



การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และ
การแก้ปัญหา



กัลยภัทร์ เฉลิมศรี

การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และ
การแก้ปัญหา



การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิง
คณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา"
ของ กัลยภัทร์ เฉลิมศรี
ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินนิต พูนไพบูลย์พิพัฒน์)
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ)
หัวหน้าภาควิชาการศึกษา



ชื่อเรื่อง	การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา
ผู้วิจัย	กัลยภัทร์ เฉลิมศรี
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. คณิตศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2567
คำสำคัญ	การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด, การคิดเชิงคณิตศาสตร์, การแก้ปัญหา

บทคัดย่อ

การส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา จะช่วยให้นักเรียนใช้การคิดในการสร้างองค์ความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ ได้อย่างมีเหตุผล โดยนักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดพฤติกรรมการแก้ปัญหาและความตระหนักในการคิดของตนเอง ดังนั้นการวิจัยนี้ครั้งมีวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 3 คน เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เป็นเนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง รูปสามเหลี่ยม จำนวน 13 ชั่วโมง รูปแบบของการวิจัยเป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ ทั้งหมด 4 วงจร เครื่องมือที่ใช้วิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด 2) แบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา 3) แบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และการประเมินแบบแยกองค์ประกอบ โดยเกณฑ์การประเมินมีระดับ 4 ระดับ คือ ริเริ่มพัฒนา ชำนาญ เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยพบว่า คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาด้านการทำความเข้าใจปัญหา และมีความมั่นใจมากขึ้น ผลจากแบบทดสอบ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับชำนาญและเชี่ยวชาญ ในขณะที่ผลจากแบบสังเกต ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ ด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ผลจากแบบทดสอบและแบบสังเกตเป็นไปในทำนองเดียวกัน คือ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ

Title	LEARNING IMPLEMENTATION BASED ON OPEN APPROACH TO ENHANCE OVERARCHING HABITS OF MIND OF A PRODUCTIVE MATHEMATICAL THINKER
Author	Kanyapat Chalerm Sri
Advisor	Assistant Professor Wanintorn Poonpaiboonpipat, Ph.D.
Academic Paper	M.Ed. Independent Study in Mathematics Education, Naresuan University, 2024
Keywords	Open Approach, Overarching Habits of Mind, Productive Mathematical Thinker

ABSTRACT

Enhancing overarching habits of mind of a productive mathematical thinker will help students use reasoning to construct knowledge in other disciplines. Most students still deficient problem-solving behaviors and self-awareness in their thinking. This research aimed to enhance overarching habits of mind of a productive mathematical thinker through learning implementation based on Open Approach for Grade 6 students. The research participants were 3 grade 6 students from a small school in Kamphaeng Phet Province. The content of this study is Triangles for 13 hours. The research applied action research, totaling 4 cycles. Research tools include: 1) Lesson plans using Open Approach 2) An observation 3) A test. The data was analyzed using content analysis and analytic rubric. The assessment criteria have 4 levels is expert, practitioner, apprentice, novice. For making sense of problems and persevere in solving them, the results from the test found that most students was in expert and practitioner levels. The results from the observation found that most students was in expert levels. For characteristics attend to precision, the results from the test and in the same manner found that most students was in expert.

ประกาศคุณูปการ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ และคณะกรรมการทุกท่านที่ได้เสียสละเวลาให้คำแนะนำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง ตลอดจนตรวจสอบข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการค้นคว้าอิสระสำเร็จสมบูรณ์ได้ อีกทั้งยังช่วยเป็นแรงผลักดันให้ ผู้วิจัยสามารถก้าวข้ามอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาที่ทำการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษ กลิ่นเอี่ยม อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ดร.อาทร นกแก้ว อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และนางสุกฤต พลทองมาก ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนประชารัฐพัฒนา จังหวัดกำแพงเพชร ที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไข และตรวจสอบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จนทำให้การค้นคว้าอิสระครั้งนี้สมบูรณ์ และมีคุณค่า

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการ และคณะครูโรงเรียนจรัญชัยพฤกษ์ราษฎร์วิทยา จังหวัดกำแพงเพชร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ อำนวยความสะดวก และให้ความร่วมมือเป็นอย่างยิ่ง ในการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนจรัญชัยพฤกษ์ราษฎร์วิทยา จังหวัดกำแพงเพชร ที่ให้ความร่วมมือในการค้นคว้าอิสระครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติมิตร และครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจสำคัญ และคอยส่งเสริมสนับสนุนในทุก ๆ ด้านเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาการศึกษาทุกท่านที่คอยสั่งสอน และอบรม ให้นิสิตเป็นอย่างดี และขอบใจเพื่อนนิสิตปริญญาโทที่เป็นส่วนหนึ่งในการให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมาคุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการค้นคว้าอิสระฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ได้ต่อไป

กัลยภัทร์ เฉลิมศรี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
ประกาศคุณูปการ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	6
ขอบเขตการวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
1. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.....	10
1.1 เป้าหมายของหลักสูตร.....	10
1.2 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้.....	10
1.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์ในการเรียนคณิตศาสตร์.....	11
1.4 คำอธิบายรายวิชาคณิตศาสตร์ (ค16101) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.....	11
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach).....	12

2.1 ความหมายของวิธีการแบบเปิด.....	12
2.2 ลักษณะสำคัญของวิธีการแบบเปิด.....	14
2.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด	17
2.4 ประโยชน์ของวิธีการแบบเปิด.....	21
2.5 แนวคิดสำคัญของบทบาทครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด.....	23
3. คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Practice).....	27
3.1 ที่มาความสำคัญของมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์.....	27
3.2 การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์..	41
3.3 ความสัมพันธ์ของมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์และจิต นิสัยทางคณิตศาสตร์	46
3.4 เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์	57
3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดกับการคิดเชิง คณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา.....	70
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	73
4.1 งานวิจัยในประเทศ.....	73
4.2 งานวิจัยต่างประเทศ	75
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	77
รูปแบบวิธีวิจัย	77
ผู้เข้าร่วมวิจัย.....	79
บริบทโรงเรียน	79
ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย	80
เครื่องมือและการพัฒนาเครื่องมือ	80

การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	91
การวิเคราะห์ข้อมูล	92
บทที่ 4 ผลการวิจัย	94
วงจรปฏิบัติการที่ 1.....	94
คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา	97
วงจรปฏิบัติการที่ 2.....	100
คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา	102
คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา	106
วงจรปฏิบัติการที่ 3.....	106
คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา	109
คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ	113
วงจรปฏิบัติการที่ 4.....	113
คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา	116
คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ	118
บทที่ 5 บทสรุป.....	127
สรุปผลการวิจัย.....	128
อภิปรายผล	130
ข้อเสนอแนะ	134
บรรณานุกรม.....	136
ภาคผนวก.....	146
ประวัติผู้วิจัย	198

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ และมาตรฐานคุณลักษณะ ที่ พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์.....	56
ตาราง 2 แสดงเกณฑ์การประเมินผลจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์.....	57
ตาราง 3 แสดงเกณฑ์การประเมินความพากเพียร (Rubric for Persisting).....	58
ตาราง 4 แสดงเกณฑ์การประเมินสำหรับการจัดการความหุนหันพลันแล่น (1) (Rubrics for Managing Impulsivity).....	59
ตาราง 5 แสดงเกณฑ์การประเมินสำหรับการจัดการความหุนหันพลันแล่น (2) (Rubrics for Managing Impulsivity).....	59
ตาราง 6 แสดงเกณฑ์การประเมินสำหรับการยืดหยุ่นทางความคิด (Rubric for Thinking Flexibly).....	60
ตาราง 7 แสดงเกณฑ์การประเมินความร่วมมือของกลุ่ม (Rubric for Group Cooperation)	60
ตาราง 8 แสดงการประเมินคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น	61
ตาราง 9 แสดงการประเมินคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์การให้ความสำคัญกับ ความถูกต้องแม่นยำ	63
ตาราง 10 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่นในการแก้ปัญหา	64
ตาราง 11 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ การให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ	65

ตาราง 12 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความ มานะบากบั่น.....	66
ตาราง 13 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้อง แม่นยำ.....	69
ตาราง 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดกับการคิดเชิง คณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา.....	71
ตาราง 15 แสดงการวิเคราะห์สาระมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์.....	81
ตาราง 16 แสดงรายละเอียดของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง รูปสามเหลี่ยม	82
ตาราง 17 แสดงคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาที่ประเมินผ่าน แบบทดสอบ	88
ตาราง 18 แสดงการสร้างแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการ แก้ปัญหา.....	90
ตาราง 19 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดของวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	94
ตาราง 20 แสดงผลการสังเกตรายบุคคลของวงจรปฏิบัติการที่ 1	95
ตาราง 21 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดของวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	100
ตาราง 22 แสดงผลการสังเกตรายบุคคลของวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	101
ตาราง 23 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดของวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	106
ตาราง 24 แสดงผลการสังเกตรายบุคคลของวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	107
ตาราง 25 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดของวงจรปฏิบัติการที่ 4.....	113
ตาราง 26 แสดงผลการสังเกตรายบุคคลของวงจรปฏิบัติการที่ 4.....	114
ตาราง 27 แสดงจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการ แก้ปัญหา.....	119

ตาราง 28 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้
วิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เรื่อง รูป
สามเหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6..... 148

ตาราง 29 แสดงผลประเมินความสอดคล้องระหว่างระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะการ
คิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาของแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิง
คณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 161

ตาราง 30 แสดงคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาที่ประเมินผ่าน
แบบทดสอบ 164

