของทินกร โดยใช้ความรู้ใหม่ได้ ตลอดจนสามารถสรุปความรู้เกี่ยวกับหลักการบวกและหลักการคูณได้ แต่ในยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับหลักการบวกและหลักการคูณมาใช้ในการแก้ปัญหานั้น ในช่วงแรกนักเรียนส่วนใหญ่ใช้โจทย์ปัญหาในหนังสือเรียนแล้วนำมาปรับตัวเลข นั้นแสดงว่า นักเรียนยังมีความสับสนระหว่างโจทย์ปัญหากับสถานการณ์ปัญหา ผู้วิจัยจึงได้ทำการอธิบายและยกตัวอย่าง จากนั้นนักเรียนจึงค่อย ๆ ปรับ และเมื่อคิดได้แต่ละสถานการณ์นักเรียนก็นำมาสอบถามผู้วิจัยซึ่งผู้วิจัยได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติมเป็นรายกลุ่ม

จากการจัดการเรียนรู้ในชั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้พบปัญหาจากการจัดการเรียนรู้และได้เสนอแนะแนวทางการปรับปรุง ดังนี้

1. นักเรียนบางกลุ่มยกตัวอย่างสถานการณ์โดยเลียนแบบสถานการณ์ในหนังสือเรียนหรือสถานการณ์ตัวอย่าง ทำให้สถานการณ์ไม่มีความแปลกใหม่ ผู้วิจัยควร

ยกตัวอย่างสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันในมุมมองอื่น เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้และเกิดแนวทางการนำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ที่หลากหลายในบริบทชีวิตจริง

2. นักเรียนมีความสับสนระหว่างโจทย์ปัญหา กับสถานการณ์ปัญหา ผู้วิจัยควรอธิบายและยกตัวอย่างให้ชัดเจน

3. นักเรียนบางกลุ่มยังมีความสับสนเกี่ยวกับความรู้ในเรื่องหลักการบวก และหลักการคูณ ผู้วิจัยควรเพิ่มการวิเคราะห์เนื้อหาและสถานการณ์ต่าง ๆ ในบริบทชีวิตจริงก่อน ให้นักเรียนสร้างสถานการณ์

วงจรปฏิบัติการที่ 2 การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด

จากผลการสะท้อนการปฏิบัติในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ทำให้ผู้วิจัยเห็นแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีลักษณะการดำเนินการจัดการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยนำผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาทำการพิจารณาเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อปรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด ให้การจัดการเรียนรู้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงประเด็นคำถามในแต่ละขั้นให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น อธิบายข้อคำถามในใบกิจกรรมให้แก่ นักเรียนเพื่อป้องกันการเกิดความสับสน ปรับความยากง่ายของสถานการณ์เพื่อให้มีความสอดคล้องกันทั้งสองกิจกรรม รวมทั้งพยายามกระตุ้นให้นักเรียนร่วมระดมความคิดเห็นเพื่อแก้ปัญหา จนเกิดแนวคิดและวิธีการในการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา และนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเริ่มจากให้นักเรียนเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันจากใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อกหน้าจอ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแก้ปัญหาและตอบคำถามลงในใบกิจกรรม พร้อมทั้งนำเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหาและคำตอบที่ได้จากสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมและให้เหตุผลประกอบ โดยนักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็น พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาความเหมือนและความแตกต่างของวิธีการแก้โจทย์ปัญหาและคำตอบ เพื่อให้นักเรียนเห็นถึงวิธีการในการหาคำตอบที่ถูกต้องและสะดวกขึ้น จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายสรุปเชื่อมโยงแนวคิดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนจนได้แนวข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB โดยใช้ความรู้ใหม่ เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจ

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act)

จากการวางแผนโดยนำผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด ให้เวลาจำนวน 4 ชั่วโมง ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด

ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยยกสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อกหน้าจอ ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยใช้คำถามและครูเขียนแนวคิดที่นักเรียนตอบไว้บนกระดาน

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 – 5 คน โดยแต่ละความสามารถ และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันทำใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อกหน้าจอ ครูอธิบายคำสั่งและคำถามในใบกิจกรรมให้กับนักเรียน จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรมตามความสามารถของนักเรียน โดยนักเรียนตอบคำถามจากใบกิจกรรมลงในกระดาษปฐพี

ขั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ

ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมานำเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อกหน้าจอ พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ โดยนักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็น พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง และเมื่อนักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหามาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรม เสร็จแล้วครูถามนักเรียนว่าวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์มีความเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร โดยครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาความเหมือนและแตกต่าง และนำเสนอประเด็นเหล่านั้น โดยครูเขียนประเด็นที่นักเรียนตอบไว้กระดาน เพื่อให้นักเรียนเห็นถึงวิธีการในการหาคำตอบที่ถูกต้องและสะดวกขึ้น

ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเชื่อมโยงแนวคิดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนจากการทำใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อกหน้าจอ จนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB โดยใช้ความรู้ใหม่เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจ ครูสุ่มนักเรียน 2 – 3 กลุ่ม ออกมาเฉลยคำตอบจากการทำใบกิจกรรม โดยนักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็นพร้อมตรวจสอบ

ความถูกต้องและครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์ จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด พร้อมทั้งยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ต้องใช้ความรู้ในเรื่องหลักการบวกและหลักการคูณในการแก้ปัญหา โดยให้แต่ละกลุ่มเขียนลงในกระดาษรูป

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ จากการสังเกตขณะผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ได้ผลดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด

จากการสังเกตนักเรียนแต่ละกลุ่มขณะร่วมศึกษาสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงเกี่ยวกับการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด โดยยกตัวอย่างเกี่ยวกับรหัสปลดล็อคหน้าจอ พบว่า นักเรียนทุกกลุ่มมีความตั้งใจและให้ความสนใจ โดยนักเรียนบางกลุ่มร่วมกันอ่านสถานการณ์ นักเรียนบางกลุ่มมอบหมายให้ตัวแทนอ่านสถานการณ์ให้สมาชิกในกลุ่มฟัง เช่นเดียวกับชั่วโมงที่ผ่านมา นักเรียนแต่ละกลุ่มจะขีดเขียนเน้นข้อความหรือขีดเส้นใต้ข้อเท็จจริงและคำสำคัญ (Keyword) ลงในใบกิจกรรมด้วย แสดงให้เห็นถึงความตั้งใจและความสนใจในการทำกิจกรรมของนักเรียน จากนั้นผู้วิจัยใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยถามเป็นคำถามรวม ๆ ให้นักเรียนทุกคนช่วยกันตอบคำถาม ดังบทสนทนาต่อไปนี้

- ผู้วิจัย : ปัญหาจากสถานการณ์นี้เป็นปัญหาเกี่ยวกับอะไรครับ
- นักเรียน 12 : การตั้งรหัสผ่านโทรศัพท์ค่ะ
- ผู้วิจัย : เวลาเราตั้งรหัสผ่านโทรศัพท์มือถือ นักเรียนเคยสังเกตไหมครับ ว่ามีลักษณะแบบใด
- นักเรียน 2 : ใช้ตัวเลข มาเรียงเป็นแถวครับ
- ผู้วิจัย : แล้วตั้งรหัสผ่านได้ที่รูปแบบครับ
- นักเรียน 2 : สิบลูกศรแล้วคุณแปดคุณเจ็ดครับ
- นักเรียน 13 : ครูค่ะ แต่ที่เพื่อนบอกคือรหัสเป็นตัวเลขที่ไม่ซ้ำกันเลย
- ผู้วิจัย : แล้วเราจะตั้งรหัสได้แบบไหนบ้างละครับ

นักเรียน 8 : ข้า้กันหมดเลย ข้า้สามตัวบ้าง ข้า้สองบ้าง หรือไม่ข้า้กัน
แล้วแต่เราหรือเปล่านั้น

(นักเรียน, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

จากการตอบคำถามข้างต้น พบว่า นักเรียนสามารถทราบว่าเป็นปัญหาของ
สถานการณ์คืออะไร สามารถระบุประเด็นปัญหา ระบุตัวแปรที่สำคัญที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาได้
นักเรียนสามารถมองประเด็นปัญหาได้อย่างหลากหลาย โดยคำนึงถึงคำตอบที่เป็นไปได้ในชีวิต
จริง เนื่องจากสถานการณ์ดังกล่าวเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถพบได้ในชีวิตประจำวันจึง
ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการตอบคำถามและเพิ่มความสนใจในสถานการณ์ที่ผู้วิจัยได้กำหนด
ขึ้น ทำให้นักเรียนกระตือรือร้นที่จะทำกิจกรรมถัดไป

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

ในขั้นตอนนี้จะส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนในกระบวนการ
คิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ และการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ใน
การแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแก้ปัญหาและตอบคำถามในแต่ละประเด็น
ลงในใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อคหน้าจอ ซึ่งมีประเด็นดังต่อไปนี้

1. การระบุปัญหา ในคำถามนี้นักเรียนจะต้องบอกให้ได้ว่า สิ่งที่โจทย์
ต้องการคืออะไร หรือสภาพปัญหาที่พบคืออะไร ซึ่งจากสถานการณ์ปัญหาที่ผู้วิจัยให้นักเรียน
เกี่ยวข้องกับการสร้างรหัสปลดล็อคหน้าจอโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนได้ ซึ่งนักเรียนสามารถสร้าง
รหัสจากเลขโดด 0, 1, 2, ..., 9 จำนวน 4 ตัว และให้นักเรียนช่วยกันคิดว่าจะสร้างรหัสปลดล็อค
หน้าจอโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนได้ที่แบบ และควรใช้รหัสที่มีลักษณะแบบใด เพราะเหตุใด จาก
การสังเกต พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถระบุปัญหาได้หลังจากที่อ่านสถานการณ์ปัญหาและ
ปรึกษากับสมาชิกสมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่ม

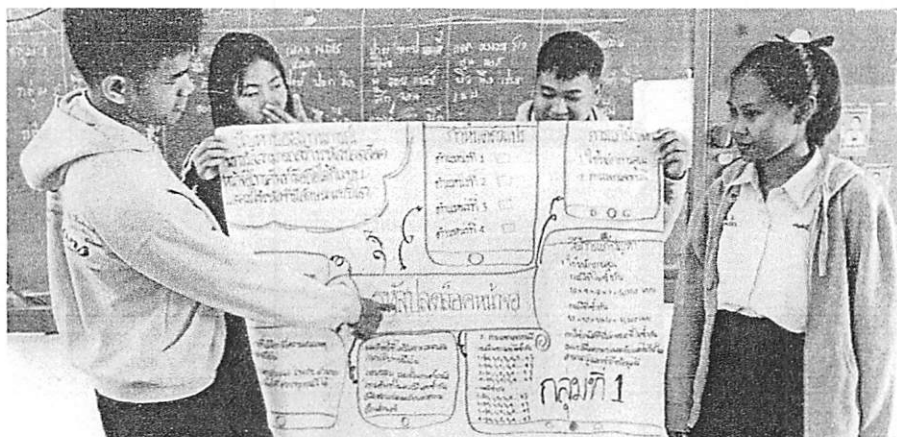
2. การกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ให้อยู่ใน
รูปอย่างง่าย ในขั้นนี้นักเรียนจะร่วมกันกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพ เพื่อแทนสถานการณ์ให้
อยู่ในรูปอย่างง่าย โดยนักเรียนสามารถเขียนเป็นสมการ ตัวแปร หรือแผนภาพก็ได้ จากการ
สะท้อนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนบางกลุ่มไม่เข้าใจการกำหนดตัวแปรและสัญลักษณ์
ทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงทำการอธิบายและยกตัวอย่างให้นักเรียนในช่วงที่แล้ว ทำให้การ
การทำกิจกรรมครั้งนี้ไม่มีปัญหาดังกล่าว จากการสังเกต พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถระบุตัว
แปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ลงในใบกิจกรรมที่แจกให้ได้เป็นอย่างดี

3. การหาวิธีการการแก้ปัญหา เมื่อนักเรียนทราบแล้วว่าปัญหาคืออะไร และต้องการอะไร ขั้นต่อไปคือนักเรียนต้องคิดหาวิธีการที่จะนำมาแก้ปัญหา จากการสังเกต พบว่า นักเรียนสามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ จากการถามคำถามและสังเกตสิ่งที่น่าสนใจเขียนลงไปใบบันทึกกิจกรรม พบว่า นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหามากมาย เช่น หลักการบวกและหลักการคูณ การเขียนแผนภาพ การเขียนแจกแจง เป็นต้น

4. การแสดงวิธีการแก้ปัญหา จากที่นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้แล้ว ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องทำการเลือกวิธีการแก้ปัญหามา 1 วิธี แล้วเขียนแสดงขั้นตอนการหาคำตอบลงในใบบันทึกกิจกรรม จากการสังเกตพบว่า นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่เหมือนกัน บางกลุ่มใช้หลักการบวกและหลักการคูณ บางกลุ่มใช้วิธีการเขียนแจกแจง แต่นักเรียนก็สามารถหาคำตอบได้ครบทุกกรณี ซึ่งทำให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่สถานการณ์กำหนด จึงทำให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

ขั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ

ในขั้นตอนนี้จะส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนในการตีความการประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ โดยหลังจากที่นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาและสร้างข้อสรุปจากผลลัพธ์ที่ได้จากสถานการณ์แล้ว ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหา โดยนักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็น พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งนักเรียนต้องพิจารณาว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ รวมทั้งอธิบายความเหมาะสมของวิธีการที่นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือก จากนั้นอธิบายลงในใบบันทึกกิจกรรมที่ผู้วิจัยแจกให้ โดยการตอบคำถามในประเด็นนี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนวิธีการและผลลัพธ์ของกลุ่มตนเองกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งแต่ละกลุ่มมีวิธีการแตกต่างกัน แต่ได้ผลลัพธ์เหมือนกัน จากการสังเกตพบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม เนื่องจากสถานการณ์ปัญหาเป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน แต่ยังมีนักเรียนบางคนที่จะถามหาคำตอบที่ถูกต้องจากผู้วิจัย แต่ผู้วิจัยเล็งที่จะตอบเพราะอยากให้นักเรียนมั่นใจในคำตอบของตนเอง จึงทำให้แต่ละกลุ่มพยายามหาเหตุผลมาอธิบายเพื่อสนับสนุนวิธีการและคำตอบของตนเอง ดังภาพ 8



ภาพ 8 แสดงนำเสนอผลการแก้ปัญหาและอภิปรายความสมเหตุสมผล
ของวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา รหัสปลดล็อกหน้าจอก

ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน
ในขั้นนี้หลังจากนักเรียนนำเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหา โดยนักเรียนกลุ่ม
อื่นร่วมแสดงความคิดเห็น พร้อมตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของวิธีการและ
คำตอบแล้ว จากนั้นผู้วิจัยได้นำผลการทำกิจกรรมของนักเรียนมาสรุปเป็นความรู้เกี่ยวกับหลักการ
บวกและหลักการคูณ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้คำถามร่วมอภิปรายกับนักเรียนเพื่อเชื่อมโยงแนวคิด ดังนี้

ผู้วิจัย : มีวิธีอื่นที่ง่ายกว่าการใช้หลักการคูณกับการเขียน
แจกแจงไหม ง่ายกว่าที่เราต้องมานั่งคูณ มานั่งเขียน
แจกแจง มีวิธีอื่นอีกไหม

ผู้วิจัย : ถ้าสมมตินะ รหัสผ่านของครูต้องมี 6 ตัว เป็นทั้ง
ตัวอักษรภาษาอังกฤษ 26 ตัว และตัวเลข 10 ตัว จะมี
วิธีที่ทำให้เราเห็นปุ๊บตอบได้ปั๊บไหม

นักเรียน 8 : ถ้าทำแบบนี้ก็ 6 หลัก จาก 36 ตัวเลขนะ หรือให้ทำเป็น
สูตร

นักเรียน 13 : น่าจะเป็นสูตรนะ เราว่าครูเขาหมายถึงแบบนี้

นักเรียน 14 : ถ้าโจทย์เดิมจะได้คำตอบเท่าเดิมไหม ก็เป็น 10 แฟก
ส่วนด้วย 10 ลบ 4 แฟก ก็ได้คำตอบ 5,040 เท่าเดิม

(นักเรียนเขียน $\frac{10!}{(10-4)!}$ และแสดงวิธีคิดในกระดาษ)

นักเรียน 2 : เราก็จะได้ ทั้งหมดแพก ส่วนทั้งหมดลบที่เลือกแพก
(นักเรียน, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

จากการตอบคำถามข้างต้นทำให้ทราบว่านักเรียนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด จากสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจ และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด พร้อมทั้งยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ต้องใช้ความรู้ในเรื่องการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด จาก การสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนบางกลุ่มยังมีความสับสนเกี่ยวกับความรู้ของ หลักการบวกและหลักการคูณ ผู้วิจัยจึงได้เพิ่มกิจกรรมโดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการวิเคราะห์ เนื้อหาแล้วให้นักเรียนสรุปเป็นความรู้ก่อนที่จะเริ่มสร้างสถานการณ์ปัญหา

จากการสังเกต พบว่า เมื่อนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้แล้วทำให้นักเรียนสามารถสร้างสถานการณ์ปัญหาได้สอดคล้องกับการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดมากขึ้นและใช้เวลาเฉลยลง กล่าวคือ นักเรียนสามารถสรุปความรู้และสร้างสถานการณ์ ได้ภายในเวลาที่กำหนด ทำให้ผู้วิจัยไม่ต้องเพิ่มเวลาในชั้นตอนนี้

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ในชั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่รวบรวมในขั้นสังเกตการณ์จากแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน และใบกิจกรรมของนักเรียน มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งได้ผลการสะท้อนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด

ในชั้นตอนนี้ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้มีความคิดเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ในชั้นตอนนี้เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนสามารถดึงความสนใจจากนักเรียน ซึ่งทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการตอบคำถามและมีความสนใจในสถานการณ์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น เนื่องจากสถานการณ์ดังกล่าวเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน จึงสามารถเพิ่มความสนใจและอยากรู้คำตอบที่ถูกต้อง

ขั้นที่ 2 ขั้นเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้มีความคิดเห็นในแต่ละประเด็นดังต่อไปนี้

1. การระบุปัญหา ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาได้ เนื่องจากมีข้อคำถามที่ชัดเจนทำให้นักเรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ และด้วยตัวสถานการณ์มีความสอดคล้องกับชีวิตประจำวันทำให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้โดยง่าย ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของนักเรียนจากการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดเห็นจากข้อคำถามที่ว่า “การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนระบุปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร” ดังต่อไปนี้

“ได้ เพราะได้วิเคราะห์สถานการณ์ร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม ทำให้ทราบว่าสถานการณ์ต้องการอะไรได้อย่างชัดเจน” (นักเรียน 12, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

“ได้ เพราะเป็นสถานการณ์ใกล้ตัว จึงทำให้เข้าใจได้ไม่ยากกว่าปัญหาของสถานการณ์คืออะไร” (นักเรียน 2, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

2. การกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่าย ในขั้นตอนนี้จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถระบุตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ เนื่องจากมีข้อคำถามที่ชัดเจนในใบกิจกรรมทำให้นักเรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์และเขียนแสดงแทนสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรม และจากการสังเกต พบว่า นักเรียนมีการเขียนแผนภาพ หรือกำหนดตัวแปรแทนสถานการณ์ให้อยู่ในรูปอย่างง่ายลงในใบกิจกรรม ซึ่งขึ้นอยู่กับความถนัดของแต่ละกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของนักเรียนจากการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดเห็นจากข้อคำถามที่ว่า “การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนกำหนดตัวแปรหรือแผนภาพเพื่อแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร” ดังต่อไปนี้