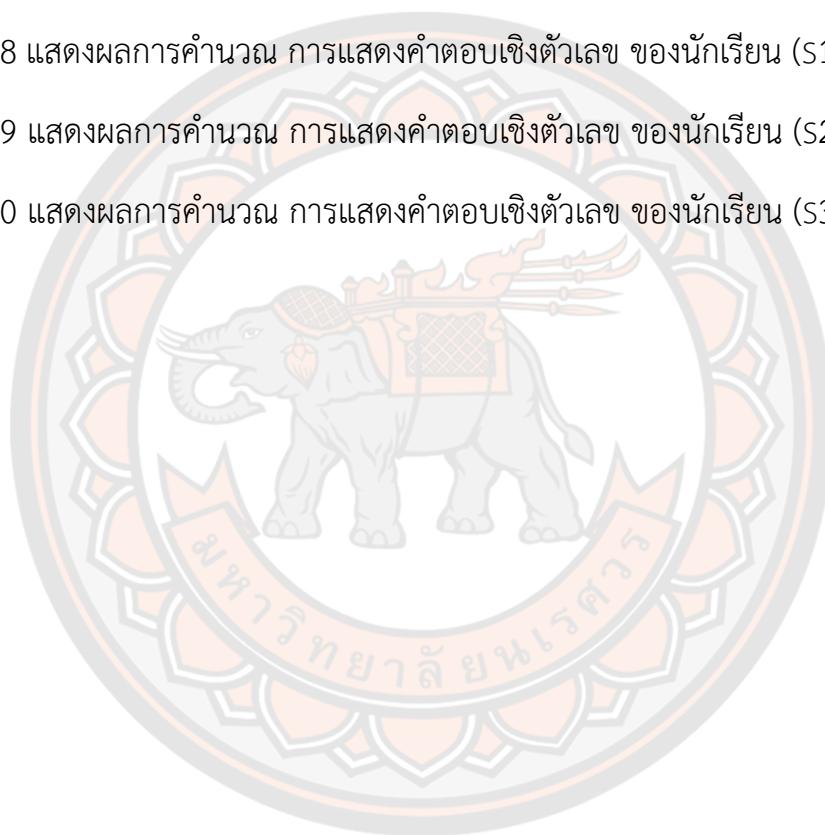


สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 แสดงสถานการณ์การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด.....	16
ภาพ 2 แสดงวิธีการแบบเปิด 4 ขั้นตอน	19
ภาพ 3 แสดงการบูรณาการสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดกับองค์ประกอบการจัดการเรียนรู้	22
ภาพ 4 แสดงลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในห้องเรียนที่ใช้การสอนโดยวิธีแบบเปิด	25
ภาพ 5 แสดงการแบ่งกลุ่มคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์	34
ภาพ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ด้านต่าง ๆ..	36
ภาพ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานกระบวนการและคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิง คณิตศาสตร์	37
ภาพ 8 แสดงสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับนิพจน์การบวกที่เท่ากัน	44
ภาพ 9 แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับนิพจน์การบวกที่เท่ากัน.....	44
ภาพ 10 แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับนิพจน์การบวกที่เท่ากัน	45
ภาพ 11 แสดงภาพจำลองพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส	54
ภาพ 12 แสดงวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ	78
ภาพ 13 แสดงผลงานนักเรียน กิจกรรมไม้ไอติมหลากสีกับรูปสามเหลี่ยมของฉันทัน	97
ภาพ 14 แสดงการจัดกลุ่มรูปสามเหลี่ยม	98
ภาพ 15 แสดงตัวอย่างการสนทนาของนักเรียนในการวางแผนการแก้ปัญหา.....	99
ภาพ 16 แสดงผลงานนักเรียน กิจกรรมรวมกันได้เท่าไรนะ	102
ภาพ 17 แสดงตัวอย่างการสนทนาของนักเรียนในการวางแผนการแก้ปัญหา.....	103
ภาพ 18 แสดงแนวคิดที่ 1 ในกิจกรรมรวมกันได้เท่าไรนะ	104

ภาพ 19 แสดงตัวอย่างการสนทนาของนักเรียนในแลกเปลี่ยนแนวคิด	104
ภาพ 20 แสดงแนวคิดที่ 2 ในกิจกรรมรวมกันได้เท่าไรนะ	105
ภาพ 21 แสดงตัวอย่างการสนทนาของนักเรียนในแลกเปลี่ยนแนวคิด	105
ภาพ 22 แสดงแนวคิดที่ 3 ในกิจกรรมรวมกันได้เท่าไรนะ	105
ภาพ 23 แสดงผลงานนักเรียน กิจกรรมการสร้างรูปสามเหลี่ยม เมื่อกำหนดความยาวของ ด้าน 3 ด้าน (1)	109
ภาพ 24 แสดงผลงานนักเรียน กิจกรรมการสร้างรูปสามเหลี่ยม เมื่อกำหนดความยาวของ ด้าน 3 ด้าน (2)	110
ภาพ 25 แสดงผลงานนักเรียน กิจกรรมการสร้างรูปสามเหลี่ยม เมื่อกำหนดความยาวของ ด้าน 3 ด้าน (3)	110
ภาพ 26 แสดงผลงานนักเรียน กิจกรรมการสร้างรูปสามเหลี่ยม เมื่อกำหนดความยาวของ ด้าน 3 ด้าน (4)	111
ภาพ 27 แสดงผลงานนักเรียน กิจกรรมการสร้างรูปสามเหลี่ยม เมื่อกำหนดความยาวของ ด้าน 3 ด้าน (5)	111
ภาพ 28 แสดงตัวอย่างการสนทนาของนักเรียนในการตรวจสอบคำตอบของปัญหา	112
ภาพ 29 แสดงผลงานนักเรียน กิจกรรมพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม	116
ภาพ 30 แสดงตัวอย่างการสนทนาของนักเรียน	117
ภาพ 31 แสดงตัวอย่างการสนทนาของนักเรียน	117
ภาพ 32 แสดงการปรับแนวคิดในการแก้ปัญหา	118
ภาพ 33 แสดงตัวอย่างการสนทนาของนักเรียน	118
ภาพ 34 แสดงสถานการณ์ปัญหาการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่าน ภาพประกอบ	121

ภาพ 35 แสดงการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบของ นักเรียน (S1).....	122
ภาพ 36 แสดงการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบของ นักเรียน (S2).....	122
ภาพ 37 แสดงการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบของ นักเรียน (S3).....	123
ภาพ 38 แสดงผลการคำนวณ การแสดงคำตอบเชิงตัวเลข ของนักเรียน (S1).....	124
ภาพ 39 แสดงผลการคำนวณ การแสดงคำตอบเชิงตัวเลข ของนักเรียน (S2).....	125
ภาพ 40 แสดงผลการคำนวณ การแสดงคำตอบเชิงตัวเลข ของนักเรียน (S3).....	126



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ช่วยให้นักเรียนสามารถวางแผนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาได้อย่างรอบคอบและตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม และนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากคณิตศาสตร์ส่งเสริมการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การคิดที่มีเหตุผล มีระบบและมีแบบแผน การศึกษาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับยุคโลกาภิวัตน์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) คณิตศาสตร์จึงเป็นจุดมุ่งหมายสำคัญของการจัดการศึกษาของชาติ ที่มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ และเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย (อัมพร ม้าคนอง, 2553) คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนามนุษย์ การเรียนการสอนจึงมุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนมีทั้งความรู้ ทักษะ และเจตคติ เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นต่อศตวรรษที่ 21 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จะทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดอย่างมีประสิทธิภาพ ตระหนักและเห็นคุณค่าของวิชาคณิตศาสตร์ นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ (ขมชาติ เชื้อสุวรรณทวี, 2561)