“ได้ เพราะเมื่อเข้าใจว่าปัญหาต้องการอะไร ทำให้เขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ได้” (นักเรียน 5, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

“ได้ เพราะสถานการณ์เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน ทำให้นักภาพออกเขียนแผนภาพได้” (นักเรียน 13, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

3. การหาวิธีการในการแก้ปัญหา นักเรียนทุกกลุ่มสามารถหาวิธีการในการแก้ปัญหาได้ จากการสังเกต พบว่า นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 วิธี แต่ส่วนใหญ่เลือกใช้หลักการคูณและการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของนักเรียนจากการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดเห็นจากข้อคำถามที่ว่า “การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร” ดังต่อไปนี้

“ได้ เพราะรู้ว่าสถานการณ์ต้องการอะไร จึงหาวิธีการแก้ปัญหาได้” (นักเรียน 2, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

“ได้ เพราะหาคำตอบได้หลายวิธีเราจึงเลือกใช้วิธีการใดก็ได้ที่ได้คำตอบที่โจทย์ต้องการ” (นักเรียน 14, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

4. การแสดงวิธีการแก้ปัญหา จากการสังเกต และพิจารณาอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียนและการตอบคำถามในใบกิจกรรม พบว่า นักเรียนสามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาจากวิธีการที่นักเรียนเลือกมาได้ โดยเริ่มจากการทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา จากนั้นทำการกำหนดตัวแปรหรือเขียนแผนภาพให้อยู่ในรูปอย่างง่าย และคิดหาวิธีการในการแก้ปัญหา กล่าวคือ การวางแผนในการแก้ปัญหาทำให้นักเรียนมีการทำงานอย่างเป็นระบบ แต่ก็ยังมีนักเรียนบางกลุ่มที่แสดงวิธีการแก้ปัญหาอย่างรวบรัด จากการสอบถาม พบว่า นักเรียนไม่ถนัดในการเขียนอธิบาย

จากการจัดการเรียนรู้ในชั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้พบปัญหาจากการจัดการเรียนรู้และได้เสนอแนวทางการปรับปรุง ดังนี้

1. สถานการณ์ในใบกิจกรรมที่ 3 รหัสปลดล๊อคหน้าจอมีความซับซ้อนเกินไปทำให้นักเรียนเกิดความสับสนในด้านของวิธีการคิด ผู้วิจัยควรพิจารณาถึงระดับความยากง่ายของกิจกรรมเพื่อจะได้ต่อเนื่องกันกับสถานการณ์ในใบกิจกรรมต่อไป

2. ผู้วิจัยควรเสริมกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น

ชั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ

ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้มีความคิดเห็น คือ ในชั้นนี้ นักเรียนมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเป็นอย่างดี โดยเริ่มจากการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งแต่ละกลุ่มมีวิธีการแตกต่างกันและได้ผลลัพธ์ไม่เหมือนกัน เมื่อมีกลุ่มที่ได้ผลลัพธ์ต่างกันจึงนำไปสู่การสอบถามและเปรียบเทียบวิธีการที่ได้มาซึ่งผลลัพธ์ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มพยายามหาคำอธิบายเพื่อสนับสนุนคำตอบของกลุ่มตนเอง เช่น

นักเรียนกลุ่ม 1 : จากสถานการณ์รหัสปลดล๊อคเราควรตั้ง
ไม่ซ้ำกันนะ

นักเรียนกลุ่ม 2 : แต่ละรหัสเพื่อให้เจ้าของจำได้ก็ควรเป็นสิ่งที่จำ
ได้ง่ายนะ เช่น วันเดือนปีเกิดบางที่ก็เลขซ้ำกัน

(นักเรียน, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

ซึ่งทำให้นักเรียนกลุ่มที่เกิดความผิดพลาดก็จะสามารถแก้ไขวิธีการของตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากความผิดพลาด ส่วนกลุ่มที่ทำถูกแล้วก็ได้ฝึกการอธิบาย และเพิ่มความมั่นใจให้กับคำตอบของตนเอง จากการทำกิจกรรมในขั้นนี้นักเรียนจะสามารถนำไปเขียนอธิบายเกี่ยวกับการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

จากการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้พบปัญหาจากการจัดการเรียนรู้และได้เสนอแนะแนวทางการปรับปรุง คือ นักเรียนบางคนยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับการอธิบายความเหมาะสมและความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ต่อบริบทของปัญหา ผู้วิจัยควรอธิบายและยกตัวอย่างประกอบให้นักเรียน

ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้มีความคิดเห็น คือ นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด จากสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยกำหนด และนักเรียนสามารถทำใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB โดยใช้ความรู้ใหม่ได้ ตลอดจนสามารถสรุปความรู้เกี่ยวกับการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดได้ แต่ในยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดใช้ในการแก้ปัญหา นั้น ยังมีนักเรียนบางกลุ่มยกตัวอย่างสถานการณ์โดยเลียนแบบสถานการณ์ตัวอย่าง ทำให้สถานการณ์ไม่มีความแปลกใหม่ ผู้วิจัยจึงได้ทำการอธิบายและยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตจริงในมุมมองอื่น จากนั้นนักเรียนจึงค่อย ๆ ปรับ และเมื่อคิดได้แต่ละสถานการณ์นักเรียนก็นำมาสอบถามผู้วิจัยซึ่งผู้วิจัยได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติมเป็นรายกลุ่ม

จากการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้พบปัญหาจากการจัดการเรียนรู้และได้เสนอแนะแนวทางการปรับปรุง ดังนี้

1. นักเรียนบางกลุ่มยกตัวอย่างสถานการณ์โดยเลียนแบบสถานการณ์ตัวอย่าง ทำให้สถานการณ์ไม่มีความแปลกใหม่ ผู้วิจัยควรยกตัวอย่างสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันในมุมมองอื่น เพื่อให้เกิดแนวทางการนำไปใช้ที่หลากหลายและแปลกใหม่
2. นักเรียนบางกลุ่มยังมีความสับสนเกี่ยวกับความรู้ในเรื่องหลักการคูณและการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด ผู้วิจัยได้ทำการอธิบายพร้อมยกตัวอย่างให้นักเรียน และเพิ่มการวิเคราะห์เนื้อหาและสถานการณ์ต่าง ๆ ในบริบทชีวิตจริงว่า

สถานการณ์ลักษณะใดเป็นปัญหาเกี่ยวกับหลักการคุณและการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดก่อนให้นักเรียนสร้างสถานการณ์

วงจรปฏิบัติการที่ 3 การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด

จากผลการสะท้อนการปฏิบัติในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ทำให้ผู้วิจัยเห็นแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีลักษณะการดำเนินการจัดการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยนำผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาทำการพิจารณาเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อปรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด โดยเพิ่มกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในขั้นที่ 1 นำเสนอปัญหาปลายเปิด และเพิ่มการวิเคราะห์เนื้อหาและสถานการณ์ต่าง ๆ ในบริบทชีวิตจริงก่อนให้นักเรียนสร้างสถานการณ์ในขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน โดยเริ่มจากให้นักเรียนเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันจากใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง พื้นที่หาความสะอาด โดยให้นักเรียนทั้งห้องลองแบ่งกลุ่มตามเงื่อนไขใบกิจกรรม แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแก้ปัญหาและตอบคำถามลงในใบกิจกรรม พร้อมทั้งนำเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหาและคำตอบที่ได้จากสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมและให้เหตุผลประกอบ โดยนักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็น พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาความเหมือนและความแตกต่างของวิธีการแก้โจทย์ปัญหาและคำตอบ เพื่อให้นักเรียนเห็นถึงวิธีการในการหาคำตอบที่ถูกต้องและสะดวกขึ้น จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายสรุปเชื่อมโยงแนวคิดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนจนได้แนวข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง ร้านผลไม้ โดยใช้ความรู้ใหม่เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจ

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act)

จากการวางแผนโดยนำผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด ใช้เวลาจำนวน 4 ชั่วโมง ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด

ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยยกสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง พื้นที่ทำความสะอาด โดยให้นักเรียนทั้งห้องลองแบ่งกลุ่มตามเงื่อนไขใบกิจกรรม ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยใช้คำถามและครูเขียนแนวคิดที่นักเรียนตอบไว้บนกระดาน

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 – 5 คน โดยคละความสามารถ และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันทำใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง พื้นที่ทำความสะอาด ครูอธิบายคำสั่งและคำถามในใบกิจกรรมให้กับนักเรียน จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรมตามความสามารถของนักเรียน โดยนักเรียนตอบคำถามจากใบกิจกรรมลงในกระดาษรูป

ขั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ

ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมานำเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง พื้นที่ทำความสะอาด พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ โดยนักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็น พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง และเมื่อนักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหามาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรม เสร็จแล้วครูถามนักเรียนว่าวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์มีความเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร โดยครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาความเหมือนและแตกต่าง และนำเสนอประเด็นเหล่านั้น โดยครูเขียนประเด็นที่นักเรียนตอบไว้กระดาน เพื่อให้ให้นักเรียนเห็นถึงวิธีการในการหาคำตอบที่ถูกต้องและสะดวกขึ้น

ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเชื่อมโยงแนวคิดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนจากการทำใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง พื้นที่ทำความสะอาด จนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง ร้านผลไม้ โดยใช้ความรู้ใหม่เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจ ครูสุ่มนักเรียน 2 – 3 กลุ่ม ออกมาเฉลยคำตอบจากการทำใบกิจกรรม โดยนักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็นพร้อมตรวจสอบความถูกต้องและครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์ จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด พร้อมทั้งยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ต้องใช้ความรู้ในเรื่องหลักการบวกและหลักการคูณในการแก้ปัญหา โดยให้แต่ละกลุ่มเขียนลงในกระดาษรูป

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้จากการสังเกตขณะผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ได้ผลดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด

จากการสังเกตแต่ละกลุ่มขณะร่วมกันศึกษาสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงเกี่ยวกับการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด โดยยกตัวอย่างสถานการณ์การแบ่งกลุ่มเพื่อรับผิดชอบพื้นที่ทำความสะอาด จากการสังเกต พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีความตั้งใจและให้ความสนใจในการศึกษาสถานการณ์ที่ได้รับ โดยสังเกตพบพฤติกรรมเดิมที่นักเรียนแสดงออกจากรวงจรปฏิบัติการที่ผ่านมาคือ นักเรียนบางกลุ่มร่วมกันอ่านสถานการณ์ นักเรียนบางกลุ่มมอบหมายให้ตัวแทนอ่านสถานการณ์ให้สมาชิกในกลุ่มฟัง และพบอีกว่านักเรียนหลายกลุ่มมักจะขีดเขียนเน้นข้อความหรือขีดเส้นใต้ข้อเท็จจริงและคำสำคัญ (Keyword) ลงในใบกิจกรรมในลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น ใช้สีเน้นข้อความ ใช้ดินสอขีดเส้นใต้ข้อความ ใช้ปากกาวางกลมข้อความ เป็นต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความตั้งใจและให้ความสนใจในการทำกิจกรรม จากนั้นผู้วิจัยใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายข้อเท็จจริง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาและตรงประเด็นกับคำถามที่ผู้วิจัยใช้อภิปราย

จากการวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า นักเรียนมีความสนใจในการทำกิจกรรมเช่นเคย และนักเรียนสามารถตอบคำถามและร่วมสนทนาถึงประเด็นปัญหาจากใบกิจกรรมได้เป็นอย่างดี สามารถวิเคราะห์แนวคิดจากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนลองจับกลุ่มตามเงื่อนไขจากสถานการณ์ในใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง พื้นที่ทำความสะอาด ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น ตัวอย่างคำถามและบทสนทนาที่ผู้วิจัยใช้ร่วมอภิปรายกับนักเรียนในชั้นเรียน มีดังนี้

- ผู้วิจัย : ปัญหาจากสถานการณ์นี้เป็นปัญหาเกี่ยวกับอะไรครับ
 นักเรียน 2 : การแบ่งกลุ่มรับผิดชอบพื้นที่ทำความสะอาด
 ผู้วิจัย : แล้วจัดกลุ่มจะทำเหมือนเรียงสับเปลี่ยนไหมครับ
 นักเรียน 13 : ไม่เหมือนค่ะ จัดกลุ่มเอามาเป็นกลุ่ม สับเปลี่ยนเอามาเรียงเป็นแถว
 ผู้วิจัย : อ้อครับ

นักเรียน 14 : เรียงสลับเปลี่ยนตำแหน่งกับรูปแบบการเรียงสำคัญ จัด
กลุ่มตำแหน่งไม่สำคัญครับ

(นักเรียน, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 17 กุมภาพันธ์ 2563)

จากการตอบคำถามข้างต้น พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกได้ว่า ปัญหาของสถานการณ์คืออะไร และเข้าใจปัญหาของสถานการณ์ในชีวิตจริง และสามารถแยกประเด็นปัญหาได้อย่างชัดเจน อาจเป็นเพราะสถานการณ์ดังกล่าวเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน จึงทำให้นักเรียนเพิ่มความสนใจและอย่างรู้คำตอบที่เป็นไปได้ตลอดจนทำให้นักเรียนกระตือรือร้นที่จะทำกิจกรรมต่อไป

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

ในขั้นตอนนี้จะส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนในกระบวนการคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ และการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแก้ปัญหาและตอบคำถามในแต่ละประเด็นลงในใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง พื้นที่ทำความสะอาด ซึ่งมีประเด็นดังต่อไปนี้

1. การระบุปัญหา ซึ่งในคำถามนี้นักเรียนจะต้องบอกให้ได้ว่า สิ่งที่เกี่ยวข้องที่ต้องการคืออะไร หรือสภาพปัญหาที่พบคืออะไร ซึ่งจากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยให้นักเรียนจะเกี่ยวข้องกับการแบ่งกลุ่มนักเรียนเพื่อรับผิดชอบเขตพื้นที่ทำความสะอาด กลุ่มละ 3 – 4 คน จากนักเรียนทั้งหมด 10 คน โดยจะแบ่งได้กี่วิธี จากการสังเกต พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถระบุปัญหาได้หลังจากที่สถานการณ์และปรึกษากับสมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่ม

2. การกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ให้อยู่ในรูปอย่างง่าย ในขั้นนี้นักเรียนจะร่วมกันกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพ เพื่อแทนสถานการณ์ให้อยู่ในรูปอย่างง่าย โดยนักเรียนสามารถเขียนเป็นสมการ ตัวแปร หรือแผนภาพก็ได้

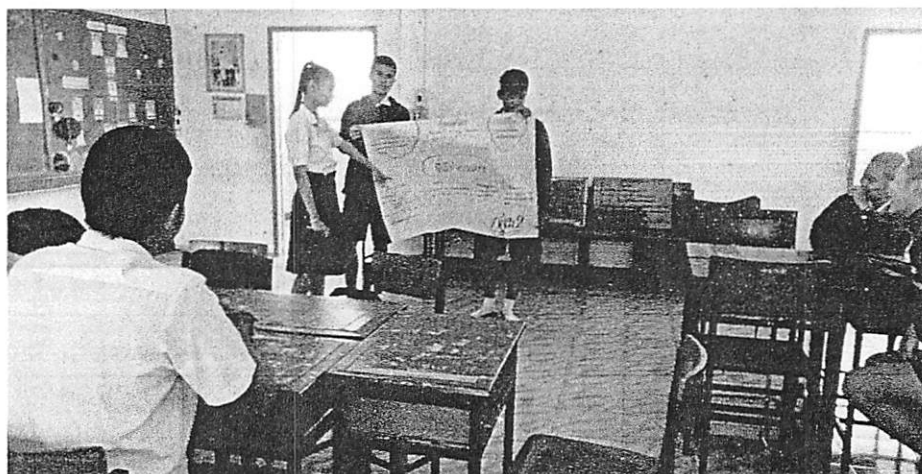
3. การหาวิธีการการแก้ปัญหา เมื่อนักเรียนทราบแล้วว่าปัญหาคืออะไร และต้องการอะไร ขั้นต่อไปคือนักเรียนต้องคิดหาวิธีการที่จะนำมาแก้ปัญหา จากการสังเกต พบว่า นักเรียนสามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ จากการถามคำถามและสังเกตสิ่งที่นักเรียนเขียนลงไป ในใบกิจกรรม พบว่า นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย เช่น หลักการคูณ การเขียนแผนภาพ การเขียนแจกแจง เป็นต้น

4. การแสดงวิธีการแก้ปัญหา จากที่นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้แล้ว ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องทำการเลือกวิธีการแก้ปัญหามา 1 วิธี แล้วเขียนแสดงขั้นตอนการหา

คำตอบลงในใบกิจกรรม จากการสังเกตพบว่า นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่เหมือนกัน บางกลุ่มใช้หลักการบวกและหลักการคูณ บางกลุ่มใช้วิธีการเขียนแจกแจง แต่นักเรียนก็สามารถหาคำตอบได้ครบทุกกรณี ซึ่งทำให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่สถานการณ์กำหนด จึงทำให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

ขั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ

ในขั้นตอนนี้จะส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนในการตีความการประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ โดยหลังจากที่นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาและสร้างข้อสรุปจากผลลัพธ์ที่ได้จากสถานการณ์แล้ว ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหา โดยนักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็น พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งนักเรียนต้องพิจารณาว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ รวมทั้งอธิบายความเหมาะสมของวิธีการที่นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือก จากนั้นอธิบายลงในใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยแจกให้ โดยการตอบคำถามในประเด็นนี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนวิธีการและผลลัพธ์ของกลุ่มตนเองกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งแต่ละกลุ่มมีวิธีการแตกต่างกัน แต่ได้ผลลัพธ์เหมือนกัน จากการสังเกตพบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม เนื่องจากสถานการณ์ปัญหาเป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน แต่ยังมีนักเรียนบางคนที่จะถามหาคำตอบที่ถูกต้องจากผู้วิจัย แต่ผู้วิจัยเลี้ยงที่จะตอบเพราะอยากให้นักเรียนมั่นใจในคำตอบของตนเอง จึงทำให้แต่ละกลุ่มพยายามหาเหตุผลมาอธิบายเพื่อสนับสนุนวิธีการและคำตอบของตนเอง ดังภาพ 9



ภาพ 9 แสดงนำเสนอผลการแก้ปัญหาและอภิปรายความสมเหตุสมผลของวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาพื้นที่ทำความสะอาด

ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน
 ในขั้นนี้หลังจากนักเรียนนำเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหา โดยนักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็น พร้อมตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของวิธีการและคำตอบแล้ว จากนั้นผู้วิจัยได้นำผลการทำกิจกรรมของนักเรียนมาสรุปเป็นความรู้เกี่ยวกับหลักการบวกและหลักการคูณ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้คำถามร่วมอภิปรายกับนักเรียนเพื่อเชื่อมโยงแนวคิด ดังนี้