ประเทศไทยได้มีความพยายามในการปฏิรูปการศึกษาตั้งแต่พุทธศักราช 2542 แต่การขับเคลื่อนการปฏิรูปการศึกษานั้น ยังไม่ได้มีทิศทางการสร้างความเข้มแข็งให้ทรัพยากรมนุษย์อย่างแท้จริง เนื่องจากชั้นเรียนไทยยังคงมีแนวคิดแบบเดิม (Traditional approach) คือ เน้นการถ่ายทอดความรู้ สิ่งที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน คือ การสาธิต บรรยาย บอก อธิบาย และอื่น ๆ (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2559) พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 มาตรา 22 ระบุว่า “การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุดกระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ” ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ประเวศ วะสี กล่าวว่า “หัวใจของการปฏิรูปการศึกษาคือการเรียนรู้” “หัวใจของการปฏิรูปการเรียนรู้ คือ การปฏิรูปจากการยึดวิชาเป็นตัวตั้ง มาเป็นยึดมนุษย์หรือผู้เรียนเป็นตัวตั้ง หรือที่เรียกว่า ผู้เรียนสำคัญที่สุด” (คณะอนุกรรมการปฏิรูปการเรียนรู้, 2543) จึงควรมีการเปลี่ยนแปลงบทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจากการอธิบาย บรรยายเนื้อหา เพื่อนำไปสู่คำตอบ ให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม มีอิสระในการแสดงความคิดเห็น ซึ่งจะเป็นแรงผลักดันที่สำคัญที่ทำให้

นักเรียนแสดงพฤติกรรมการแก้ปัญหาและความตระหนักในการคิดของตนเอง (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2549)

ผลการประเมินที่ผ่านมาของ PISA 2015 PISA 2018 และ PISA 2022 พบว่า นักเรียนไทยมีความสามารถทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 58.26 ซึ่งอยู่ในระดับ 1 ถือว่าเป็นระดับต่ำที่สุด โดยการประเมินของ PISA ได้ออกแบบเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์ ผ่านการแก้ปัญหา ในสถานการณ์และบริบทที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง โดยผนวกการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์กับการแก้ปัญหา โดยใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไว้ด้วยกัน เพื่อนำไปใช้ในการคาดการณ์ การอธิบาย และการให้เหตุผลในปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดย PISA คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เข้ามามีบทบาทในชีวิตมากขึ้น และการพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีการเน้นกระบวนการในการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563) แม้จะมีการปฏิรูปการศึกษาและเกิดการเปลี่ยนแปลงจุดเน้นของหลักสูตร แต่ระบบการจัดการศึกษาแบบเดิม ยังคงมีอิทธิพลต่อบุคคลากรทางการศึกษา อีกทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนไม่ได้มีความก้าวหน้า (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2565) เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในปี 2564 – 2566 พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 36.83 28.06 29.96 ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2567)

ครูส่วนใหญ่มีแนวทางการสอนที่เน้นเพียงเนื้อหาสาระ แต่ละเลยการสอนทักษะและกระบวนการเรียนรู้ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของผู้เรียน อีกทั้งไม่รู้ว่าจะสอนอย่างไร จึงทำให้การเรียนการสอนเน้นเฉพาะผลลัพธ์ (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2565) การสอนโดยใช้วิธีการแบบเดิม เช่น การสอนแบบบรรยายเนื้อหาโดยไม่มีกิจกรรมอื่น ย่อมส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้สึกไม่ชอบวิชาคณิตศาสตร์ และกระทบต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน จึงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ นักเรียนจึงรู้สึกว่าการเรียนคณิตศาสตร์นั้นยาก ครูจึงควรหาวิธีการสอน หรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่สามารถทำให้นักเรียนได้เปลี่ยนบทบาทเป็นผู้แก้ปัญหาด้วยตัวเอง หากนักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ จะส่งผลให้เกิดความรักและมีผลการเรียนคณิตศาสตร์ที่ดี (สำรวย หาญห้าว, 2560)

ในมุมมองทั่วไปอาจมองว่าคณิตศาสตร์เป็นศาสตร์แห่งการคิดคำนวณเกี่ยวกับตัวเลขเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริง คณิตศาสตร์มีหลายสาขาที่ไม่ได้มุ่งเน้นส่วนสำคัญที่การคำนวณ เช่น การพิสูจน์ตรรกศาสตร์ ทฤษฎีกราฟ ฯลฯ (พงศธร มหาวิจิตร, 2559) คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับมันโนทัศน์ มีลักษณะเป็นภาษาสัญลักษณ์ซึ่งเป็นสากล เพื่อสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นคณิตศาสตร์จึงเป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ เกี่ยวข้องกับการคิดที่มีเหตุผล และมีความเป็นศิลปะที่ฝึกการคิดอย่างเป็นระบบ (ชมนาด เชื้อสุวรรณทวิ, 2561) ซึ่งคณิตศาสตร์สามารถสอนได้อย่าง

หลากหลาย การเลือกวิธีการสอนที่เหมาะสม จึงมีความสำคัญต่อวิชาคณิตศาสตร์ (สุวัฒนา อุทัยรัตน์, 2545) การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์จึงควรมุ่งให้ผู้เรียนมีทั้งความรู้และทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ดีควบคู่กันไป (อัมพร ม้าคนอง, 2553) ชั้นเรียนที่เน้นเฉพาะผลลัพธ์ ทำให้เกิดเพียงการคิดแบบซ้ำ ๆ ซึ่งไม่ได้เป็นทักษะที่ต้องการในศตวรรษที่ 21 อีกทั้งทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ไม่ดีต่อคณิตศาสตร์ เนื่องจากการเน้นเฉพาะผลลัพธ์นั้นเป็นการเน้นคำตอบที่ถูกต้อง จึงมีนักเรียนส่วนน้อยที่ได้รับการยอมรับในชั้นเรียน การไม่ให้คุณค่ากับกระบวนการเรียนรู้เป็นการปิดกั้นโอกาสในการพัฒนาศักยภาพการคิดขั้นสูง ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลต่อเจตคติในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2559) การเรียนคณิตศาสตร์จึงไม่ควรมุ่งเน้นเพียงคำตอบ แต่ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด เชื่อมโยงตรรกะและกลยุทธ์การแก้ปัญหาระหว่างองค์ความรู้ต่าง ๆ ดังคำว่า “คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์เกี่ยวกับระบบการคิด” เพื่อสร้างสิ่งที่มีคุณค่ามากกว่าการหาคำตอบ (พงศธร มหาวิจิตร, 2559) ดังนั้น ในการจัดการศึกษาจึงควรเป็นเปลี่ยนจุดเน้นในชั้นเรียน ที่เน้นเฉพาะผลลัพธ์ไปสู่การจัดการเรียนรู้ที่เน้นทั้งกระบวนการและผลลัพธ์ (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2559)

การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ นอกจากการมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์แล้ว สิ่งสำคัญที่ต้องพัฒนาควบคู่กันคือการมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์เนื่องจากเป็นสิ่งที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับพฤติกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียน และมีผลต่อการนำความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) การพัฒนาผู้เรียนอย่างยั่งยืน เกิดจากการสร้างแรงจูงใจภายในให้กับนักเรียน (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2557) หากผู้เรียนความสามารถในการควบคุมกระบวนการคิดและการเรียนรู้ของตนเองได้ ผู้เรียนจะสามารถเผชิญกับปัญหาและสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญความสำคัญต่อการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ (ขมนาด เชื้อสุวรรณทวิ, 2561) การตระหนักในคุณค่าและการมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งในคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) การเปลี่ยนแปลงทางด้านเจตคติ สามารถก่อให้เกิดความชอบ นำไปสู่การปฏิบัติได้ ซึ่งระดับการเรียนรู้ด้านเจตคติขั้นสูงสุด คือ ชั้นการสร้างลักษณะนิสัย เป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเจตคติที่เป็นการตอบสนอง แสดงออกมาเป็นการกระทำเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าในทิศทางซ้ำ ๆ และมีความสม่ำเสมอในการปฏิบัติ (Joyce, & Weil, 1996) ซึ่งการปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ จนเกิดเป็นนิสัยในการเรียนรู้ เรียกว่า จิตนิสัย (Habits of mind) โดยจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ควรส่งเสริมให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน เนื่องจากเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการศึกษาและพัฒนาคุณภาพชีวิตและสังคม (ปาริฉัตร ทับทิมหิน และน้ำทิพย์ งามอาภาวิชัย, 2566) หลักสำคัญของหลักสูตรคณิตศาสตร์ คือการมีจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ที่ดี เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยการคิดแบบนักคณิตศาสตร์ (Cuoco et al., 1996) การแก้ปัญหาที่มีการวิเคราะห์ จะทำให้เกิดจิตนิสัย ซึ่งจะทำให้เกิดผลลัพธ์ของการเรียนรู้ที่ดีขึ้น (Costa, & Kalick, 2000) ดังนั้น

การพัฒนาและส่งเสริมจิตนิสัยจึงเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากจิตนิสัยเป็นคุณลักษณะที่ไม่ใช่เพียงแต่ความรู้ แต่รวมไปถึงความซาบซึ้งต่อการรู้วิธีหรือการตอบสนองต่อข้อมูลนั้น ๆ (Costa, 2008) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสังคมที่ต้องการเรียนรู้ตลอดเวลา จิตนิสัยจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องส่งเสริมและพัฒนาให้เกิดขึ้น (อนงค์นาฏ คุรุณรัมย์, 2561 อ้างถึงใน พิริยากุล สิงหรา, 2565)

Halmos (2014) กล่าวว่า การเสริมสร้างให้นักเรียนเกิดจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ คือ การส่งเสริมคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ให้กับผู้เรียน โดยคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์มีการเผยแพร่ในปี ค.ศ. 2010 ภายใต้กรอบหลักสูตรคณิตศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา (Common Core State Standards for Mathematics หรือ (CCSSM) เป็นการรวมแนวคิดด้านกระบวนการและสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยแนวคิดด้านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สืบสนุนมาจากมาตรฐานกระบวนการของ NCTM ได้แก่ การแก้ปัญหา การคิดและการพิสูจน์ การสื่อสาร การเชื่อมโยงและการแสดงแทน และแนวคิดด้านสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้แก่ ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ (Conceptual understanding) ความคล่องแคล่วในขั้นตอนวิธีการ (Procedural fluency) ความสามารถในการปรับเปลี่ยนการให้เหตุผล (Adaptive reasoning) ความสามารถเชิงกลยุทธ์ (Strategic competence) ทักษะคิดที่สร้างสรรค์ (Productive disposition) ซึ่งมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยความสามารถเหล่านี้ จะส่งผลให้บุคคลประสบความสำเร็จในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (รณชัย ปานะโปย, 2559) ซึ่งหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระบุว่า ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย การแก้ปัญหา การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยง การให้เหตุผล และการคิดสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ด้วยความสำคัญของกระบวนการและสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลักสูตรคณิตศาสตร์ของสหรัฐอเมริกาจึงได้รวมแนวคิดทั้งสองเข้าด้วยกัน แล้วได้นำเสนอเป็นคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ (mathematical practice) จำแนกเป็น 8 องค์ประกอบคือ 1) ทำความเข้าใจปัญหา และมีความมานะบากบั่นในการแก้ปัญหาเหล่านั้น 2) ให้เหตุผลเชิงนามธรรมและเชิงปริมาณ 3) สร้างข้อความโต้แย้งที่สมเหตุสมผลและวิพากษ์วิจารณ์การให้เหตุผลของผู้อื่น 4) สร้างตัวแบบโดยใช้คณิตศาสตร์ 5) ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมอย่างมีกลยุทธ์ 6) ให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ 7) ค้นหาและใช้ประโยชน์จากโครงสร้าง 8) ค้นหาและบอกลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ (National Governors Association Center for Best Practices & Council of Chief State School Officers, 2010) ซึ่ง McCallum (2011) ได้แบ่ง 8 คุณลักษณะข้างต้นออกเป็น 4 กลุ่มเพื่อให้เห็นจุดเน้นสำคัญ คือ 1) การคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา 2) การให้เหตุผลและการอธิบายให้ตนเองรวมถึงผู้อื่นเข้าใจ 3) การประยุกต์ใช้ 4) การระบุและหารูปแบบทั่วไปของแบบรูปและ