- ผู้วิจัย : มีวิธีอื่นที่ง่ายกว่าการใช้หลักการคูณกับการเขียนแจกแจงใหม่ ง่ายกว่าที่เราต้องมานั่งคูณ มานั่งเขียนแจกแจง มีวิธีอื่นอีกไหม
- ผู้วิจัย : ถ้าสมมตินะ ถ้าครูจะจัดกลุ่มนักเรียน 50 คน กลุ่มละ 3 คน จะมีวิธีที่ทำให้เราแล้วตอบได้เลยไหม
- นักเรียน 2 : ถ้าโจทย์เดิมจะได้คำตอบเท่าเดิมใหม่ ก็เป็น 10 แผลก ส่วนด้วย 10 ลบ 3 แผลก 3 แผลก ก็ได้ 120 เท่าเดิม
 (นักเรียนเขียน $\frac{10!}{(10-3)!3!}$ และแสดงวิธีคิดในกระดาษ)
- ผู้วิจัย : แล้วทำไมต้องหารเพิ่มอีก 3 แผลก ละครับ
- นักเรียน 2 : เพราะการจัดกลุ่มไม่ต้องเรียง เลยหารด้วยที่เลือกแผลก
 (นักเรียน, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2563)

จากการตอบคำถามข้างต้นทำให้ทราบว่านักเรียนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด จากสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง ร้านผลไม้ เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจ และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด พร้อมทั้งยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ต้องใช้ความรู้ในเรื่องการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด จากการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า นักเรียนบางกลุ่มยังมีความสับสนเกี่ยวกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด ผู้วิจัยจึงได้เพิ่มกิจกรรมโดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการวิเคราะห์เนื้อหาแล้วให้นักเรียนสรุปเป็นความรู้ก่อนที่จะเริ่มสร้างสถานการณ์ปัญหา

จากการสังเกต พบว่า เมื่อนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้แล้วทำให้นักเรียนสามารถสร้างสถานการณ์ปัญหาได้สอดคล้องกับการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดมากขึ้นและใช้เวลาน้อยลง กล่าวคือ นักเรียนสามารถสรุปความรู้และสร้างสถานการณ์ได้ภายในเวลาที่กำหนด ทำให้ผู้วิจัยไม่ต้องเพิ่มเวลาในชั้นตอนนี้

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ในชั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่รวบรวมในชั้นสังเกตการณ์จากแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน และใบกิจกรรมของนักเรียน มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งได้ผลการสะท้อนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด

ในชั้นตอนนี้ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้มีความคิดเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ในชั้นตอนนี้เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนสามารถดึงความสนใจจากนักเรียน ซึ่งทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการตอบคำถามและมีความสนใจในสถานการณ์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น เนื่องจากสถานการณ์ดังกล่าวเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน จึงสามารถเพิ่มความสนใจและอยากรู้คำตอบที่ถูกต้อง

ขั้นที่ 2 ชั้นเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้มีความคิดเห็นในแต่ละประเด็นดังต่อไปนี้

1. การระบุปัญหา ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาได้ เนื่องจากมีข้อความที่ชัดเจนทำให้นักเรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ และด้วยตัวสถานการณ์มีความสอดคล้องกับชีวิตประจำวันทำให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของนักเรียนจากการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดเห็นจากข้อความคำถามที่ว่า “การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนระบุปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร” ดังต่อไปนี้

“ได้ เพราะทำความเข้าใจปัญหาอย่างดีแล้ว” (นักเรียน 2, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 24 กุมภาพันธ์ 2563)

“ได้ เพราะได้คิดร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม ทำให้เห็นปัญหาตรงกันอย่างชัดเจน” (นักเรียน 13, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 24 กุมภาพันธ์ 2563)

2. การกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่าย ในชั้นตอนนี้จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถระบุตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ เนื่องจากมีข้อความที่ชัดเจนในใบกิจกรรมทำให้นักเรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์และ

เขียนแสดงแทนสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรม และจากการสังเกต พบว่า นักเรียนมีการเขียนแผนภาพ หรือกำหนดตัวแปรแทนสถานการณ์ให้อยู่ในรูปอย่างง่ายลงในใบกิจกรรม ซึ่งขึ้นอยู่กับความถนัดของแต่ละกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของนักเรียนจากการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดเห็นจากข้อคำถามที่ว่า “การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนกำหนดตัวแปรหรือแผนภาพเพื่อแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร” ดังต่อไปนี้

“ได้ เพราะมาจากการพิจารณาสถานการณ์ร่วมกันของคนในกลุ่ม”
(นักเรียน 8, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 24 กุมภาพันธ์ 2563)

“ได้ เพราะสถานการณ์ระบุสิ่งที่ต้องการมาอย่างอย่าชัดเจน ทำให้สามารถกำหนดตัวแปรแทนได้” (นักเรียน 13, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 24 กุมภาพันธ์ 2563)

3. การหาวิธีการในการแก้ปัญหา นักเรียนทุกกลุ่มสามารถหาวิธีการในการแก้ปัญหาได้ จากการสังเกต พบว่า นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 วิธี แต่ส่วนใหญ่เลือกใช้หลักการคูณ การเขียนแจกแจง และการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของนักเรียนจากการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดเห็นจากข้อคำถามที่ว่า “การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร” ดังต่อไปนี้

“ได้ เพราะรู้ว่าสถานการณ์ต้องการอะไร จึงหาวิธีการแก้ปัญหาได้”
(นักเรียน 2, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 24 กุมภาพันธ์ 2563)

“ได้ เพราะหาวิธีการใดก็ได้ที่ได้คำตอบที่โจทย์ต้องการ” (นักเรียน 12, อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน, 24 กุมภาพันธ์ 2563)

4. การแสดงวิธีการแก้ปัญหา จากการสังเกต และพิจารณาอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียนและการตอบคำถามในใบกิจกรรม พบว่า นักเรียนสามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาจากวิธีการที่นักเรียนเลือกมาได้ โดยเริ่มจากการทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา จากนั้นทำการกำหนดตัวแปรหรือเขียนแผนภาพให้อยู่ในรูปอย่างง่าย และคิดหาวิธีการในการแก้ปัญหา กล่าวคือ การวางแผนในการแก้ปัญหาทำให้นักเรียนมีการทำงานอย่างเป็นระบบ แต่ก็ยังมีนักเรียนบางกลุ่มที่แสดงวิธีการแก้ปัญหายังรวบรัด จากการสอบถาม พบว่า นักเรียนไม่ถนัดในการเขียนอธิบาย

จากการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ ไม่พบปัญหาจากการจัดการเรียนรู้และอุปสรรคที่เกิดขึ้นในขั้นนี้

ขั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ

ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้มีความคิดเห็น คือ ในขั้นนี้ นักเรียนมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเป็นอย่างดี โดยเริ่มจากการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งแต่ละกลุ่มมีวิธีการแตกต่างกันและได้ผลลัพธ์ไม่เหมือนกัน เมื่อมีกลุ่มที่ได้ผลลัพธ์ต่างกันจึงนำไปสู่การสอบถามและเปรียบเทียบวิธีการที่ได้มาซึ่งผลลัพธ์ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มพยายามหาคำอธิบายเพื่อสนับสนุนคำตอบของกลุ่มตนเอง เช่น

- นักเรียนกลุ่ม 1 : การแบ่งกลุ่มควรพิจารณาบริเวณที่รับผิดชอบ
 ทำความเข้าใจความสะอาดกับจำนวนคนด้วย
- นักเรียนกลุ่ม 2 : แต่เราว่ากลุ่มเดียวกันน่าจะเป็นที่เข้ากันได้นะ
 แบบสนิทกัน

(นักเรียน, แบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2563)

ซึ่งทำให้นักเรียนกลุ่มที่เกิดความผิดพลาดก็จะสามารถแก้ไขวิธีการของตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากความผิดพลาด ส่วนกลุ่มที่ทำถูกแล้วก็จะได้ฝึกการอธิบายและเพิ่มความมั่นใจให้กับคำตอบของตนเอง จากการทำกิจกรรมในขั้นนี้นักเรียนจะสามารถนำไปเขียนอธิบายเกี่ยวกับการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

จากการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้พบปัญหาจากการจัดการเรียนรู้และได้เสนอแนะแนวทางการปรับปรุง คือ นักเรียนบางคนยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับการอธิบายความเหมาะสมและความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ต่อบริบทของปัญหา ผู้วิจัยควรอธิบายและยกตัวอย่างประกอบให้นักเรียน

ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้มีความคิดเห็น คือ นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด จากสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยกำหนด และนักเรียนสามารถทำใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง ร้านผลไม้ โดยใช้ความรู้ใหม่ได้อย่างถูกต้อง ตลอดจนสามารถสรุปความรู้เกี่ยวกับการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดได้ แต่ในการยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดใช้ในการแก้ปัญหา นั้น ยังมีนักเรียนบางกลุ่มยกตัวอย่างสถานการณ์โดยเลียนแบบสถานการณ์ตัวอย่างเช่นเดิม ทำให้สถานการณ์ไม่มีความแปลกใหม่ อาจเป็นเพราะ

นักเรียนยังมีประสบการณ์น้อยจึงไม่สามารถหาแนวประยุกต์ใช้หรือปรับใช้ในชีวิตจริงอย่างหลากหลายได้ ผู้วิจัยจึงเสนอแนะว่า ไม่ควรไปคัดลอกมาทั้งหมด ควรนำมาประยุกต์หรือปรับใช้ให้เป็นความคิดของกลุ่มเราเอง นอกจากนี้นักเรียนบางกลุ่มเตรียมสถานการณ์ปัญหาล่วงหน้าเมื่อสอบถามทำให้ทราบว่า “คิดในหัวไมทันเวลาจะเลยไปคิดมาก่อน” (นักเรียน 12, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2563)

จากการจัดการเรียนรู้ในชั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้พบปัญหาจากการจัดการเรียนรู้และได้เสนอแนะแนวทางการปรับปรุง คือ นักเรียนบางกลุ่มยกตัวอย่างสถานการณ์โดยเลียนแบบสถานการณ์ตัวอย่าง ผู้วิจัยจึงเสนอแนะว่า ไม่ควรไปคัดลอกมาทั้งหมด ควรนำมาประยุกต์หรือปรับใช้ให้เป็นความคิดของกลุ่มเราเอง

จากผลการจัดการเรียนรู้จากวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 วงจร และปัญหาที่พบในชั้นเรียน ผู้วิจัยสามารถสรุปแนวการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน โดยจำแนกตามบริบทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด

บทบาทครู : ครูผู้สอนควรเลือกหรือออกแบบสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงของนักเรียน เหมาะสมกับวัยหรือระดับชั้นของนักเรียน และมีระดับความยากง่ายที่เหมาะสม โดยครูผู้สอนอาจจะต้องศึกษาตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาเพิ่มเติมจากหนังสือเรียน ตำราหรือแบบฝึกหัดทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อให้ค้นพบและเรียนรู้สถานการณ์ที่หลากหลาย แนวคิดต่าง ๆ ที่สอดคล้องคล้องกับหลักการนับเบื้องต้น รวมทั้งความแปลกใหม่ของสถานการณ์ ความท้าทาย และน่าสนใจ สถานการณ์ปัญหาปลายเปิดควรเป็นปัญหาที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียน ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้รับประโยชน์จากการเรียนรู้และแก้ปัญหา นั้น นอกจากนี้สถานการณ์ปัญหาที่ออกแบบควรมีความกระชับ เข้าใจง่าย และมีภาพประกอบสถานการณ์ก็จะช่วยถ่ายทอดเรื่องราวที่เป็นปัญหาได้เป็นอย่างดี และอาจทำให้นักเรียนไม่รู้สึกกังวลกับปัญหาในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่มีความยากหรือมีเพียงแค่ตัวเลข ซึ่งไม่เกิดการเชื่อมโยงกับปัญหาในชีวิตจริง ครูควรที่จะใช้คำถามที่เป็นคำถามปลายเปิดเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา และที่สำคัญคือไม่ควรแนะแนวทางแก้ปัญหา เฉลยคำตอบ หรือตัดสินว่าถูกผิดทันที ควรที่จะเก็บเฉลยคำตอบไว้บางส่วนเพื่อที่จะนำสู่ขั้นถัดไป

บทบาทนักเรียน : นักเรียนควรให้ความสนใจกับสถานการณ์ปัญหาที่ครูนำเสนอ โดยอาจขีดเขียน เน้นข้อความ หรือขีดเส้นใต้ข้อมูล ข้อเท็จจริง และคำสำคัญลงในใบกิจกรรม เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนขึ้น และพยายามคิดตามว่าจะสามารถใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เรื่องใดในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

บทบาทครู : ครูควรแบ่งนักเรียนเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 – 5 คน เพื่อช่วยกันแก้ปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดข้างต้น ในขั้นนี้ครูควรเน้นให้นักเรียนได้ลงมือทดลอง หรือปฏิบัติ เพื่อให้เข้าใจในเนื้อหามากขึ้น เนื่องจากในการที่จะสร้างความรู้ใหม่นักเรียนควรได้ลงมือปฏิบัติแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริง ในขั้นนี้จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ครูควรที่จะจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่สามารถเป็นตัวช่วยแก่นักเรียนในการแก้ปัญหาและทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเห็นภาพเป็นรูปธรรมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ในขั้นนี้ครูจึงควรอธิบาย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับรายละเอียดของข้อคำถามที่ใช้ในใบกิจกรรมให้ชัดเจนเพื่อที่นักเรียนจะได้ไม่เกิดความสับสน เช่น การระบุประเด็นปัญหา การกำหนดตัวแปร สัญลักษณ์ หรือแผนภาพ เนื่องจากสิ่งเหล่านี้มีความสำคัญในการวางแผนเพื่อแก้ปัญหาและหาคำตอบ จากนั้นครูต้องทำการตรวจสอบการตอบคำถามลงในใบกิจกรรมของนักเรียนถึงวิธีการและคำตอบที่ได้ เพื่อที่ครูและนักเรียนจะได้ช่วยกันสรุปออกมาเป็นความรู้ใหม่และเกิดความเข้าใจตรงกัน ในระหว่างการทำกิจกรรมครูไม่ควรชี้แนะแนวทางการแก้ปัญหา แต่ควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดด้วยตนเอง

บทบาทนักเรียน : นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามและหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหา โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามและอภิปรายถึงข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่มีอยู่ในสถานการณ์ปัญหา รวมทั้งจัดแนวความคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง สอดคล้องและเหมาะสมกับปัญหา เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาและหาคำตอบ

ขั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ

บทบาทครู : ในขั้นตอนนี้หลังจากที่นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาและสร้างข้อสรุปจากผลลัพธ์ที่ได้จากสถานการณ์แล้ว ครูให้นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ไขโจทย์ปัญหา โดยครูให้นักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็น พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งนักเรียนต้องพิจารณาว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ รวมทั้งให้นักเรียนอธิบายความเหมาะสมของวิธีการที่นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกและเขียนลงในใบกิจกรรมที่ครูแจกให้ โดยการตอบคำถามในประเด็นนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนวิธีการและผลลัพธ์ของกลุ่มตนเองกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งแต่ละกลุ่มอาจมีวิธีการแตกต่างกัน แต่ได้ผลลัพธ์เหมือนกัน พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้

นักเรียนได้เปรียบเทียบวิธีการที่ง่ายที่สุด หรือใช้เวลาน้อยที่สุด โดยครูไม่ควรตัดสินทันทีว่าคำตอบที่ได้ถูกหรือผิด แต่ครูควรเลี้ยงที่จะตอบเพราะอยากให้นักเรียนมั่นใจในคำตอบของตนเอง เพื่อให้ทำ ให้แต่ละกลุ่มพยายามหาเหตุผลมาอธิบายเพื่อสนับสนุนวิธีการและคำตอบของตนเอง

บทบาทนักเรียน : นักเรียนจะได้อธิบายวิธีการและคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดและวิธีการแก้ปัญหากับนักเรียนกลุ่มอื่น ตลอดจนได้เปรียบเทียบวิธีการที่ ง่ายที่สุด หรือใช้เวลาน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนกลุ่มที่เกิดความผิดพลาดก็จะสามารถแก้ไข วิธีการของตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากความผิดพลาด ส่วนกลุ่มที่ทำถูกแล้วก็จะได้ฝึก การอธิบายและเพิ่มความมั่นใจให้กับคำตอบของตนเอง ซึ่งนักเรียนจะต้องนำสิ่งเหล่านี้ไปตอบ คำถามในใบกิจกรรม ได้แก่ การอธิบายความเหมาะสมของวิธีการ การบอกความสมเหตุสมผล และการตีความผลลัพธ์กลับไปสู่บริบทของปัญหา

ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

บทบาทครู : ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปเชื่อมโยงแนวคิดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนจาก การทำใบกิจกรรม จนได้ข้อสรุป ความรู้ใหม่ และวิธีการที่ง่ายที่สุด หรือใช้เวลาน้อยที่สุด เพื่อ อธิบายความเหมาะสมของวิธีการ บอกความสมเหตุสมผล และตีความผลลัพธ์กลับไปสู่บริบทของ ปัญหา จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรมโดยใช้ความรู้ใหม่เพื่อเป็นการตรวจสอบ ความเข้าใจ และให้นักเรียนออกมาเฉลยคำตอบจากการทำใบกิจกรรม โดยให้นักเรียนกลุ่มอื่นร่วม แสดงความคิดเห็นพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง และครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์ จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปความรู้ใหม่ที่ได้รับ พร้อมทั้งยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ ต้องใช้ความรู้ในเรื่องนั้น

บทบาทนักเรียน : นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ใหม่ และสร้างสถานการณ์ สถานการณ์ในบริบทใหม่ที่จะต้องใช้ความรู้ใหม่ในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงความเหมาะสมของ วิธีการ และความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ในบริบทของปัญหา และนำความรู้ใหม่ที่ได้มาใช้ แก้ปัญหาของสถานการณ์ในบริบทใหม่

ตอนที่ 2 ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนแบบ

เป็นรายกลุ่ม ระหว่างการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ได้แก่ วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง หลักการบวกและหลักการคูณ วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด และวงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด โดยมีประเด็นการบันทึกการสังเกตพฤติกรรมความรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนจากใบกิจกรรมนักเรียนใน 3 กระบวนการ ได้แก่ 1) การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ 2) การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา 3) การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์มี 3 ระดับ คือ ดี พอใช้ และควรปรับปรุง โดยแต่ละกระบวนการมีรายละเอียด ดังตาราง 15

ตาราง 15 แสดงจำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ	จำนวนกลุ่มนักเรียน (ร้อยละ)								
	วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2			วงจรปฏิบัติการที่ 3		
	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
1	0 (0.00)	3 (100.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	3 (100.00)	0 (0.00)	3 (100.00)	0 (0.00)	0 (0.00)
2	1 (33.33)	2 (66.67)	0 (0.00)	2 (66.67)	1 (33.33)	0 (0.00)	3 (100.00)	0 (0.00)	0 (0.00)
3	1 (33.33)	2 (66.67)	0 (0.00)	3 (100.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	3 (100.00)	0 (0.00)	0 (0.00)

จากตาราง 15 เป็นการแสดงกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการ จากการเก็บข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียน พบว่า หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดในแต่ละวงจรปฏิบัติการแล้วไม่มีนักเรียนกลุ่มใดอยู่ในระดับควรปรับปรุง โดยระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในทุกกระบวนการ (ผลคะแนนของใบกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการแสดงในภาคผนวก จ) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ระหว่างวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 การพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในแต่ละกระบวนการของนักเรียนแต่ละกลุ่มอยู่ในระดับที่ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่เมื่อพิจารณาในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า มีความแตกต่างของระดับการ

รู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใน วงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาโดยลงมือทำในใบกิจกรรมที่ ผู้วิจัยแจกให้เพียงอย่างเดียว แต่ในใบวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้แจกอุปกรณ์ประกอบการคิดแก่นักเรียน ทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงจึงเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น กล่าวได้ว่าเมื่อจบวงจรปฏิบัติการที่ 3 แล้วนักเรียนส่วนใหญ่มีการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ทั้ง 3 กระบวนการ อยู่ในระดับดี โดยมีรายละเอียดในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ดังต่อไปนี้

1.1 วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง หลักการบวกและหลักการคูณ การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสามารถในการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ได้แก่ การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น และการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน จากการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนบางกลุ่มไม่เข้าใจในคำถาม ในขณะที่เดียวกันนักเรียนหลาย ๆ กลุ่มสามารถระบุปัญหาได้หลังจากที่อ่านสถานการณ์และปรึกษากับสมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่มเสร็จแล้ว โดยนักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาได้ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจนโดยระบุประเด็นปัญหาตามที่สถานการณ์ได้กำหนดมาให้เท่านั้น เห็นได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรม ดังภาพ 10

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร (การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์)
จะถามว่าถเลือกอาหารว่างซึ่งประกอบด้วยขนมเค้กได้ไม่เกิน 1 ชิ้น และน้ำ
ผลไม้ได้ไม่เกิน 1 ถ้วย ได้ทั้งหมดกี่แพะ

ภาพ 10 แสดงการระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่ม 2 ในใบกิจกรรมที่ 1

ในส่วนการนำเสนอปัญหาสถานการณ์โดยใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ แผนภาพให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถใช้การระบุตัวแปร สัญลักษณ์ หรือแผนภาพทางคณิตศาสตร์แทนสถานการณ์ปัญหาได้ แต่ยังคงมีนักเรียนบางกลุ่มที่สับสนระหว่างตัวแปรทางคณิตศาสตร์กับตัวแปรทางวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนได้ทำการแก้ไขหลังจากการอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ เห็นได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรม ดังภาพ 11

2. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่าย (การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์)

อ แทน เคาน์เตอร์ ซ แทน เด็กที่ดูโทรทัศน์
 ท แทน เด็กที่ไปโรงเรียน จ แทน น้ำดื่ม
 ฉ แทน น้ำส้ม ฝ แทน น้ำผลไม้
 ร แทน น้ำยาล้างจาน

ภาพ 11 แสดงการกำหนดตัวแปรของนักเรียนกลุ่ม 1 ในใบกิจกรรมที่ 1

หลังจากเสร็จใบกิจกรรมที่ 1 อาหารว่างของชมพู่ ผู้วิจัยได้ให้ใบกิจกรรมที่ 2 การเดินทางของทินกร ให้นักเรียนทำ พบว่า นักเรียนสามารถระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและระบุตัวแปรที่สำคัญ ทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย โดยการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือแสดงแทนด้วยตัวแปรสัญลักษณ์ หรือแผนภาพทางคณิตศาสตร์ ได้ดีขึ้น

การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสามารถในการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา ได้แก่ การนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา การนำหลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน และการสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด พบว่า นักเรียนบางกลุ่มสามารถระบุวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้ แต่ไม่สามารถนำมาใช้ในการหาคำตอบได้ นักเรียนบางกลุ่มสามารถคิดวิธีการในการแก้ปัญหาได้หลายวิธี และเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เห็นได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรม ดังภาพ 12

3. ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวสามารถวิธีการทางคณิตศาสตร์ใหม่มาใช้ในการแก้ปัญหาได้บ้าง (การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา)

เขียนภาพต้นไม้ ตารางแจกแจง กังขี้ย่นแจกแจง

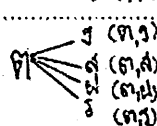
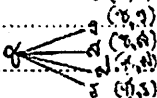
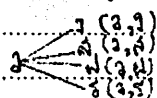
4. จงแสดงวิธีการแก้ปัญหา (การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา)

กรณีไม่เลือกขนมเลย { }

กรณีเลือกขนมส่วเดียว

ฉ, ช, ค, ง, ล, ผ, ร

กรณีเลือกห้ด



∴ จะเลือกขนมอาหารว่างได้ 20 แบบ

ภาพ 12 แสดงการระบุวิธีการและการนำมาใช้ของนักเรียนกลุ่ม 1 ในใบกิจกรรมที่ 1

จากภาพ 12 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถกำหนดวิธีการแก้ปัญหาได้ 3 วิธี และเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม แต่เขียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาอย่างรวบรัด จากการสอบถาม พบว่า นักเรียนไม่ถนัดในการเขียนอธิบาย ซึ่งทำให้ทราบว่า นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธี และมีความสามารถในการเลือกใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสามารถในการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริง การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง และการอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนแต่ละกลุ่มในใบกิจกรรมที่ 1 จากคำถามทั้ง 3 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบายพร้อมให้เหตุผลประกอบ

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“สมเหตุสมผล เพราะสามารถเขียนแจกแจงได้ครบทุกกรณีที่จะเลือกหยิบอาหารว่าง” (นักเรียนกลุ่ม 1, ใบกิจกรรมที่ 1, 27 มกราคม 2563)

“สมเหตุสมผล เพราะหาคำตอบไปครบทุกรูปแบบ ถูกต้อง และตรงตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด” (นักเรียนกลุ่ม 3, ใบกิจกรรมที่ 1, 27 มกราคม 2563)

2. นักเรียนคิดว่าวิธีการที่นักเรียนเลือกใช้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“สมเหตุสมผล เพราะเป็นวิธีที่คิดสั้น ๆ ง่าย ๆ และได้คำตอบถูกต้องครบทุกกรณี” (นักเรียนกลุ่ม 1, ใบกิจกรรมที่ 1, 27 มกราคม 2563)

“สมเหตุสมผล เพราะง่ายต่อการหาคำตอบและสะดวกกว่าวิธีอื่น ๆ” (นักเรียนกลุ่ม 3, ใบกิจกรรมที่ 1, 27 มกราคม 2563)

3. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมกับบริบทของปัญหาหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“เหมาะสม เพราะในชีวิตจริงแล้วเราอาจเลือกหยิบอาหารว่างตามที่เรชอบกินกินอย่างเดียว หรือไม่กินเลยก็ได้” (นักเรียนกลุ่ม 1, ใบกิจกรรมที่ 1, 27 มกราคม 2563)

“เหมาะสม เพราะคนเราเลือกหยิบกินเค้กหรือน้ำผลไม้ตามที่เรชอบ อาจจะชอบสองอย่าง อย่างเดียว หรือไม่ชอบเลย” (นักเรียนกลุ่ม 3, ใบกิจกรรมที่ 1, 27 มกราคม 2563)

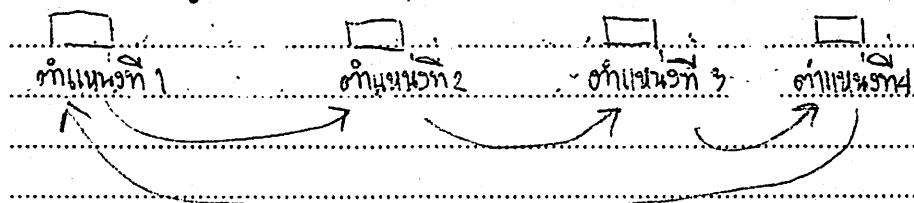
จากการสังเกต พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยกับการอธิบายหรือให้เหตุผลประกอบกับนักเรียนไม่เข้าใจในประเด็นคำถาม ในระหว่างการทำกิจกรรมผู้วิจัยจึงได้ทำการอธิบายพร้อมทั้งยกตัวอย่าง จึงทำให้นักเรียนสามารถให้อธิบายและให้เหตุผลได้

1.2 วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด

การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า ในกิจกรรมเรื่องรหัสปลดล็อกหน้าจอ นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ได้เนื่องจากสถานการณ์ได้กำหนดไว้อย่างชัดเจน และสามารถนำเสนอสถานการณ์โดยใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ หรือแผนภาพให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้ เห็นได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรม

2. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่าย (การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์)



ภาพ 13 แสดงการกำหนดตัวแปรของนักเรียนกลุ่ม 1 ในใบกิจกรรมที่ 3

จากภาพ 13 ผู้วิจัยถามนักเรียนกลุ่มนี้ว่า ทำไมถึงเลือกใช้แผนภาพ นักเรียนตอบว่า “ทำให้เห็นภาพชัดเจนดีครับ” (นักเรียนกลุ่ม 1, แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้, 5 กุมภาพันธ์ 2563) แสดงให้เห็นว่า หลังจากที่นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์แล้ว นักเรียนสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพ เพื่อให้เข้าใจอยู่ในรูปอย่างง่ายได้

หลังจากเสร็จสิ้นใบกิจกรรมที่ 3 ผู้วิจัยได้ให้ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB แก่ นักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ และกำหนดตัวแปรหรือแผนภาพได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

1. การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริง

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

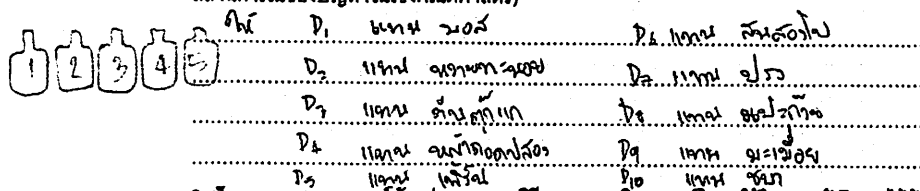
“ตัวอย่างพีช 10 Division นักชีววิทยาต้องการตัวอย่างพืชของแต่ละ Division บนชั้นวาง 1 ชั้น สำหรับจัดแสดงในตู้โชว์ โดย 1 ชั้น สามารถวางได้เพียง 5 โหล นักชีววิทยาจะมีวิธีการวางตัวอย่างพืชแต่ละ Division ได้กี่แบบ” (นักเรียนกลุ่ม 1, ใบกิจกรรมที่ 4, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

“ตัวอย่างพืช 10 ชนิด นำมาจัดเรียงได้แค่ 5 ชนิด จะจัดเรียงได้กี่แบบ” (นักเรียนกลุ่ม 3, ใบกิจกรรมที่ 4, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

จากการเขียนอธิบายลงในใบกิจกรรม พบว่า นักเรียนมีวิธีการอธิบายต่างกัน แต่เมื่อได้สอบถามนักเรียนแต่ละกลุ่มพบว่า ได้ข้อสรุปเดียวกันกับตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มข้างต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความเข้าใจในสถานการณ์ที่กำหนด

2. การนำเสนอสถานการณ์โดยใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ หรือแผนภาพให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เห็นได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรม แสดงดังภาพ 14

2. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่าย (การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์)



ภาพ 14 แสดงการกำหนดตัวแปรและแผนภาพของนักเรียนกลุ่ม 2 ในใบกิจกรรมที่ 4

จากภาพ 14 จะเห็นว่า นักเรียนมีวิธีการกำหนดตัวแปรและแสดงแผนภาพ เพื่อให้เข้าใจสถานการณ์ได้ง่ายขึ้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถกำหนดตัวแปรและเขียนแผนภาพเพื่อนำเสนอสถานการณ์ให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้

การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา

ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด นักเรียนจะได้ทำกิจกรรมจากสถานการณ์ปัญหาในบริบทชีวิตจริงทั้งหมด 2 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อคหน้าจอ และกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB จากการสังเกต พบว่า นักเรียนสามารถที่จะระบุวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาและสามารถนำวิธีการนั้นไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ ตัวอย่างเช่น ในใบกิจกรรมที่ 4 นักเรียนกลุ่มที่ 3 ระบุว่า สามารถใช้หลักการคูณหรือการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งในการแสดงวิธีการแก้ปัญหานักเรียนกลุ่มนี้ได้เลือกการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดในการหาคำตอบ เห็นได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรม ดังภาพ 15

4. จงแสดงวิธีการแก้ปัญหา (การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา)

สิ่งของ 10 อย่าง เลือกมาเรียง 5 อย่าง

$$P_{n,r} = \frac{n!}{(n-r)!}$$

$$P_{10,5} = \frac{10!}{(10-5)!} = \frac{10!}{5!} = \frac{10 \times 9 \times 8 \times 7 \times 6 \times 5!}{5!}$$

$$= 10 \times 9 \times 8 \times 7 \times 6$$

$$= 30,240$$

∴ จำนวนวิธีที่จะมีวิธีเรียงสับเปลี่ยน 30,240 วิธี

ภาพ 15 แสดงวิธีการแก้ปัญหานักเรียนกลุ่มที่ 3 ในใบกิจกรรมที่ 4

จากภาพ 15 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถนำกฎเกณฑ์ และขั้นตอนทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้ แต่มีนักเรียนบางกลุ่มใช้หลักการคูณในการแก้ปัญหาซึ่งได้คำตอบเหมือนกัน ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามนักเรียนกลุ่มที่ใช้หลักการคูณ พบว่า นักเรียนกลุ่มนี้มีความเข้าใจเรื่องการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดดี จึงสามารถใช้หลักการคูณในการแก้ปัญหาได้เพราะสะดวกกว่าการใช้การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดในการแก้ปัญหา

การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสามารถในการการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนแต่ละกลุ่มในใบกิจกรรมที่ 3 จากคำถามทั้ง 3 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบายพร้อมให้เหตุผลประกอบ

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“สมเหตุสมผล เพราะสามารถคำนวณหาวิธีการตั้งรหัสได้ทุกกรณี” (นักเรียนกลุ่ม 1, ใบกิจกรรมที่ 3, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

“สมเหตุสมผล เพราะได้คำตอบครบทุกรูปแบบ และได้คำตอบเท่ากับเพื่อนกลุ่มอื่น” (นักเรียนกลุ่ม 3, ใบกิจกรรม ที่ 3, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

2. นักเรียนคิดว่าวิธีการที่นักเรียนเลือกใช้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“สมเหตุสมผล เพราะแยกหาคำตอบทุกรูปแบบ” (นักเรียนกลุ่ม 2, ใบกิจกรรมที่ 3, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

“สมเหตุสมผล เพราะวิธีการที่ใช้สะดวกในการหาคำตอบ และใช้หลักการแก้ปัญหาได้ถูก” (นักเรียนกลุ่ม 3, ใบกิจกรรมที่ 3, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

3. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมกับบริบทของปัญหาหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“เหมาะสม แต่ในชีวิตจริงควรตั้งรหัสที่ไม่ซ้ำกันเพราะคาดเดายากทำให้ข้อมูลในโทรศัพท์ปลอดภัย” (นักเรียนกลุ่ม 1, ใบกิจกรรมที่ 3, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

“เหมาะสม เพราะหารหัสได้หลายแบบ แต่ควรเลือกใช้รหัสที่ไม่ซ้ำกัน และเป็นรหัสที่จำได้ง่าย” (นักเรียนกลุ่ม 2, ใบกิจกรรมที่ 3, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

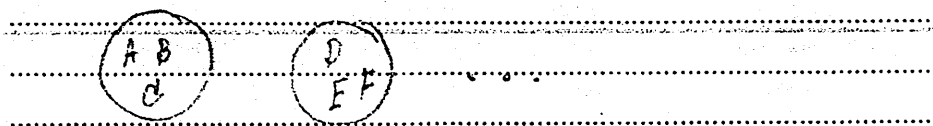
จากการสังเกต พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ สามารถอธิบายความสมเหตุสมผลของวิธีการแก้ปัญหา และสามารถตีความทางคณิตศาสตร์กลับสู่บริบทของปัญหาได้ แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนสามารถบอกความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์และวิธีการแก้ปัญหาได้ แต่ไม่สามารถตีความทางคณิตศาสตร์กลับสู่บริบทของปัญหาได้

1.3 วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสามารถในการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ได้แก่ การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น และการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน สำหรับวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนเรียนรู้จากสถานการณ์ในบริบทชีวิตจริงจากใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง พื้นที่ทำความสะอาด พบว่า นักเรียนทุกกลุ่มสามารถระบุปัญหาทางคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ที่กำหนดได้ และสามารถนำเสนอสถานการณ์โดยใช้ตัวแปรสัญลักษณ์ หรือแผนภาพให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้ เห็นได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรม ดังภาพ 16

2. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่าย (การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์)

ให้นักเรียน ทั้ง 10 คน แทนด้วย A, B, C, ..., J



ภาพที่ 16 แสดงการกำหนดตัวแปรและแผนภาพของนักเรียนกลุ่ม 1 ในใบกิจกรรมที่ 5

จากภาพ 16 เมื่อนักเรียนมีความเข้าใจในสถานการณ์ นักเรียนก็สามารถกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้อง หรือเขียนแสดงเป็นแผนภาพให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับความถนัดของ

นักเรียนแต่ละกลุ่มว่านักเรียนนัดกำหนดตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือเขียนแสดง
ในรูปแบบของแผนภาพ

หลังจากเสร็จสิ้นใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง พื้นที่ทำความเข้าใจ ผู้วิจัยได้ให้ใบกิจกรรม
ที่ 6 เรื่อง ร้านผลไม้ แก่นักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์จาก
ปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้องครบถ้วนหรือนำเสนอสถานการณ์โดยใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ หรือ
แผนภาพให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้อย่างถูกต้อง เห็นได้จากการตอบคำถามของนักเรียนใน
ใบกิจกรรม ดังภาพ 17

2. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่าย (การคิด
สถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์)

ส	แทน	มะม่วง	ค	แทน	ฝรั่ง
ช	แทน	ส้ม	ด	แทน	แอปเปิ้ล
ต	แทน	สับปะรด			
ถ	แทน	กล้วย			

ภาพ 17 แสดงการกำหนดตัวแปรของนักเรียนกลุ่ม 3 ในใบกิจกรรมที่ 6

การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา

ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด นักเรียน
จะได้ทำกิจกรรมจากสถานการณ์ปัญหาในบริบทชีวิตจริงทั้งหมด 2 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 5
เรื่อง พื้นที่ทำความเข้าใจ และกิจกรรมที่ 6 เรื่อง ร้านผลไม้ สำหรับกิจกรรมพื้นที่ทำความเข้าใจ
จากการสังเกต พบว่า เลือกวิธีการแจกแจง เนื่องจากในกิจกรรมนี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนได้ลองจับกลุ่ม
กันเองเพื่อประกอบการคิดแล้วจดบันทึกวิธีการจับกลุ่ม ดังนั้นนักเรียนจึงเลือกที่จะทำการบันทึก
โดยการแจกแจงแต่ละรูปแบบ เพื่อหาคำตอบ ซึ่งผู้วิจัย พบว่า นักเรียนให้ความสนใจในการทดลอง
จับกลุ่มเป็นอย่างมาก จากการสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับการทดลองจับกลุ่ม พบว่า นักเรียน
สามารถมองเห็นภาพได้ง่าย และสามารถสังเกตรูปแบบจนทำให้เกิดความรู้เกี่ยวกับการจัดหมู่ของ
สิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดได้

ในส่วนของใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง ร้านผลไม้ พบว่า นักเรียนทุกกลุ่มเลือกใช้วิธีการ
จัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดในการแก้ปัญหา เห็นได้จากการตอบคำถามของนักเรียนใน
ใบกิจกรรม ดังภาพ 18

4. จงแสดงวิธีการแก้ปัญหา (การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา)