โครงสร้าง โดยกลุ่มของการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาประกอบด้วย 2 คุณลักษณะ คือ 1) การทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น และ 2) การให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำในการแก้ปัญหาเหล่านั้น National Council of Teachers of Mathematics (2000) กล่าวว่า เป็นกลุ่มที่สอดคล้องกับความสามารถในการแก้ปัญหา และครอบคลุมมาตรฐานกระบวนการอื่น ๆ ที่ประกอบด้วย การสื่อสาร การให้เหตุผล การสื่อความหมาย การประยุกต์ใช้ การพิสูจน์และการเชื่อมโยง Halmos (2014) แสดงให้เห็นว่าเป็นกลุ่มที่ครอบคลุมคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ในกลุ่มอื่น ๆ ดังนั้นคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาก็มีความสำคัญที่สุด

การคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ส่งเสริมให้บุคคลคิดอย่างมีเหตุผลและใช้ความคิดในการสร้างองค์ความรู้ในด้านอื่น ๆ ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (National Research Council, 2001) นักเรียนที่มีคุณลักษณะนี้จะสร้างความเข้าใจ วิเคราะห์ และคาดการณ์เกี่ยวกับข้อจำกัดและความสัมพันธ์ต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา อีกทั้งมีการตรวจสอบคำตอบด้วยวิธีการต่าง ๆ มีการสื่อสาร อภิปรายกับผู้อื่นได้อย่างชัดเจน โดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ สามารถให้เหตุผลได้อย่างชัดเจน (NGA Center, & CCSSO, 2010) แนวทางในการเสริมสร้างคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ควรฝึกให้ผู้เรียนได้เป็นผู้ค้นพบ เป็นนักทดลอง โดยมีการกระตุ้นความสงสัย สามารถคาดการณ์ผสมผสานแนวคิด สื่อสารผ่านกลวิธีต่าง ๆ (Cuoco, Goldenberg, & Mark, 1996) การปลูกฝังให้กับผู้เรียนจึงควรกระทำและฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง โดยสอดแทรกอยู่ในกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ (พงศธร มหาวิจิตร, 2559)

ในขณะเดียวกัน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 มหาวิทยาลัยขอนแก่นได้บูรณาการสอนเข้ากับวิธีการแบบเปิด ซึ่งพัฒนาจากปัญหาปลายเปิด เป็นวิธีการสอน 4 ขั้นตอน 1) การนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด 2) การเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการแก้ปัญหา 3) การนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหา 4) การสรุปโดยพยายามเชื่อมโยงแนวคิดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2559) การเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เป็นการสอนที่เน้นสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดที่มาจากสิ่งรอบตัวนักเรียน เพื่อฝึกให้เกิดทักษะและกระบวนการทางด้านความคิด และเน้นกระบวนการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เปิดโอกาสให้นักเรียนคิดหาวิธีการแก้ปัญหา แลกเปลี่ยนวิธีคิดซึ่งกันและกัน (วรวิภา เป็งธินา และวณิชกร สุภาพ, 2563) ซึ่งวิธีการแบบเปิดเป็นแนวทางการสอนที่อาศัยการแก้ปัญหาปลายเปิดเป็นหัวใจสำคัญ มีศักยภาพในการปรับปรุงการสอน (Becker, & Shimada, 1997 อ้างถึงใน สัมพันธ์ ถิ่นเวียงทอง, 2561) โดยการแก้ปัญหาด้วยตนเองของนักเรียน ทำให้นักเรียนได้วิเคราะห์และตีความสถานการณ์ปัญหาเพื่อพิจารณาถึงองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง และนำมาใช้อย่างเหมาะสม โดยมีการระบุให้เหตุผลสนับสนุน อีกทั้งนักเรียนได้พิจารณา วางแผน คาดการณ์ การแก้ไขปัญหาว่าจะเริ่มต้นอย่างไร เมื่อนักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการแก้ปัญหาแล้ว นำไปสู่การสรุปสิ่งตนเองกระทำ สื่อสาร

แนวคิดผ่านกำหนดตัวแปร สมการ และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (วรวิฑูรี เป็งธินา และวณิชทร สุภาพ, 2563) สอดคล้องกับ ประภัสสร เพชรสุ่ม อภินิหาร สติธาศีกุล และกตัญญูดา บางโท (2560) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ การแสดงพฤติกรรมกรรมการอ่านแบบสังเกตคำสำคัญ นักเรียนจะมีแนวทางที่หลากหลายเพื่อใช้ในการเลือก นักเรียนดำเนินการตามวิธีที่เลือกไว้ นักเรียนแสดงพฤติกรรมกรรมการตรวจสอบคำตอบการขยายแนวคิด ผ่านกิจกรรมการนำเสนอ การอภิปรายร่วมกับเพื่อนและครู

ผู้วิจัยได้เห็นถึงความสำคัญของคุณลักษณะอันพึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งมีความจำเป็นต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่เป็นการพัฒนาผู้เรียนตอบสนองต่อความต้องการในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ของประเทศชาติที่สอดคล้องกับศตวรรษที่ 21

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ขอบเขตการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมวิจัย

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนขนาดเล็กแห่งหนึ่ง ในจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 3 คน

2. ขอบเขตของเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จำนวน 13 ชั่วโมง โดยเนื้อหาประกอบด้วย 1) ชนิดและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม 2) ส่วนต่าง ๆ ของรูปสามเหลี่ยม 3) การสร้างรูปสามเหลี่ยม 4) ความยาวรอบรูปของรูปสามเหลี่ยม 5) พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม 6) โจทย์ปัญหา