วิธี 1 ใช้หลักคิด 1 อย่างได้ 3 อย่าง

กรณี 1 ใช้หลักคิด 1 อย่างได้ 6

กรณี 2 ใช้หลักคิด 2 อย่างได้

$$C_{6,2} = \frac{6!}{4!2!} = \frac{6 \times 5 \times 4!}{4!2} = 15 \text{ แบบ}$$

กรณี 3 ใช้หลักคิด 3 อย่าง

$$C_{6,3} = \frac{6!}{3!3!} = \frac{6 \times 5 \times 4}{3 \times 2 \times 1} = 20 \text{ แบบ}$$

∴ ทั้งหมดแล้ววิธีใช้หลักคิดได้ 41 แบบ

ภาพ 18 แสดงวิธีการแก้ปัญหานักเรียนกลุ่มที่ 1 ในใบกิจกรรมที่ 6

จากภาพที่ 18 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา และนำหลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน นำไปสู่การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสามารถในการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนแต่ละกลุ่มในใบกิจกรรมที่ 5 จากคำถามทั้ง 3 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบายพร้อมให้เหตุผลประกอบ

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“สมเหตุสมผล เพราะสามารถคำนวณหาวิธีการจัดกลุ่มได้ทุกวิธีได้ทุกกรณี”

(นักเรียนกลุ่ม 2, ใบกิจกรรมที่ 6, 24 กุมภาพันธ์ 2563)

“สมเหตุสมผล เพราะผลลัพธ์ที่ได้มาจากการคำนวณโดยใช้วิธีการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด” (นักเรียนกลุ่ม 3, ใบกิจกรรมที่ 6, 24 กุมภาพันธ์ 2563)

2. นักเรียนคิดว่าวิธีการที่นักเรียนเลือกใช้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบายพร้อมให้เหตุผลประกอบ

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“สมเหตุสมผล เพราะแยกหาคำตอบทุกกรณี” (นักเรียนกลุ่ม 1, ใบกิจกรรมที่ 6, 24 กุมภาพันธ์ 2563)

“สมเหตุสมผล เพราะง่ายต่อการหาคำตอบและสะดวกกว่าวิธีอื่น และทำให้ได้คำตอบครบทุกกรณี” (นักเรียนกลุ่ม 2, ใบกิจกรรมที่ 6, 24 กุมภาพันธ์ 2563)

3. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมกับบริบทของปัญหาหรือไม่อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“เหมาะสมกับบริบท เพราะสามารถใส่เพศชายได้หลายแบบตามที่ลูกค้าชอบ” (นักเรียนกลุ่ม 1, ใบกิจกรรมที่ 1, 24 กุมภาพันธ์ 2563)

“เหมาะสมกับบริบท เพราะมีการเลือกวิธีแก้ปัญหาคำตอบที่เหมาะสมและตรงกับสิ่งที่ปัญหาต้องการ” (นักเรียนกลุ่ม 3, ใบกิจกรรมที่ 6, 24 กุมภาพันธ์ 2563)

จากการสังเกต พบว่า พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ สามารถอธิบายความสมเหตุสมผลของวิธีการแก้ปัญหา และสามารถตีความทางคณิตศาสตร์กลับสู่บริบทของปัญหาได้ แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนยังอธิบายได้ไม่ค่อยเหมาะสม

2. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 3 กระบวนการ ได้แก่ 1) การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ 2) การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา 3) การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียด ดังตาราง 16

ตาราง 16 แสดงจำนวนนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

กระบวนการ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)		
	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
1. การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์	8 (57.14)	6 (42.85)	0 (0.00)
2. การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา	11 (78.57)	2 (14.29)	1 (7.14)
3. การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	7 (50.00)	5 (35.71)	2 (14.29)

จากตาราง 16 นักเรียนส่วนใหญ่มีการรู้เรื่องคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี กล่าวคือ ในด้านการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงตามที่โจทย์กำหนดมาให้ได้ หรือสามารถนำเสนอสถานการณ์ปัญหาโดยใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ หรือแผนภาพให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้ถูกต้อง ด้านการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนสามารถนำกฎหรือสูตรทางคณิตศาสตร์มาใช้หาวิธีการแก้ปัญหาได้ หรือสามารถนำกฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหา และด้านการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนสามารถบอกความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ได้ หรือสามารถบอกความสมเหตุสมผลของวิธีการแก้ปัญหาได้

เมื่อแยกพิจารณาเป็นกระบวนการ ผลจากแบบทดสอบและใบกิจกรรมมีความสอดคล้องกันนั่นคือ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับดี แต่ผลจากแบบทดสอบยังมีนักเรียนบางส่วนที่มีความสามารถด้านการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับควรปรับปรุง ในขณะที่ผลจากใบกิจกรรมนั้น นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถทั้งสองด้านอยู่ในระดับดี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนมีความสามารถดังกล่าวแต่ไม่สามารถแสดงออกทางการเขียนได้อย่างครบถ้วน หรือนักเรียนไม่ชอบเขียนแสดงผลอย่างละเอียดนิยมเขียนสั้น ๆ หรือเข้าใจแต่ไม่เขียนตอบ นักเรียน

มีพื้นฐานในการเรียนรู้ของผู้เรียนแตกต่างกัน และในการทำใบกิจกรรมนักเรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกันในชั้นเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม จึงเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อน แต่ในการทำแบบทดสอบนักเรียนต้องทำด้วยตนเองจึงอาจทำให้นักเรียนไม่สามารถระบุประเด็นปัญหาหรือนำหลักการทางคณิตศาสตร์ไปแก้ปัญหาได้ จึงทำให้ไม่สามารถอธิบายความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์และวิธีการได้อย่างชัดเจน

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องหลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยให้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสุโขทัย โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผน แผนละ 4 ชั่วโมง ใช้เวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง หลักการบวกและหลักการคูณ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ใบกิจกรรมของนักเรียน แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน และแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยมีผลการวิจัย ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผลการวิจัย
3. ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ค้นพบแนวทางที่เหมาะสมในทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้นำเสนอปัญหาปลายเปิดโดยใช้สถานการณ์การเลือกรับประทานอาหารว่าง ซึ่งสอดคล้องกับนักเรียนโดยตรงจึงทำให้นักเรียนเกิดสนใจและกระตือรือร้น

เพราะมีขนมเค้กและน้ำผลไม้เพียงไม่กี่แบบเราสามารถจัดรูปแบบการรับประทานได้อย่างหลากหลาย วงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้นำเสนอปัญหาปลายเปิดโดยใช้สถานการณ์การตั้งรหัสปลดล็อกหน้าจอโทรศัพท์ ซึ่งเป็นเรื่องใกล้ตัวนักเรียนเป็นอย่างมาก เนื่องจากในชีวิตประจำวันนักเรียนจะใช้โทรศัพท์ตั้งแต่ตื่นนอนจนเข้านอน จึงทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและเห็นว่าคุณคิดศาสตร์เป็นเรื่องใกล้ตัว และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้เสนอปัญหาปลายเปิดโดยใช้สถานการณ์การจัดนักเรียนรับผิดชอบพื้นที่ทำความสะอาด ซึ่งปกตินักเรียนจะต้องรับผิดชอบพื้นที่ทำความสะอาดในโรงเรียนซึ่งเป็นเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน

ดังนั้นในขั้นตอนนี้ ครูควรเลือกหรือออกแบบสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงของนักเรียน เหมาะสมกับวัยหรือระดับชั้นของนักเรียน และมีระดับความยากง่ายที่เหมาะสม แปลกใหม่ ความท้าทาย และน่าสนใจ โดยสถานการณ์ปัญหาที่ออกแบบควรมีความกระชับ เข้าใจง่าย และมีภาพประกอบสถานการณ์ก็จะช่วยถ่ายทอดเรื่องราวที่เป็นปัญหาได้เป็นอย่างดี ครูควรที่จะใช้คำถามที่เป็นคำถามปลายเปิดเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา และที่สำคัญคือไม่ควรแนะแนวทางแก้ปัญหา เฉลยคำตอบหรือตัดสินว่าถูกผิดทันที ควรที่จะเก็บเฉลยคำตอบไว้บางส่วนเพื่อที่จะนำสู่ขั้นถัดไป

ขั้นที่ 2 ขั้นเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้แบ่งนักเรียนเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 – 5 คน เพื่อช่วยกันแก้ปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดข้างต้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 สถานการณ์ อาหารว่างของชมพู่พบว่า นักเรียนสามารถใช้การเขียนแผนภาพ ตารางแจกแจงกรณี หรือการเขียนแจกแจงกรณี ในการแก้ปัญหาได้ วงจรปฏิบัติการที่ 2 สถานการณ์ รหัสปลดล็อกหน้าจอ นักเรียนใช้หลักการบวกและหลักการคูณในการแก้ปัญหาและหาคำตอบได้ แต่นักเรียนเกิดความสับสนในการเลือกใช้หลักการบวกและหลักการคูณ ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยให้สถานการณ์ พื้นที่ทำความสะอาด และให้นักเรียนลองจับกลุ่มทดลองตามเงื่อนไขในสถานการณ์พบว่า เมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจะทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

จะเห็นได้ว่า ในขั้นนี้ครูควรเน้นให้นักเรียนได้ลงมือทดลองหรือปฏิบัติ เพื่อให้เข้าใจในเนื้อหามากขึ้น เนื่องจากในการที่จะสร้างความรู้ใหม่นักเรียนควรได้ลงมือปฏิบัติแก้ไขปัญหาคด้วยตนเอง เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริง โดยครูจะต้องจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่สามารถเป็นตัวช่วยแก่นักเรียนในการแก้ปัญหาและทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเห็นภาพเป็นรูปธรรมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จากนั้นครูต้องทำการตรวจสอบการตอบคำถามลงในใบกิจกรรมของนักเรียนถึง

วิธีการและคำตอบที่ได้ เพื่อที่ครูและนักเรียนจะได้ช่วยกันสรุปออกมาเป็นความรู้ใหม่และเกิดความเข้าใจตรงกัน ในระหว่างการทำกิจกรรมครูไม่ควรชี้แนะแนวทางการแก้ปัญหา แต่ควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ

ในขั้นนี้หลังจากที่นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาและสร้างข้อสรุปจากผลลัพธ์ที่ได้จากสถานการณ์แล้ว ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 หลังจากที่นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและคำตอบ นักเรียนจะพยายามถามครูถึงวิธีการและคำตอบที่ถูกต้อง และในวงจรที่ 2-3 เมื่อนักเรียนนำเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหา โดยนักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็นและตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งจะทำให้ นักเรียนกลุ่มที่เกิดความผิดพลาดก็สามารถแก้ไขวิธีการของตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากความผิดพลาด ส่วนกลุ่มที่ทำถูกแล้วก็จะได้ฝึกการอธิบายและเพิ่มความมั่นใจให้กับคำตอบของตนเอง และนักเรียนจะได้พิจารณาว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ รวมทั้งนักเรียนได้อธิบายความเหมาะสมของวิธีการที่นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือก

ดังนั้นในขั้นตอนนี้ครูจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนวิธีการและผลลัพธ์ของกลุ่มตนเองกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งแต่ละกลุ่มอาจมีวิธีการแตกต่างกัน แต่ได้ผลลัพธ์เหมือนกัน โดยครูไม่ควรตัดสินทันทีว่าคำตอบที่ได้ถูกหรือผิด แต่ครูควรเลี้ยงที่จะตอบเพราะอยากให้นักเรียนมั่นใจในคำตอบของตนเอง เพื่อทำให้แต่ละกลุ่มพยายามหาเหตุผลมาอธิบายเพื่อสนับสนุนวิธีการและคำตอบของตนเอง

ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

ในขั้นนี้ นักเรียนจะต้องเชื่อมโยงแนวคิดจนได้ข้อสรุปและเกิดความรู้ใหม่ จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มจะทำใบกิจกรรมโดยใช้ความรู้ใหม่เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจ โดยสถานการณ์ในใบกิจกรรมเป็นปัญหาปลายเปิดที่เกี่ยวข้องกับบริบทในชีวิตประจำวัน จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปความรู้ใหม่ที่ได้รับ พร้อมทั้งยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ต้องใช้ความรู้ในเรื่องนั้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนมีความสับสนระหว่างโจทย์ปัญหาและสถานการณ์ปัญหา นักเรียนบางกลุ่มยกตัวอย่างสถานการณ์โดยเลียนแบบสถานการณ์ตัวอย่างและโจทย์ปัญหาในหนังสือเรียน และนักเรียนบางกลุ่มยังสับสนระหว่างการเลือกใช้หลักการบวกและหลักการคูณในการแก้ปัญหา ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงในวงจรปฏิบัติการที่ 2-3 โดยเน้นการอธิบายและยกตัวอย่างให้ชัดเจนระหว่างโจทย์ปัญหาและสถานการณ์ปัญหา โดยยกตัวอย่างสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันในมุมมองอื่น เพื่อให้เกิดแนวทางการนำไปใช้ที่หลากหลายและแปลกใหม่ และเพิ่มการวิเคราะห์เนื้อหาและสถานการณ์ต่าง ๆ ในบริบทชีวิตจริงก่อนที่จะเริ่มสร้าง

สถานการณ์ พบว่า นักเรียนสามารถสรุปองค์ความรู้และสามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการสร้างสถานการณ์ปัญหาในบริบทใหม่ได้

ดังนั้นในขั้นตอนนี้ครูควรจะเน้นให้นักเรียนร่วมกันสรุปเชื่อมโยงแนวคิดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนจากการทำใบกิจกรรม จนได้ข้อสรุป ความรู้ใหม่ และวิธีการที่ง่ายที่สุด หรือใช้เวลาน้อยที่สุด เพื่ออธิบายความเหมาะสมของวิธีการ บอกความสมเหตุสมผล และตีความผลลัพธ์กลับไปสู่บริบทของปัญหา

2. ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิเคราะห์ความสอดคล้องผลจากใบกิจกรรมของนักเรียนกับผลของแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 กระบวนการ มีรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ผลจากใบกิจกรรมของนักเรียนแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดช่วยส่งเสริมการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ โดยเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของจำนวนกลุ่มนักเรียนที่อยู่ในระดับดี ซึ่งสอดคล้องกับผลจากแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี

2.2 การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา ผลจากใบกิจกรรมของนักเรียนแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดช่วยส่งเสริมการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา โดยเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของจำนวนกลุ่มนักเรียนที่อยู่ในระดับดี ซึ่งสอดคล้องกับผลจากแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับดี แต่ผลจากแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ยังมีนักเรียนบางส่วนที่มีการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับควรปรับปรุง

2.3 การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ ผลจากใบกิจกรรมของนักเรียนแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดช่วยส่งเสริมการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ โดยเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของจำนวนกลุ่มนักเรียนที่อยู่ในระดับดี ซึ่งสอดคล้องกับผลจากแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาอยู่ใน

ระดับดี แต่ผลจากแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ยังมีนักเรียนบางส่วนที่มีการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับควรปรับปรุง

อภิปรายผลการวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ทำให้เข้าใจสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน และได้ทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนและแก้ปัญหา ตลอดจนการออกแบบและสร้างเครื่องมือในการวิจัยโดยผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้จะสังเกตการจัดการเรียนรู้และบันทึกข้อมูลเพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และนำผลที่ได้มาปรับปรุงพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไปให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จนครบทั้งสามวงจร สอดคล้องกับแนวคิดของ ภัทราพร เกษสังข์ (2559) ที่กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการเป็นการศึกษาค้นคว้าหาวิธีการแก้ไขปัญหายังเป็นระบบที่สอดคล้องกับสภาพการปฏิบัติ โดยการนำไปทดลองปฏิบัติจริง พร้อมทั้งสังเกตและสะท้อนผลที่ได้ดำเนินการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตามวงจรพัฒนาจนบรรลุผลสำเร็จตามที่ต้องการ นอกจากนี้ในมุมมองของการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของครู จะเป็นแนวทางการพัฒนาการปฏิบัติงานของครู ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ สุวิมล ว่องวานิช (2555) ที่กล่าวว่า การทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนนับเป็นกระบวนการหนึ่งที่ครูใช้ในการประเมินงานของตนเอง และเป็นกระบวนการสืบเสาะค้นหาแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงานสอน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่เหมาะสมต่อการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด

การนำเสนอสถานการณ์ปลายเปิดในบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับหลักการนับเบื้องต้น จะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในบทเรียนและมีความกระตือรือร้นที่จะทำกิจกรรมถัดไป การสอนโดยใช้สถานการณ์ปัญหาปลายเปิดเป็นวิธีการสอนที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ทางวิชาการกับสภาพปัญหาในชีวิตจริงทำให้นักเรียนสามารถแปลงปัญหาจากสถานการณ์ในชีวิตจริงให้อยู่ในขอบเขตคณิตศาสตร์ และกระตุ้นให้นักเรียนเห็นว่สิ่งที่พวกเขา

เรียนมีความสัมพันธ์กับการดำเนินชีวิตของพวกเขาอย่างไร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อานาจ วิชาพล (2556) ที่กล่าวว่า กิจกรรมที่สร้างขึ้นเป็นเรื่องเกี่ยวกับเรื่องใกล้ตัวหรือชีวิตจริงจึงทำให้นักเรียนมีความสนใจ พร้อมทั้งเห็นคุณค่าของการเรียนคณิตศาสตร์ว่าสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้ นักเรียนได้ร่วมพิจารณาปัญหาให้อยู่ในแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ทำความเข้าใจและสร้างความสัมพันธ์ระหว่างภาษาของปัญหาในชีวิตจริงกับภาษา สัญลักษณ์ หรือแผนภาพในทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นเรื่องที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เคยได้เรียนรู้มาก่อน การเลือกใช้ประเด็นคำถามที่มีความเหมาะสมของครูจึงมีความสำคัญกับกระบวนการคิดที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถพิจารณาปัญหาโดยระบุนเงื่อนไขที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาได้อย่างครบถ้วนและถูกต้อง ซึ่งนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหาต่อไป สอดคล้องกับแนวคิดของ อัมพร ม้าคนอง (2554) ที่กล่าวว่า การใช้คำถามของครูผู้สอนมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการคิดและการมีส่วนร่วมของนักเรียนในชั้นเรียน บางครั้งเมื่อนักเรียนตอบคำถามหรือคิดไม่ได้ แต่ผู้สอนช่วยเหลือด้วยการแนะ หรือตั้งคำถามใหม่ที่ง่ายกว่า หรือเป็นคำถามที่นักเรียนสามารถคิดได้ นักเรียนจะค่อย ๆ ตอบได้ และอาจนำไปสู่การแก้ปัญหาสุดท้ายที่ต้องการได้

ขั้นที่ 2 ขั้นเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

การเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันระดมสมอง อภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหา หรือประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องภายในกลุ่ม จะช่วยให้นักเรียนสามารถระบุนแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย ทำให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องหลักการนับเบื้องต้น การเขียนตัวแปร สัญลักษณ์ และแผนภาพทางคณิตศาสตร์ในการแสดงแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับแนวคิดของ วัชรา เก่าเรียนดี (2555) ที่กล่าวว่า เทคนิคระดมสมองเป็นวิธีการฝึกการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการกลุ่มเพื่อให้นักเรียนคิดวิธีการแก้ปัญหาได้มากที่สุดแล้วเลือกเอาวิธีที่ดีที่สุดไปแก้ปัญหาโดยใช้ทางเลือกหลากหลายวิธีหรือหลากหลายแนวคิด นักเรียนเลือกใช้หรือวิธีการแก้ปัญหาโดยครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนภายในกลุ่มร่วมกันพิจารณาให้ความเห็น สนับสนุน โต้แย้งและตัดสินใจเลือกแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดและเหมาะสมกับสถานการณ์ ดังนั้นการที่ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนภายในกลุ่มได้แสดงเหตุผลในการพิจารณาเลือกแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหา จะช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหา หาแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหา จนสามารถแสดงการแก้ปัญหาและหาคำตอบของปัญหาได้อย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล สอดคล้องกับแนวคิดของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ค) ที่กล่าวว่า การให้เหตุผลเป็นทักษะและกระบวนการที่ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล คิดอย่างเป็นระบบ สามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและ

สถานการณ์ได้อย่างดีถ้วนรอบคอบ สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม นอกจากนี้การร่วมกันคิดเป็นกลุ่มจะส่งเสริมประสิทธิภาพที่สูงกว่าการคิดคนเดียว สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544) ที่กล่าวว่า เมื่อนักเรียนได้คิดและเสนอความคิดของตนเองอย่างอิสระภายในกลุ่มแล้ว จะทำให้นักเรียนมีความกล้าที่จะแสดงความคิด การร่วมกันคิดและทำงานเป็นคู่หรือเป็นกลุ่ม จะทำให้นักเรียนเห็นแนวทางในการแก้ปัญหาและมีประสิทธิภาพกว่าให้นักเรียนทำงานคนเดียว ด้วยเหตุนี้จึงทำให้กิจกรรมกลุ่มสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้

ขั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ

การนำเสนอหน้าชั้นเรียนมุ่งเน้นให้นักเรียนนำเสนอและอธิบายผลการแก้ปัญหาจากแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง ซึ่งจะพบแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่มีความหลากหลายจากกลุ่มของนักเรียนทั้งชั้นเรียน นอกจากนี้เพื่อนในชั้นเรียนจะได้เรียนรู้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตนเอง โดยร่วมกันอภิปราย สนับสนุน โต้แย้ง และเชื่อมโยงปัญหาทางคณิตศาสตร์สู่สถานการณ์ในชีวิตจริงได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปรายหรือการเขียนแลกเปลี่ยนความรู้หรือความคิดเห็น ถ่ายทอดประสบการณ์ซึ่งกันและกัน ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น จะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีความหมายและเข้าใจได้อย่างกว้างขวาง ลึกซึ้ง และจดจำได้นานขึ้น การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายวิธีการ หรือแนวคิดเพื่อที่จะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและแนะวิธีแก้ปัญหา จะทำให้นักเรียนภายในกลุ่มมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาและมีแรงจูงใจในการทำงานที่สูงขึ้นมากกว่าทำด้วยตนเอง ซึ่งนักเรียนกลุ่มที่เกิดความผิดพลาดก็จะสามารถแก้ไขวิธีการของตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากความผิดพลาด ส่วนกลุ่มที่ทำถูกแล้วก็ได้ฝึกการอธิบายและเพิ่มความมั่นใจให้กับคำตอบของตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรณศิริ หลงรัก (2553) ที่กล่าวว่า กิจกรรมการเรียนรู้จากสถานการณ์ในชีวิตจริงเป็นกิจกรรมแบบร่วมมือให้นักเรียนในกลุ่มมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม เพื่อค้นพบข้อสรุปทำให้นักเรียนต้องนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ที่มีอยู่มาใช้ เกิดการอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นทั้งชั้นเรียน การอภิปรายเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ วิธีการ และข้อคิดเห็นที่ได้มาแก้ปัญหาของสถานการณ์ในบริบทที่กำหนด จะทำให้นักเรียนแสดงความสามารถในการคิดแก้ปัญหา พร้อมทั้งใช้เหตุผลประกอบการแก้ปัญหา โดยการระดมความคิดเพื่อนำมาลงมือปฏิบัติในการแก้สถานการณ์ในชีวิตจริง

ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

การที่นักเรียนได้ร่วมกันสรุปเชื่อมโยงแนวคิดจนได้ความรู้ใหม่และนำความรู้ใหม่ที่ได้มาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันในบริบทใหม่ เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหา และตรวจสอบการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาของนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ จินดา พรหมณัฐ (2553) ที่กล่าวว่า ครูควรนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันในบริบทใหม่ เพื่อกระตุ้นนักเรียนให้มีการประยุกต์ใช้ความรู้ โดยครูจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้มีการประยุกต์ใช้ความรู้ หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์อื่น ๆ และนักเรียนได้นำความรู้ที่ได้รับมาเขียนสรุปความรู้และสร้างเป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันในบริบทใหม่ที่ต้องใช้ความรู้ใหม่ที่ได้ในการแก้ปัญหา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gilbert (2006) ที่กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้ควรส่งเสริมให้นักเรียนได้มีการประยุกต์ใช้ความรู้หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์อื่น ๆ หรือการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวันของนักเรียน นักเรียนจะต้องสะท้อนคิดในสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้ของครูว่าได้ความรู้หรือประสบการณ์อย่างไร และสามารถนำความรู้ไปใช้ในอนาคตได้อย่างไร

2. ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากการวิเคราะห์การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนจากการตอบคำถามในใบกิจกรรม และแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้อภิปรายผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดจำแนกตามองค์ประกอบรายด้านของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ดังนี้

2.1 การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดจะเกิดขึ้นในขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด และขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีระดับการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์จากการทำใบกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถดังกล่าวในการทำแบบทดสอบอยู่ในระดับดีขึ้นไป เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ให้สถานการณ์ปัญหาปลายเปิดที่มีอยู่ในชีวิตจริงของนักเรียน เช่น สถานการณ์การเลือกรับประทานอาหารว่าง สถานการณ์รหัสปลดล็อกหน้าจอโทรศัพท์ เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาที่ได้แล้วนักเรียนจะต้องคิดให้ได้ว่า ปัญหาคืออะไร เงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้คืออะไร จากนั้นนำสิ่งที่ได้มาทำการกำหนดตัวแปรหรือเขียนแสดงแผนภาพเพื่อทำให้เข้าใจสถานการณ์ได้ง่ายขึ้น ซึ่งกิจกรรมในขั้นตอนเหล่านี้ทำให้นักเรียนสามารถที่จะระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริงตามที่โจทย์กำหนดมาให้ได้ หรือสามารถนำเสนอ

สถานการณ์โดยใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ และแผนภาพทางคณิตศาสตร์เพื่อให้สถานการณ์อยู่ในรูปอย่างง่ายและง่ายต่อการเข้าใจได้ถูกต้อง กล่าวคือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ หรือประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ปลายเปิดที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันในบริบทที่หลากหลาย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รุ่งทิภา บุญมาโต และคณะ (2560) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยการกำหนดสถานการณ์ปัญหาจากบริบทใกล้ตัวนักเรียนจะทำให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ถึงการนำคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

2.2 การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา จะเกิดขึ้นในขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเอง พบว่า นักเรียนมีระดับการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาจากการทำใบกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถดังกล่าวในการทำแบบทดสอบอยู่ในระดับระดับดีขึ้น แต่ยังมีนักเรียนคนที่ไม่สามารถใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้ อาจเป็นเพราะสถานการณ์ในแบบทดสอบมีระดับความยากง่ายที่แตกต่างกันโดยนักเรียนจำเป็นต้องใช้ความรู้พื้นฐานในเรื่องหลักการบวกและหลักการคูณ การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด และการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด ในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและแก้ปัญหา ซึ่งในการทำแบบทดสอบนักเรียนต้องทำเป็นรายบุคคล แต่ในการจัดการเรียนรู้ นักเรียนจะได้ทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่มในการร่วมกันแก้สถานการณ์ปัญหาปลายเปิดในบริบทต่าง ๆ โดยนักเรียนได้ช่วยกันคิดหาวิธีการที่จะนำไปแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ ซึ่งจะต้องเลือกเพียงวิธีเดียวและนำวิธีที่เลือกมาใช้ในการแก้ปัญหาของสถานการณ์นั้น ๆ จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด พบว่า นักเรียนสามารถนำทฤษฎีบท กฎ นิยาม หรือสูตรทางคณิตศาสตร์มาใช้หาวิธีการแก้ปัญหาได้ หรือสามารถนำกฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธีทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาและได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนน คันธวัตร์ และคณะ (2562) ที่กล่าวว่า บริบทจากสถานการณ์จำลองเป็นประโยชน์สำหรับการกระตุ้นความสามารถของนักเรียนในวิเคราะห์คำถาม จากนั้นจึงเลือกวิธีการเพื่อทำการแก้ปัญหา แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ จะเกิดขึ้นในขั้นที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ และขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน พบว่า นักเรียนมีระดับการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์จากการทำใบกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และใน

การทำแบบทดสอบมีนักเรียนบางคนอยู่ในระดับควรปรับปรุง นั่นอาจแสดงถึงว่านักเรียนมีความสามารถในการตีความแต่ไม่สามารถแสดงออกผ่านการเขียน หรือนักเรียนไม่ชอบเขียนแสดงเหตุผลอย่างละเอียด หรือเข้าใจแต่ไม่เขียนตอบ แต่นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถดังกล่าวในการทำแบบทดสอบอยู่ในระดับดีขึ้นไป เนื่องจากเมื่อนักเรียนได้ดำเนินการมาจนได้ผลลัพธ์แล้ว นักเรียนจะต้องทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้ว่าสอดคล้องกับบริบทหรือไม่ เช่น เมื่อครูให้สถานการณ์รหัสปลดล็อกหน้าจอ ในบริบทส่วนตัว นักเรียนต้องพิจารณาว่าผลลัพธ์ที่นักเรียนได้นั้นตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดหรือไม่ นักเรียนสามารถตรวจสอบโดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนกลุ่มอื่น รวมถึงแลกเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาของตนเองกับเพื่อน สอดคล้องกับงานวิจัยของ กมลกานต์ ศรีธิ และคณะ (2561) ที่กล่าวว่า กิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้สถานการณ์ในบริบทใกล้ตัวนักเรียนเป็นกิจกรรมแบบร่วมมือให้นักเรียนในกลุ่มมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ลงมือปฏิบัติกิจกรรม เพื่อค้นพบข้อสรุป เพื่อให้นักเรียนต้องนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ที่มีอยู่มาใช้ในการอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งพบว่า นักเรียนสามารถบอกความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ได้ หรือสามารถบอกความสมเหตุสมผลของวิธีการแก้ปัญหาได้ หรือสามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปสู่บริบทของปัญหาได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้

1.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้สถานการณ์ปัญหาปลายเปิดที่เกี่ยวข้องกับตัวนักเรียน ดังนั้นในแต่ละโรงเรียนอาจมีสถานการณ์ในบริบทที่น่าสนใจแตกต่างกัน หรือมีสถานการณ์ที่น่าสนใจในบางช่วงเวลา ดังนั้นครูจึงควรปรับสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดให้มีลักษณะทั้งวิธีการแก้ปัญหาและผลลัพธ์เปิดหรือหลากหลาย มีเหมาะสมกับบริบทและช่วงเวลา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจมากขึ้น

1.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เป็นกิจกรรมที่เน้นการแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง และเน้นแนวคิดที่หลากหลายในการแก้ปัญหา และพบว่านักเรียนให้ความสนใจกับสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียนมากกว่าสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย ดังนั้นครูควรออกแบบสถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ใกล้ตัวนักเรียน เหมาะสมกับวัย และมีระดับความยากง่ายที่เหมาะสม เพื่อให้ค้นพบและเรียนรู้แนวคิดที่หลากหลายที่สามารถนำไปใช้ได้จริง เกิดความท้าทาย น่าสนใจ และเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในชีวิตจริงหรือสิ่งใกล้ตัวนักเรียน

1.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ครูต้องมีบทบาทสำคัญที่จะนำนักเรียนไปสู่การคิด ทำความเข้าใจปัญหา และแก้ปัญหาได้ โดยเฉพาะการเลือกใช้คำถามกระตุ้นการคิดใน

แต่ละชั้น จะช่วยให้นักเรียนเกิดการคิด การอภิปราย การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการทำงานร่วมกัน จนบรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้

1.4 การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ครูควรเลือกใช้สื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ นอกเหนือจากสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดและใบกิจกรรม เช่น การใช้วีดิทัศน์หรือคลิปวิดีโอ แสดงสถานการณ์ปัญหา การแสดงบทบาทสมมติ เป็นต้น เพื่อดึงดูดความสนใจในการเรียนรู้ให้มากขึ้น

1.5 การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ในการสรุปเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน ครูอาจให้นักเรียนนำเสนอสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยไม่ให้นักเรียนเลียนแบบสถานการณ์ตัวอย่าง ครูควรอธิบายหรือยกตัวอย่างเพิ่มเติมเกี่ยวกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องอย่างหลากหลาย

2. ข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาการใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เพื่อส่งเสริมหรือพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 หรือความสามารถอื่นที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตประจำวันของนักเรียนในยุคปัจจุบัน เพราะจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดจะช่วยให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกัน และเป็นวิธีการที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้เหตุผลประกอบ

2.2 ควรศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่ส่งเสริมหรือพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น ทักษะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ ทักษะการเชื่อมโยง ทักษะการให้เหตุผล ทักษะการคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น เนื่องจากองค์ประกอบของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์กับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน เช่น การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาต้องอาศัยทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ต้องอาศัยทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการให้เหตุผล

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กมลกานต์ ศรีธิ, วรินทร์ สุภาพ และรัชฎา วิริยะพงศ์. (2561). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์, 13(37), 105-118.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. สืบค้นเมื่อ 19 สิงหาคม 2562, จาก www.scimath.org/e-books/8379/8379.pdf
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กฤตญู วิเศษประสิทธิ์ และชมนาด เชื้อสุวรรณทวี. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารวิชาการ Veridian E –Journal, Silpakorn University, 12(2), 1-17
- จินดา พราหมณ์ชู. (2553). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารวิจัย มข., 15(4), 317-330
- เจนสมุทร แสงพันธ์. (2550). การศึกษาการให้เหตุผลทางเรขาคณิต ในการแก้ปัญหาปลายเปิด: เน้นการแก้ปัญหาในกลุ่มย่อย. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2562, จาก dric.nrct.go.th/index.php?/Search/SearchDetail/189661
- ชนน คันธาวัดร์, วรินทร์ สุภาพ และจักรกฤษ กลิ่นเอี่ยม. (2562). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 30(1), 138-152.

- นภาพร วรเนตรสุดาทิพย์ และคณะ. (2552). การศึกษาชั้นเรียน (Lesson study) และวิธีการแบบเปิด (Open approach): กรณีศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น (ศึกษาศาสตร์) ระดับประถม. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 32(2), 76-80.
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2544). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์การศึกษาคณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2562, จาก newtdc.thailis.or.th/docview.aspx?tdcid=290741
- พัชฌายากร บุษสยา. (2559). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา, สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2562, จาก digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/56910187.pdf
- ไพศาล วรคำ. (2552). การวิจัยทางการศึกษา. กอฬลลนร้: ปรระสานการพลมพ.
- ภัทราพร เกษล้งร้. (2559). การวิจัยปฏิบัติการ. กรุงเทพฯ: สำนักพลมพแห่งจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.
- ภลญญาปรว้ร้ แสงกล่า. (2558). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เรขาคณลตน่ารู้ โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อเสริมสร้สร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเจตคตต่อคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. พลษณูโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ไมตรี อินทรประลลลลล. (2547). การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ของญี่ปุ่น. *KKU Journal of Mathematics Education*, 1(1), 1 - 17.
- ไมตรี อินทรประลลลลล. (2552). คู่มือการอบรมเชิงปฏิบัติการโครงการพัฒนาวิชาชีพรูคณิตศาสตร์ด้วยนวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียน (Lesson Study) และวิธีการแบบเปิด (Open Approach). ขอนแก่น: ม.ป.พ.
- รัตนะ บั้วสนร้. (2556). วิจัยเชิงคณูภาพทางการศึกษา. (พลมพครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สำนักพลมพแห่งจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.
- รุ่งทิวา บุญมาโตน. (2560). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์, พลษณูโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

- ลัดดา คีลาน้อย และคณะ. (2548). การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ของแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่างๆ ด้วยนวัตกรรม (Open Approach). ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วรรณศิริ หลงรัก. (2553). ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้านบริบท (Contextual learning) เรื่อง สถิติ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2562, จาก thesis.swu.ac.th/swuthesis/Sec_Ed/Wannasiri_L.pdf
- วัชรภา เล่าเรียนดี. (2555). รูปแบบและกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิด. นครปฐม: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์.
- วิจารณ์ พานิช. (2557). Open approach: วิธีประยุกต์การจัดการเรียนรู้แบบ Active learning สู่อารมณ์ในศตวรรษที่ 21. สืบค้นเมื่อ 6 กันยายน 2562, จาก www.gotoknow.org/posts/568714
- ศศิธร แม่นสงวน. (2555). พฤติกรรมการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ศิริศุภร์ ศิริโชคชัยตระกูล และคณะ. (2554). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open approach) ด้วยนวัตกรรม การศึกษาชั้นเรียน (Lesson study). รายงานการวิจัย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัย ขอนแก่น (ศึกษาศาสตร์) ระดับประถม, ขอนแก่น. สืบค้นเมื่อ 6 กันยายน 2562, จาก www.primary.satit.kku.ac.th/uploads/files/15653209545d4ce6fa9f44d5.18183833.pdf
- สถาบันการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2561). สรุปผลการทดสอบทางการศึกษา ระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2560. สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2562, จาก http://www.newonetestresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/Summary_ONETM6_2560.pdf
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). กรอบโครงสร้างการประเมินผล นักเรียน โครงการ PISA 2009. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555ก). การวัดประเมินผล คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดเคชั่น.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555ข). ผลการประเมิน PISA 2012
คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร. สมุทรปราการ:
บริษัท แอดวานซ์ ฟรินติ้ง เซอร์วิส จำกัด.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555ค). ทักษะและกระบวนการทาง
คณิตศาสตร์. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: 3-คิว มีเดีย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). ผลการประเมิน PISA 2012
คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง (ฉบับ
สมบูรณ์). กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). กรอบโครงสร้างการประเมินผล
นักเรียน โครงการ PISA 2015. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). ผลการประเมิน PISA 2015
วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ความเป็นเลิศและความเท่าเทียมทาง
การศึกษา. กรุงเทพฯ: บริษัท ชัคเซสพับลิเคชั่น จำกัด.
- สุนีย์ เงินยวง. (2546). ปฏิรูปการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ด้วยคำถามปลายเปิด. วารสาร
การศึกษา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี, 31(122), 32-36.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2561). 398513 การวิจัยทางคณิตศาสตร์ศึกษา. พิษณุโลก:
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.
- สุชาดา ปัทมวิภาต. (2557). การประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2015, นิตยสาร
สสวท., 42(188), 35-39.
- สุลัดดา ลอยฟ้า และไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2547). การพัฒนาวิชาชีพครูแนวใหม่เพื่อการ
ส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์. *KKU Journal of Mathematics Education*, 1(1),
18-28.
- อัมพร ม้าคอง. (2554). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การพัฒนาเพื่อ
พัฒนาการ. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคอง. (2557). คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อำนาจ วิชาพล. (2556). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการเชื่อมโยงชีวิตจริง เรื่อง สถิติ
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เบญจมราชาลัย. วารสาร
วิจัยราชภัฏพระนคร, 8(2), 81-88.
- Altun, M. & Bozkur, I. (2017). A New Classification Proposal for Mathematical Literacy
Problems. *Education and Science*, 42(190), 171 – 188.