3. สิ่งที่ศึกษา

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ตัวแปรต้น การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด

ตัวแปรตาม คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาปลายเปิดที่มีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย โดยผู้เรียนได้คิดได้กระทำและเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหาภายในกลุ่ม โดยอาศัยความรู้ ทักษะ วิธีการต่าง ๆ มีการแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน และนำแนวคิดนั้นอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน นำไปสู่การสรุปองค์ความรู้ร่วมกัน การเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด คือ ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา ครูให้คำแนะนำช่วยเหลือในการทำความเข้าใจปัญหา และให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย

1.2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน คือ นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนมาใช้ในการวางแผน เชื่อมโยง ให้เหตุผลในการแก้ปัญหา นักเรียนสื่อสารแนวคิดด้วยวิธีการที่หลากหลาย ร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม และนำไปสู่ข้อสรุป โดยครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก สังเกตการแก้ปัญหาของนักเรียนช่วยเหลือและสนับสนุนอย่างเหมาะสม

1.3 การอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน คือ เป็นการนำเสนอแนวคิดของตนเองหน้าชั้นเรียน โดยมีการอภิปรายโต้แย้งหรือสนับสนุนแนวคิดต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล การจัดลำดับการนำเสนอแนวคิดจากแนวคิดพื้นฐานไปสู่แนวคิดที่สอดคล้อง เพื่อให้นักเรียนเห็นกระบวนการและวิธีที่หลากหลายในการหาคำตอบ

1.4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน คือ ครูและนักเรียนร่วมกันวิเคราะห์แนวคิด วิธีการ ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนร่วมประเมินและตัดสินคุณค่าของวิธีการที่มีประสิทธิภาพ สร้างข้อสรุปและตีความผลลัพธ์ร่วมกัน นำไปสู่สิ่งที่ได้เรียนรู้ในชั้นเรียน

2. คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา (Overarching habits of mind of a productive mathematical thinker) คือ ลักษณะนิสัยของนักคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบไป 2 คุณลักษณะ คือ

2.1 คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น

2.1.1 นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้

2.1.2 นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้

2.1.3 นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการวางแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ

2.1.4 นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม

2.1.5 นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง

2.1.6 นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้

2.2 คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

2.2.1 นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่น ด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด

2.2.2 นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจนแม่นยำ เหมาะสมกับบริบท

โดยคุณลักษณะที่กล่าวมา ประเมินได้จากแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาและแบบทดสอบคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
 - 1.1 เป้าหมาย
 - 1.2 สาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์
 - 1.3 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางคณิตศาสตร์
 - 1.4 คำอธิบายรายวิชาคณิตศาสตร์ ค16101 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด
 - 2.1 ความหมายของวิธีการแบบเปิด
 - 2.2 ลักษณะสำคัญของวิธีการแบบเปิด
 - 2.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด
 - 2.4 ประโยชน์ของวิธีการแบบเปิด
 - 2.5 แนวคิดสำคัญของบทบาทครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด
3. คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์
 - 3.1 ที่มาความสำคัญของมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์
 - 3.2 การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์
 - 3.3 ความสัมพันธ์ของมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์
 - 3.4 เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์
 - 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

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

1.1 เป้าหมายของหลักสูตร

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

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด หลักการ ทฤษฎี ในสาระคณิตศาสตร์ที่จำเป็น พร้อมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ได้

2. มีความสามารถในการแก้ปัญหา สื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เชื่อมโยง ให้เหตุผล และมีความคิดสร้างสรรค์

3. มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ เห็นคุณค่าและตระหนักถึงความสำคัญของคณิตศาสตร์ สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ในระดับการศึกษาที่สูงขึ้น ตลอดจนการประกอบอาชีพ

4. มีความสามารถในการเลือกใช้สื่อ อุปกรณ์ เทคโนโลยีและแหล่งข้อมูลที่เหมาะสม เพื่อเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน และการแก้ปัญหาอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

1.2 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และการนำไปใช้

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัดและนำไปใช้

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

1.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์ในการเรียนคณิตศาสตร์

การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ควรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ต่อไปนี้

1. ทำความเข้าใจหรือสร้างกรณีทั่วไปโดยใช้ความรู้ที่ได้จากการศึกษากรณีตัวอย่างหลาย ๆ กรณี
2. มองเห็นว่าสามารถใช้คณิตศาสตร์แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้
3. มีความมุ่งมั่นในการทำความเข้าใจปัญหาและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
4. สร้างเหตุผลเพื่อสนับสนุนแนวคิดของตนเองหรือโต้แย้งแนวคิดของผู้อื่นอย่างสมเหตุสมผล
5. ค้นหาลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ และประยุกต์ใช้ลักษณะดังกล่าวเพื่อทำความเข้าใจหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ

1.4 คำอธิบายรายวิชาคณิตศาสตร์ (ค16101) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ศึกษาตัวประกอบ จำนวนเฉพาะ และตัวประกอบเฉพาะ การแยกตัวประกอบ ห.ร.ม. ค.ร.น. โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ ห.ร.ม. และ ค.ร.น. การเปรียบเทียบเศษส่วนและจำนวนคละ การเรียงลำดับเศษส่วนและจำนวนคละ การบวก การลบเศษส่วนและจำนวนคละ การแก้โจทย์ปัญหา เศษส่วนและจำนวนคละ การบวก ลบ คูณ หารระคนของเศษส่วนและจำนวนคละ การแก้โจทย์ปัญหาการบวก ลบ คูณ หารระคนของเศษส่วนและจำนวนคละ ความสัมพันธ์ระหว่างเศษส่วนและทศนิยม การหารทศนิยมที่ตัวหารและผลหารเป็นทศนิยมไม่เกิน 3 ตำแหน่ง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับทศนิยม อัตราส่วน อัตราส่วนที่เท่ากัน มาตราส่วน โจทย์ปัญหาอัตราส่วนและมาตราส่วน โจทย์ปัญหาร้อยละ ชนิดและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม การสร้างรูปสามเหลี่ยม ส่วนต่าง ๆ ของวงกลม การสร้างวงกลม ความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม มุมภายในของรูปหลายเหลี่ยม ความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม ความยาวรอบรูปและพื้นที่ของวงกลม โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปและพื้นที่ของวงกลม ทรงกลม ทรงกระบอก กรวย และพีระมิด รูปคลี่ของทรงกระบอก กรวย ปริซึม และพีระมิด ปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่ประกอบด้วยทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่ประกอบด้วยทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก การแก้ปัญหาเกี่ยวกับแบบรูป และการนำเสนอข้อมูล

โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยใช้ปัญหาปลายเปิดซึ่งเป็นปัญหาที่ใกล้ตัวผู้เรียน เพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการในการคิดคำนวณ การแก้ปัญหา การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยง การ

ให้เหตุผล และนำความรู้ ความคิด ทักษะและกระบวนการที่ได้ไปใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์

เพื่อให้เห็นคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ มีความมานะบากบั่นในการทำความเข้าใจและการแก้ปัญหา มีความรับผิดชอบ สามารถทำงานได้อย่างเป็นระบบระเบียบ รอบคอบ ให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ มีวิจารณญาณและมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ตัวชี้วัด ค 1.1 ป.6/1, ป.6/2, ป.6/3, ป.6/4, ป.6/5, ป.6/6, ป.6/7, ป.6/8, ป.6/9, ป.6/10, ป.6/12

ค 1.2 ป.6/1

ค 2.1 ป.6/1, ป.6/2, ป.6/3

ค 2.2 ป.6/1, ป.6/2, ป.6/3, ป.6/4

ค 3.1 ป.6/1

รวม 21 ตัวชี้วัด

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach)

2.1 ความหมายของวิธีการแบบเปิด

นักการศึกษาและนักวิชาการ กล่าวถึง ความหมายของวิธีการแบบเปิด ดังนี้ Nohda (1986) กล่าวว่า วิธีการแบบเปิด หมายถึง วิธีการสอนหนึ่งซึ่งจำเป็นต้องสร้างกิจกรรมที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมและการแก้ปัญหาของนักเรียนและวิธีคิดทางคณิตศาสตร์ ให้นักเรียนได้ใช้วิธีการในการแก้ปัญหาที่หลากหลายอธิบายได้ 3 ลักษณะ คือ

1. มีการพัฒนากิจกรรมของเด็ก เพื่อวิธีการสอนแบบเปิดโดยเฉพาะ
2. ปัญหาที่กำหนดในวิธีการแบบเปิดต้องอาศัยแนวคิดทางคณิตศาสตร์ด้วย
3. วิธีการแบบเปิดควรสอดคล้องสัมพันธ์กันในกิจกรรมระหว่างข้อ 1 กับข้อ 2

Tejima (1997) กล่าวว่า วิธีการแบบเปิด เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาปลายเปิด (Open-ended problems) ซึ่งเป็นปัญหาที่มีแนวทางในการแก้ปัญหาหลากหลาย อีกทั้งการใช้ปัญหาปลายเปิดสามารถบูรณาการเนื้อหาส่วนอื่น ๆ เข้าด้วยกันได้ การพิจารณาคำตอบที่ไม่ใช่การตัดสินใจเฉพาะความถูกต้อง แต่มีการพิจารณาถึงความสมเหตุสมผล ซึ่งเป็นการดึงกระบวนการคิดของนักเรียนออกมา ทำให้ส่งเสริมการพัฒนาของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

Nohda (2000) ได้กล่าวว่า วิธีการแบบเปิด ในที่ประชุมระดับนานาชาติของจิตวิทยาการศึกษา (PME) เรื่อง “Teaching by Open Approach Method in Japanese Mathematics Classroom” ว่าเป็นวิธีการสอนแบบที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ให้ได้คิดค้นความรู้จากการลงมือปฏิบัติ

ในทุกขั้นตอน ซึ่งต้องอาศัยเทคนิควิธีการสอนและการจัดกระบวนการเรียนรู้หลาย ๆ รูปแบบที่
จนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

Isoda (2010) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเป็นแนวทางการสอนที่
เน้นการแก้ปัญหา เริ่มต้นจากการทำความเข้าใจปัญหา และพิจารณาสิ่งที่เป็นปัญหา ดังนั้นการจัดการ
เรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดจึงต้องสร้างงานและทำให้เป็นปัญหาของนักเรียน เนื่องจากเมื่อนักเรียน
รู้สึกว่าเป็นปัญหาเป็นปัญหาของตนเอง จะเสมือนเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเข้าสู่สถานการณ์ปัญหา
จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนดึงแนวคิดมาแก้ปัญหา อธิบาย ให้เหตุผล ดังนั้น การสร้างปัญหาจึงเป็น
สิ่งสำคัญ อีกทั้งครูจะต้องรวบรวมแนวคิดที่หลากหลายเกิดขึ้นภายในชั้นเรียนของนักเรียนจากการที่
นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการแก้ปัญหาไม่ว่าจะเป็นคำตอบหรือกระบวนการแก้ปัญหา รวมไปถึง
การพัฒนาและจัดการแนวคิดนั้นอย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้ความสำคัญกับแนวคิดของนักเรียนทุก
แนวคิดและเชื่อมโยงแนวคิดต่าง ๆ จากการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียนที่แสดงให้เห็นถึงกระบวนการ
ในการแก้ปัญหาจากการใช้กระดานดำในการที่แสดงให้เห็นว่าอะไรคือปัญหา มีแนวคิดในการ
แก้ปัญหาอย่างไร ครูสรุปและเชื่อมโยงแนวคิดต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่รูปทั่วไป กฎหรือสูตร

สุลัดดา ลอยฟ้า และไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2547) กล่าวว่า วิธีการแบบเปิดเป็