- Aziza, M. (2018). An Analysis of A Teacher's Questioning Related to Students' Responses and Mathematical Creativity in An Elementary School in The UK. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 10(4), 475 – 487.
- Becker, J. P., & Shimada, S. (1997). *The open-ended approach: A new proposal for teaching mathematics*. Reston: National Council of Teachers of Mathematics.
- Gilbert, J.K. (2006). On the nature of "context" in chemistry education. *International Journal of science Education*, 28(29), 957-976.
- Inprasit, M. (2011). One feature of adaptive lesson Study in Thailand: Designing learning unit. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 34(1), 47-66.
- Kemmis, S., & Mc Taggart, R. (2000). *Participatory action research*. In N. Denzin & Y. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (2nd ed., p.567-605). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Nohda N. (2000). *Teaching by open approach method in japanese mathematics classroom*. In: T. Nakahara & M. Kayama (Eds.). *Proceeding of the 24th International conference for the psychology of mathematics education.1*: p 39- 53.
- Nohda, N. (n.d.). *A study of "open approach" method in school mathematics teaching: Focus on mathematical problem solving activities & emclesh*. Ibaraki: Institute of Education, University of Tsukuba.
- OECD (2018), *PISA for Development Assessment and Analytical Framework: Reading, Mathematics and Science*, OECD Publishing, Paris. Retrieved October 9, 2019, From [dx.doi.org/10.1787/9789264305274-en](https://doi.org/10.1787/9789264305274-en)
- Pehkonen, E. (1997). *Use of open-ended problems in mathematics classroom*. Helsinki: Department of Teacher Education University of Helsinki.
- Viseu, F., & Oliveira, I. B. (2012). Open - ended Tasks in the Promotion of Classroom Communication in Mathematics. *International Electronic Journal of Elementary Education*. 4(2), 287 - 300.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การค้นคว้าอิสระ เรื่อง การพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีรายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษ กลิ่นเยี่ยม
อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร อ่างใสตติสกุล
อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
3. ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษวิชาคณิตศาสตร์
นางปภาดา ปานอยู่
ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
โรงเรียนสุโขทัยวิทยาคม จังหวัดสุโขทัย

ภาคผนวก ข ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการ
แบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตาราง 17 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการ
แบบเปิดที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ผลการประเมิน		
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	\bar{X}	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้						
1.1 สอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้และตัวชี้วัด	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	มากที่สุด
1.3 ครอบคลุมด้านความรู้	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	มากที่สุด
1.4 ครอบคลุมด้านทักษะ กระบวนการ	4.67	5.00	5.00	5.00	0.19	มากที่สุด
1.5 ครอบคลุมคุณลักษณะ อันพึงประสงค์	4.33	4.33	4.33	4.33	0.58	มาก
1.6 ครอบคลุมการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	มากที่สุด
	ค่าเฉลี่ย			4.89	0.13	มากที่สุด
2. ด้านสาระสำคัญ						
2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 มีความถูกต้อง	5.00	4.67	4.67	4.78	0.39	มากที่สุด
2.3 เหมาะสมกับเวลา	4.00	4.00	4.00	4.00	0.00	มาก
	ค่าเฉลี่ย			4.59	0.13	มากที่สุด

ตาราง 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ผลการประเมิน		
	แผนที่	แผนที่	แผนที่	\bar{X}	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
	1	2	3			
3. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้						
3.1 กิจกรรมการมีขั้นตอน สอดคล้องกับวิธีการ แบบเปิด	4.67	4.67	4.67	4.67	0.58	มากที่สุด
3.2 ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด การเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์	4.67	4.67	4.67	4.67	0.58	มากที่สุด
3.3 กิจกรรมมีความเหมาะสม กับเวลา	4.00	4.33	4.33	4.22	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ย				4.52	0.58	มากที่สุด
4. ด้านใบกิจกรรม						
4.1 ใบกิจกรรมเป็น สถานการณ์เปิด	4.67	4.67	4.67	4.67	0.58	มากที่สุด
4.2 ใบกิจกรรมสอดคล้องกับ วิธีการแบบเปิด	4.67	4.67	4.67	4.67	0.58	มากที่สุด
4.3 ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด การเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์	4.67	4.67	4.67	4.67	0.58	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย				4.67	0.58	มากที่สุด
5. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้						
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	4.67	4.67	4.67	4.67	0.58	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	4.33	4.33	4.33	4.33	0.58	มาก
5.3 สอดคล้องกับกิจกรรม การเรียนรู้	4.33	4.33	4.33	4.33	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ย				4.44	0.58	มาก

ตาราง 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ผลการประเมิน		
	แผนที่	แผนที่	แผนที่	\bar{X}	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
	1	2	3			
6. ด้านการวัดและประเมินผล						
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	4.67	4.67	4.67	4.67	0.58	มากที่สุด
6.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	4.67	4.67	4.67	4.67	0.58	มากที่สุด
6.3 ใช้เครื่องมือวัดและ ประเมินผลได้ถูกต้อง	4.33	4.33	4.33	4.33	0.58	มาก
6.4 สอดคล้องกับเกณฑ์ การประเมิน	4.00	4.00	4.00	4.00	1.00	มาก
	ค่าเฉลี่ย			4.42	0.69	มาก
	ค่าเฉลี่ยของทุกด้าน			4.58	0.49	มากที่สุด

ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไขและพัฒนา

1. สถานการณ์ไปกิจกรรมควรให้มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ในชีวิตจริงมากกว่านี้
2. ควรเน้นให้นักเรียนตีความผลลัพธ์กับบริบทของสถานการณ์ว่าควรเลือกใช้ผลลัพธ์ลักษณะใด เพราะเหตุใดจึงเลือกเป็นเช่นนั้น

ภาคผนวก ค ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์
เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตาราง 18 แสดงผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบการรู้เรื่อง
คณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ที่	ชื่อสถานการณ์	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	สรุปผล
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	ร้านอาหาร M&K	1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
2	ห้างสรรพสินค้า Top A	1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
3	ร้านสลัดผัก ของสปาย	1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 18 (ต่อ)

ที่	ชื่อสถานการณ์	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	สรุปผล
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
4	บริษัทเสื้อผ้าดี	1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
5	รหัส ATM	1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
6	ชั้นวางหนังสือ ของก๊อง	1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
7	ตัวอย่างเซลล์	1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 18 (ต่อ)

ที่	ชื่อสถานการณ์	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	สรุปผล
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
		5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
8	หินน้ำรู้	1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
9	กรรมการ ห้องเรียน	1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
10	การท้าทายใน งานเลี้ยง	1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 18 (ต่อ)

ที่	ชื่อสถานการณ์	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	สรุปผล
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
11	การแข่งขัน ฟุตบอล	1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
12	ข้อสอบของ ครูไสว	1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไขและพัฒนา

1. ปรับสถานการณ์ให้เข้ากับบริบทในชีวิตจริงมากขึ้น
2. ควรมีรูปภาพประกอบที่สื่อถึงปัญหาในสถานการณ์

ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่ส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. ใบกิจกรรมของนักเรียน

3. แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

4. อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน

5. แบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่ส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์
เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชา ค31102 คณิตศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 หลักการนับเบื้องต้น

จำนวน 12 ชั่วโมง

เรื่อง การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด

จำนวน 4 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

1.1 มาตรฐานการเรียนรู้

ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

1.2 ตัวชี้วัด

ค 3.2 ม.4/1 เข้าใจและใช้หลักการบวกและการคูณ การเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

2.1 ด้านความรู้ นักเรียนมีความสามารถดังต่อไปนี้

1) ใช้การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดในการแก้ปัญหาได้

2.2 ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ นักเรียนมีความสามารถดังต่อไปนี้

1) ระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญได้ (การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์)

2) ทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้ทำให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้นได้ (การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์)

3) แปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทนได้ (การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์)

4) นำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้ (การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา)

5) นำหลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน (การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา)

6) สร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ (การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา)

7) ตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริงได้ (การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์)

8) ประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริงได้ (การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์)

9) อธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา (การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์)

2.3 ด้านคุณลักษณะ นักเรียนมีความสามารถดังต่อไปนี้

1) ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมในห้องเรียน

3. สำคัญ

การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด

จำนวนวิธีในการนำสิ่งของ r ชิ้น จากสิ่งของที่แตกต่างกัน n ชิ้น มาเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้น คือ

$$P_{n,r} = \frac{n!}{(n-r)!} \text{ วิธี}$$

4. กิจกรรมการเรียนรู้

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นตอนที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด

1. ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยยกสถานการณ์ (สถานการณ์ที่ 3) ดังนี้

โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน เป็นอุปกรณ์ที่เก็บข้อมูลไว้มากมาย และเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน การตั้งค่าน์รหัสผ่านในการปลดล็อกหน้าจอ จึงเป็นสิ่งแรกๆ ที่ควรทำ

พิทวัสซื่อโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนมาใหม่ เขาต้องการตั้งรหัสปลดล็อกหน้าจอ โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนของเขา โดยรหัสปลดล็อกหน้าจอโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนประกอบ

ด้วยเลขโดด 0, 1, 2, ..., 9 จำนวน 4 ตัว พิสูจน์ว่าสามารถสร้างรหัสปลดล็อคหน้าจอสื่อโทรศัพท์มือถือที่สามารถโทรได้ก็แบบโดยห้ามใช้เลขโดดซ้ำกัน

2. ครูตรวจสอบความเข้าใจโดยถามนักเรียนว่า จากสถานการณ์ปัญหา โจทย์ต้องการอะไร นักเรียนจะนำความรู้ที่เคยเรียนมาเรื่องอะไรบ้างมาใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหา และนำมาใช้อย่างไร โดยครูเขียนแนวคิดที่นักเรียนตอบไว้กระดาน

(แนวคำตอบ : จำนวนรหัสปลดล็อคหน้าจอสื่อโทรศัพท์มือถือที่สามารถโทรได้ โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับหลักการคูณ)

3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายคำตอบของนักเรียนที่เขียนไว้บนกระดาน เพื่อหาแนวทางในการหาคำตอบที่เป็นไปได้

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

1. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 – 5 คน โดยคละความสามารถ และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันทำใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อคหน้าจอสื่อ จากนั้นครูอธิบายคำสั่งในใบกิจกรรมให้กับนักเรียน โดยนักเรียนจะต้องตอบคำถาม ดังนี้

1.1 ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

1.2 ให้นักเรียนกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปแบบ

อย่างง่าย

1.3 ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวสามารถวิธีการทางคณิตศาสตร์ใดมาใช้ในการแก้ปัญหาได้บ้าง

1.4 จงแสดงวิธีการแก้ปัญหา

1.5 นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบายพร้อมให้เหตุผลประกอบ

1.6 นักเรียนคิดว่าวิธีการที่นักเรียนเลือกใช้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

1.7 นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมกับบริบทของปัญหาหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อคหน้าจอสื่อ ตามความสามารถของนักเรียน

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ

1. ครูให้นักเรียนแต่กลุ่มมานำเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อกหน้าจอ พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

2. นักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็น พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง โดยครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์

3. เมื่อนักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรมเสร็จแล้ว ครูถามนักเรียนว่าวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์มีความเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร โดยครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาความเหมือนและแตกต่าง และนำเสนอประเด็นเหล่านั้น โดยครูเขียนประเด็นที่นักเรียนตอบไว้กระดาน

ชั่วโมงที่ 4

ขั้นตอนที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

1. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเชื่อมโยงแนวคิดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน จากทำใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อกหน้าจอ

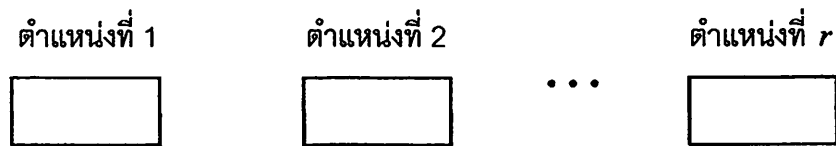
2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจ

3. ครูสุ่มนักเรียน 2 – 3 กลุ่ม ออกมาเฉลยคำตอบจากการทำใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB โดยนักเรียนกลุ่มอื่นร่วมแสดงความคิดเห็น พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง โดยครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์

4. ครูอธิบายสรุปความรู้ที่ได้จากการทำใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อกหน้าจอ และใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB โดยเชื่อมโยงกับหลักการคูณ ดังนี้

จากสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมเป็นตัวอย่งของการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้น (linear permutation) ซึ่งเป็นการนำสิ่งของมาจัดเรียงในแนวเส้นตรง โดยไม่นำสิ่งของที่ใช้จัดเรียงไปแล้วในตำแหน่งหนึ่งมาจัดเรียงในตำแหน่งอื่นอีก และการเรียงสับเปลี่ยนที่มีสิ่งของแตกต่างกัน จะถือว่าการเรียงสับเปลี่ยนที่ไม่เหมือนกัน

ในกรณีทั่วไป ถ้ามีสิ่งของที่แตกต่างกันอยู่ n ชิ้น และต้องการนำสิ่งของ r ชิ้น จาก n ชิ้น มาเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้น โดยที่ $0 \leq r \leq n$ จะทำได้ดังนี้



พิจารณาคำแหน่งของสิ่งของจากตำแหน่งที่ 1 ถึง ตำแหน่งที่ r

ขั้นตอนที่ 1 ตำแหน่งที่ 1 มีวิธีเลือกสิ่งของมาวางได้ n วิธี

ขั้นตอนที่ 2 ตำแหน่งที่ 2 แต่ละวิธีที่วางสิ่งของในตำแหน่งที่ 1 มีวิธีเลือกสิ่งของมาวาง
ในตำแหน่งที่ 2 ได้ $n-1$ วิธี

⋮ ⋮ ⋮

ขั้นตอนที่ r ตำแหน่งที่ r แต่ละวิธีที่วางสิ่งของในตำแหน่งที่ 1 ถึง ตำแหน่งที่ $r-1$
มีวิธีเลือกสิ่งของมาวางในตำแหน่งที่ r ได้ $n-r+1$ วิธี

ดังนั้น จำนวนวิธีในการนำสิ่งของ r ชิ้น จากสิ่งของที่แตกต่างกัน n ชิ้น มาเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้น
เท่ากับ $n \times (n-1) \times (n-2) \times \dots \times (n-r+1)$ วิธี

ให้ $P_{n,r}$ คือ จำนวนวิธีในการนำสิ่งของ r ชิ้น จากสิ่งของที่แตกต่างกัน n ชิ้น มาเรียงสับเปลี่ยน
เชิงเส้น จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
 P_{n,r} &= n \times (n-1) \times (n-2) \times \dots \times (n-r+1) \\
 &= n \times (n-1) \times (n-2) \times \dots \times (n-r+1) \times \frac{(n-r)!}{(n-r)!} \\
 &= \frac{n!}{(n-r)!}
 \end{aligned}$$

สรุปได้ว่า

<p>จำนวนวิธีในการนำสิ่งของ r ชิ้น จากสิ่งของที่แตกต่างกัน n ชิ้น มาเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้น คือ</p>
--

$$P_{n,r} = \frac{n!}{(n-r)!} \text{ วิธี}$$

5. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของ
สิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด พร้อมทั้งยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ต้องใช้ความรู้ในเรื่องการเรียง
สับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดในการแก้ปัญหา โดยให้แต่ละกลุ่มเขียนลงใน
กระดาษปฐพี

5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

5.1 สื่อประกอบการสอนโดยใช้โปรแกรม PowerPoint เรื่อง การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด

5.2 ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อกหน้าจอล็อค

5.3 ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB

5.4 กระดาษรูป

6. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดผล	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ 1) ใช้การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดในการแก้ปัญหาได้	ตรวจใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อกหน้าจอล็อค และ ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB	ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อกหน้าจอล็อค และ ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB	นักเรียนทุกกลุ่มทำ ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อกหน้าจอล็อค และ ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB ได้ถูกต้องร้อยละ 60 ขึ้นไป
ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 1) ระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญได้ 2) ทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้นได้ 3) แปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทนได้	ตรวจใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อกหน้าจอล็อค และ ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB	ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อกหน้าจอล็อค และ ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB	นักเรียนทุกกลุ่มทำ ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง รหัสปลดล็อกหน้าจอล็อค และ ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB ได้ในระดับปานกลางขึ้นไป

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดผล	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
<p>4) นำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทาง คณิตศาสตร์มาใช้ในการ แก้ปัญหาได้</p> <p>5) นำหลักการและ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาเป็น ลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน</p> <p>6) สร้างข้อสรุปทั่วไปบน พื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจาก การนำวิธีดำเนินการทาง คณิตศาสตร์ไปใช้ในการ แก้ปัญหาได้</p> <p>7) ตีความผลลัพธ์ทาง คณิตศาสตร์กลับไปบริบท โลกชีวิตจริงได้</p> <p>8) ประเมินความเป็นเหตุเป็น ผลของวิธีแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ในบริบทของ ปัญหาโลกชีวิตจริงได้</p> <p>9) อธิบายได้ว่าเพราะเหตุใด ผลลัพธ์หรือข้อสรุปทาง คณิตศาสตร์เหมาะสมหรือไม่ เหมาะสมกับบริบทของปัญหา</p>			

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดผล	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
<p>ด้านคุณลักษณะ</p> <p>1) ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมในห้องเรียน</p>	สังเกตพฤติกรรมการทำงานของนักเรียน	แบบสังเกตการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน	นักเรียนทุกคนมีพฤติกรรมการทำงานในเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป

บันทึกหลังการสอน

ผลการจัดการเรียนรู้

.....
.....
.....
.....
.....
.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....
.....
.....
.....
.....
.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....
.....
.....
.....
.....
.....

ลงชื่อ

(นายกิตติพงษ์ ยานุกุล)

ครู

ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน

ใบกิจกรรมที่ 3
เรื่อง รหัสปลดล็อคหน้าจอ

สมาชิกกลุ่ม	1. เลขที่.....	ชั้น ม.4
	2. เลขที่.....	ชั้น ม.4
	3. เลขที่.....	ชั้น ม.4
	4. เลขที่.....	ชั้น ม.4
	5. เลขที่.....	ชั้น ม.4

สถานการณ์ที่

3

รหัสปลดล็อคหน้าจอ

โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน เป็นอุปกรณ์ที่เก็บข้อมูลไว้มากมาย และเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน การตั้งค้ำรหัสผ่านในการปลดล็อคหน้าจอ จึงเป็นสิ่งแรกที่ควรทำ



พิทวัสชื่อโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนมาใหม่ เขาต้องการตั้งรหัสปลดล็อคหน้าจอโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนของเขา โดยรหัสปลดล็อคหน้าจอโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนประกอบด้วยเลขโดด 0, 1, 2, ..., 9 จำนวน 4 ตัว พิทวัสสามารถสร้างรหัสปลดล็อคหน้าจอโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนได้กี่แบบโดยห้ามใช้เลขโดดซ้ำกัน

จากสถานการณ์ข้างต้น ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

2. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่าย

.....

.....

3. ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวสามารถวิธีการทางคณิตศาสตร์ใดมาใช้ในการแก้ปัญหาได้บ้าง

.....

.....

4. จงแสดงวิธีการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

6. นักเรียนคิดว่าวิธีการที่นักเรียนเลือกใช้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

7. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมกับบริบทของปัญหาหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 4
เรื่อง ตู้โชว์ในห้อง LAB

สมาชิกกลุ่ม	1. เลขที่..... ชั้น ม.4
	2. เลขที่..... ชั้น ม.4
	3. เลขที่..... ชั้น ม.4
	4. เลขที่..... ชั้น ม.4
	5. เลขที่..... ชั้น ม.4

สถานการณ์ที่

4

ตู้โชว์ในห้อง LAB

นักชีววิทยาได้ศึกษาอาณาจักรพืชซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ พืชไม่มีท่อลำเลียง ได้แก่ Division Bryophyta และพืชที่มีท่อลำเลียง ได้แก่ Division Psilophyta, Division Lycophyta, Division Sphenophyta, Division Pterophyta, Division Coniferophyta, Division Cycadophyta, Division Ginkophyta, Division Gnetophyta, Division Anthophyta โดยเขาได้เก็บตัวอย่างพืชแต่ละ Division ไว้อย่างละ 1 ชนิดดังตาราง

Division	ตัวอย่าง	Division	ตัวอย่าง
Bryophyta	มอส	Coniferophyta	สนสองใบ
Psilophyta	หวายทะเลน้อย	Cycadophyta	ปรง
Lycophyta	ตีนตุ๊กแก	Ginkophyta	แปะก๊วย
Sphenophyta	หญ้าถอดปล้อง	Gnetophyta	มะเหมือด
Pterophyta	เฟิร์น	Anthophyta	ชบา

จากสถานการณ์ข้างต้น ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....
.....

2. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่าย

.....
.....

3. ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวสามารถวิธีการทางคณิตศาสตร์ใดมาใช้ในการแก้ปัญหาได้บ้าง

.....
.....

4. จงแสดงวิธีการแก้ปัญหา

.....
.....
.....
.....
.....

5. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....
.....

6. นักเรียนคิดว่าวิธีการที่นักเรียนเลือกใช้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....
.....

7. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมกับบริบทของปัญหาหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....
.....

แบบสังเกตพฤติกรรมมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน
รายวิชา ค31102 คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 หลักการนับเบื้องต้น

คำชี้แจง เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรม 1 ครั้ง ให้ทำรอยขีด 1 ซีด

ที่	ชื่อ - นามสกุล	พฤติกรรมที่แสดงออก			รวม
		การตอบ คำถาม	การถาม คำถาม	การแสดง ความคิดเห็น	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					

เกณฑ์การประเมินพฤติกรรมมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

พฤติกรรมที่แสดงออก	ความถี่			
	4 ครั้งขึ้นไป	2 - 3 ครั้ง	1 ครั้ง	ไม่แสดงเลย
การตอบคำถาม	ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
การถามคำถาม	ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
การแสดงความคิดเห็น	ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง

ตัวอย่างแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

สังเกตครั้งที่ วันที่ เดือน พ.ศ.2563.....
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ เรื่อง
 จำนวน4.... ชั่วโมง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่4.... ภาคเรียนที่2.... ปีการศึกษา2562....
 ครูผู้สอนนายกิตติพงษ์ ยานุกุล.....

คำชี้แจง

1. แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ ใช้สำหรับสังเกตการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ซึ่งมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่
 - 1.1 ขั้นการนำเสนอปัญหาปลายเปิด
 - 1.2 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน
 - 1.3 ขั้นการอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ
 - 1.4 ขั้นการสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน
2. ขอให้ผู้วิจัยและครูประจำการพิจารณาการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย พร้อมทั้งบันทึกรายละเอียดของการสังเกต ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นการนำเสนอปัญหาปลายเปิด
 - 1.1 ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญได้หรือไม่ อย่างไร

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

.....

1.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

1.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

2. ชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

2.1 ชั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ในประเด็นต่อไปนี้หรือไม่ อย่างไร

2.1.1 ชั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

2.1.2 ชั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทนได้หรือไม่ อย่างไร

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

2.1.3 ชั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

2.1.4 ชั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนนำหลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจนได้หรือไม่ อย่างไร

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

2.2 ปัญหาและอุปสรรค

2.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

3. ขั้นการอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ

3.1 ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ในประเด็นต่อไปนี้หรือไม่ อย่างไร

3.1.1 ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

3.1.2 ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปที่บริบทโลกชีวิตจริงได้หรือไม่ อย่างไร

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

3.2 ปัญหาและอุปสรรค

3.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

4. ขั้นการสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

4.1 ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ในประเด็นต่อไปนี้หรือไม่ อย่างไร

4.1.1 ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริงได้หรือไม่ อย่างไร

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

4.1.2 ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร

ได้

ไม่ได้

ไม่แน่ใจ

.....

4.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

4.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ตัวอย่างอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน

อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ...2.... เรื่อง ..การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด..
 วันที่เรียน ครูผู้สอนนายกิตติพงษ์..ยานุกุล.....
 จำนวน4.... ชั่วโมง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่4..... ภาคเรียนที่2.... ปีการศึกษา2562.....
 ผู้บันทึก/ชื่อ – สกุล นักเรียน เลขที่

คำชี้แจง

ให้นักเรียนเขียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้ของครูช่วยให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ได้หรือไม่ อย่างไร

.....

2. การจัดการเรียนรู้ของครูช่วยให้นักเรียนสามารถกำหนดตัวแปรหรือเขียนแผนภาพเพื่อแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร

.....

3. การจัดการเรียนรู้ของครูช่วยให้นักเรียนสามารถนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร

.....

4. การจัดการเรียนรู้ของครูช่วยให้นักเรียนสามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร

.....

5. การจัดการเรียนรู้ของครูช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

6. การจัดการเรียนรู้ของครูช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายความเหมาะสมของวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเลือกใช้ได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

7. การจัดการเรียนรู้ของครูช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

8. การจัดการเรียนรู้ของครูช่วยให้นักเรียนสามารถตีความผลลัพธ์กลับไปสู่บริบทของปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

9. นักเรียนชอบการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบนี้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

10. นักเรียนมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนในครั้งต่อไปหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

ตัวอย่างแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

แบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามจากสถานการณ์ต่อไปนี้ พร้อมทั้งแสดงวิธีทำ

สถานการณ์ที่ 1 ร้านอาหาร M&K

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ : หลักการบวก

บริบท : ส่วนตัว

รูปแบบข้อสอบ : เขียนตอบแบบอิสระ



ร้านอาหาร M&K เป็นร้านอาหารที่อร่อยและมีเมนูอาหารหลากหลายให้เลือกรับประทาน ทั้งอาหารไทย อาหารจีน และอาหารญี่ปุ่น โดยมีเมนูอาหารไทย 12 อย่าง อาหารจีน 8 อย่าง และอาหารญี่ปุ่น 5 อย่าง

ลัดดาเป็นลูกค้าประจำของร้านร้านอาหาร M&K ถ้าวันนี้ลัดดาต้องการเลือกสั่งอาหาร 1 อย่าง จะมีวิธีเลือกสั่งอาหารได้กี่วิธี

จากสถานการณ์ข้างต้น ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

2. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่าย

.....

.....

3. ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวสามารถวิธีการทางคณิตศาสตร์ใดมาใช้ในการแก้ปัญหาได้บ้าง

.....

.....

4. จงแสดงวิธีการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

6. นักเรียนคิดว่าวิธีการที่นักเรียนเลือกใช้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

7. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมกับบริบทของปัญหาหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

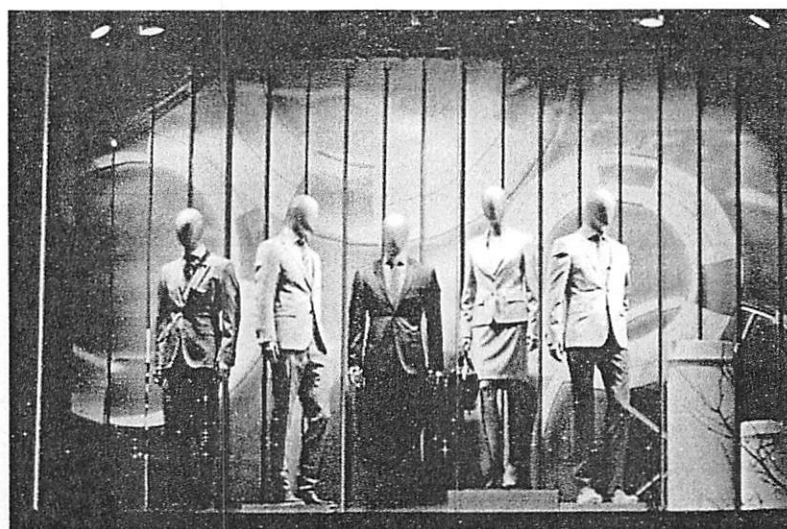
สถานการณ์ที่ 2 บริษัทเสื้อผ้าดี

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ : หลักการคูณ

บริบท : การงานอาชีพ

รูปแบบข้อสอบ : เขียนตอบแบบอิสระ



บริษัทเสื้อผ้าดี เป็นบริษัทผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปที่ผลิต เสื้อ กางเกง และเนคไท โดยผลิตเสื้อ 6 แบบ กางเกง 5 แบบ และเนคไท 4 แบบ ฝ่ายขายเป็นฝ่ายที่มีหน้าที่จัดแต่งตัวให้กับหุ่นเพื่อนำไปโชว์หน้าร้าน

ฝ่ายขายจะสามารถแต่งตัวให้กับหุ่นโชว์เป็นชุดต่าง ๆ กันได้กี่ชุด

จากสถานการณ์ข้างต้น ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

2. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่าย

.....

.....

3. ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวสามารถวิธีการทางคณิตศาสตร์ใดมาใช้ในการแก้ปัญหาได้บ้าง

.....

.....

4. จงแสดงวิธีการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

6. นักเรียนคิดว่าวิธีการที่นักเรียนเลือกใช้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

7. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมกับบริบทของปัญหาหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

สถานการณ์ที่ 3 รหัส ATM

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ : การเรียงลำดับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด

บริบท : ส่วนตัว

รูปแบบข้อสอบ : เขียนตอบแบบอิสระ



ธนาคารเซตติ กำหนดรหัส ATM ซึ่งเป็นรหัสที่คุณลูกค้ากำหนดเพื่อใช้ถอนเงินในบัญชี เพื่อความปลอดภัยของลูกค้า ทางธนาคารเซตติจึงกำหนดรหัส ATM เป็นเลขโดดจำนวน 4 ตัว ประกอบด้วย 0, 1, 2, 3, ..., 9 เช่น 0123 8998 8998 5670

นุ่นเป็นลูกค้าของธนาคารเซตติและได้ทำบัตร ATM กับทางธนาคาร นุ่นต้องการกำหนดรหัส ATM นุ่นจะกำหนดรหัสได้กี่รหัส และควรใช้รหัสที่มีลักษณะแบบใด เพราะเหตุใด

จากสถานการณ์ข้างต้น ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

2. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่าย

.....

.....

3. ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวสามารถวิธีการทางคณิตศาสตร์ใดมาใช้ในการแก้ปัญหาได้บ้าง

.....

.....

4. จงแสดงวิธีการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

6. นักเรียนคิดว่าวิธีการที่นักเรียนเลือกใช้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

7. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมกับบริบทของปัญหาหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

สถานการณ์ที่ 4 ตัวอย่างเซลล์

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ : การเรียงลำดับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด

บริบท : วิทยาศาสตร์

รูปแบบข้อสอบ : เขียนตอบแบบอิสระ



นักชีววิทยาได้จัดเตรียมกล้องจุลทรรศน์และตัวอย่างเซลล์ สำหรับจัดแสดงในหัวข้อ “เซลล์พืชและเซลล์สัตว์” ให้กับนักเรียนในงานสัมมนาวิทยาศาสตร์ โดยมีตัวอย่างเซลล์ ได้แก่ เซลล์เยื่อแก้วกัม เซลล์สำหรับหายใจทางกระดูก เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ และเซลล์ผิวหนัง นักชีววิทยาต้องนำตัวอย่างเซลล์เหล่านี้จัดเรียงเป็นแถวหน้ากระดานเรียงหนึ่งบนโต๊ะสำหรับจัดวาง เพื่อให้ นักเรียนที่มาศึกษาดูงานได้เห็นตัวอย่างเซลล์ทุกชนิดอย่างชัดเจน

นักชีววิทยาจะมีวิธีเรียงกล้องจุลทรรศน์แสดงตัวอย่างเซลล์ได้กี่วิธี

จากสถานการณ์ข้างต้น ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

2. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่าย

.....

.....

3. ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวสามารถวิธีการทางคณิตศาสตร์ใดมาใช้ในการแก้ปัญหาได้บ้าง

.....

.....

4. จงแสดงวิธีการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

6. นักเรียนคิดว่าวิธีการที่นักเรียนเลือกใช้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

7. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมกับบริบทของปัญหาหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

สถานการณ์ที่ 5 การทักทายในงานเลี้ยง

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ : การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด

บริบท : การงานอาชีพ

รูปแบบข้อสอบ : เขียนตอบแบบอิสระ



การจับมือทักทายที่คนไทยอาจเรียกติดปากว่า Shake Hands เป็นการทักทายแบบชาติตะวันตกที่มานาน ซึ่งในงานเลี้ยงแห่งหนึ่งใช้การจับมือเป็นการทักทาย ในงานเลี้ยงแห่งนี้มีคน 20 คน เข้าร่วมงาน

อันว่าเป็นหนึ่งในคนที่เข้าร่วมงานเลี้ยงนี้ อันว่าอยากทราบว่าภายในงานเลี้ยงนี้จะมีจับมือทักทายทั้งหมดกี่ครั้ง

จากสถานการณ์ข้างต้น ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

2. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่าย

.....

.....

3. ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวสามารถวิธีการทางคณิตศาสตร์ใดมาใช้ในการแก้ปัญหาได้บ้าง

.....

.....

4. จงแสดงวิธีการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

6. นักเรียนคิดว่าวิธีการที่นักเรียนเลือกใช้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

7. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมกับบริบทของปัญหาหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

สถานการณ์ที่ 6 การแข่งขันฟุตบอล

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ : การจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด

บริบท : การงานอาชีพ

รูปแบบข้อสอบ : เขียนตอบแบบอิสระ



การแข่งขันฟุตบอลแบบพบกันหมด (round-robin tournament) เป็นรูปแบบการแข่งขันฟุตบอลประเภทหนึ่ง ซึ่งผู้เข้าแข่งขันแต่ละทีมจะต้องแข่งขันกับผู้แข่งขันทีมอื่นทุกทีมเป็นจำนวนครั้งเท่ากัน ซึ่งในการแข่งขันฟุตบอลครั้งนี้มีทีมฟุตบอลเข้าร่วมแข่งขันจำนวน 10 ทีม ซึ่งจะทำการแข่งขันแบบพบกันหมดและสองทีมใด ๆ จะแข่งขันกันเพียงหนึ่งครั้ง

ในการแข่งขันฟุตบอลครั้งนี้จะต้องแข่งขันทั้งหมดกี่ครั้ง

จากสถานการณ์ข้างต้น ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

2. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปร หรือเขียนแผนภาพแสดงแทนสถานการณ์ในรูปอย่างง่าย

.....

.....

3. ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวสามารถวิธีการทางคณิตศาสตร์ใดมาใช้ในการแก้ปัญหาได้บ้าง

.....

.....

4. จงแสดงวิธีการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

6. นักเรียนคิดว่าวิธีการที่นักเรียนเลือกใช้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

7. นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมกับบริบทของปัญหาหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

ภาคผนวก จ ผลคะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จากใบกิจกรรม

ตาราง 19 แสดงผลคะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จากใบกิจกรรม

กลุ่มที่	A ₁			A ₂			A ₃		
	วงจรรปฏิบัติการที่			วงจรรปฏิบัติการที่			วงจรรปฏิบัติการที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
2	1	1	2	1	1	2	1	2	2
3	1	1	2	1	2	2	1	2	2

หมายเหตุ : A₁ คือ การคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

A₂ คือ การใช้หลักการ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา

A₃ คือ การตีความ และประเมินผลลัพธ์

2 คือ ดี

1 คือ พอใช้

0 คือ ควรปรับปรุง

ภาคผนวก จ ผลคะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

ตาราง 20 แสดงผลคะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์
สถานการณ์ที่ 1 – 4

นักเรียน คนที่	สถานการณ์ที่											
	1			2			3			4		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1
2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
3	2	2	2	0	1	1	1	1	2	1	2	1
4	1	2	2	2	2	1	2	1	0	2	2	0
5	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
6	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0
7	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
8	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2
9	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2
10	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2
11	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
12	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
13	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2
14	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2

ตาราง 21 แสดงผลคะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์
สถานการณ์ที่ 5 – 6

นักเรียน คนที่	สถานการณ์ที่						คะแนนรวม			ระดับการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์		
	5			6			A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃						
1	1	1	1	2	2	1	11	10	7	G	G	P
2	2	2	1	2	2	2	12	11	11	G	G	G
3	2	2	1	2	1	2	8	9	9	P	P	P
4	2	2	0	1	2	0	10	11	3	G	G	I
5	1	2	1	2	2	2	9	10	8	P	G	P
6	1	0	0	1	0	0	9	0	0	P	I	I
7	1	2	1	2	2	2	7	8	10	P	P	G
8	1	2	1	2	2	2	10	11	11	G	G	G
9	1	2	1	2	2	2	7	10	8	P	G	P
10	1	2	1	2	2	2	10	11	10	G	G	G
11	1	2	1	2	2	2	9	11	10	P	G	G
12	1	2	1	2	2	2	11	11	11	G	G	G
13	1	2	1	2	2	2	10	11	11	G	G	G
14	1	2	1	2	2	1	10	12	9	G	G	P

หมายเหตุ : A₁ คือ การคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์
A₂ คือ การใช้หลักการ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา
A₃ คือ การตีความ และประเมินผลลัพธ์
2 คือ ดี 1 คือ พอใช้ 0 คือ ควรปรับปรุง
คะแนน 10 – 12 ระดับกระบวนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ดี (Good: G)
คะแนน 7 – 9 ระดับกระบวนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์พอใช้ (Fair: F)
คะแนนต่ำกว่า 6 ระดับกระบวนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ควรปรับปรุง
(Improvement: I)

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล	กิตติพงษ์ ยานุกุล
วัน เดือน ปี เกิด	6 กันยายน 2535
ที่อยู่ปัจจุบัน	83/4 หมู่ 3 ตำบลปากแคว อำเภอเมืองสุโขทัย จังหวัดสุโขทัย 64000
ที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนตลิ่งชันวิทยานุสรณ์ หมู่ 3 ตำบลตลิ่งชัน อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย 64140
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ข้าราชการครู ตำแหน่งครูผู้ช่วย
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ.2559	โรงเรียนบ้านน้ำพุ หมู่ 7 ตำบลบ้านน้ำพุ อำเภอคีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย 64160
พ.ศ. 2561	โรงเรียนตลิ่งชันวิทยานุสรณ์ หมู่ 3 ตำบลตลิ่งชัน อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย 64140
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2559	ค.บ. (การศึกษา) มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม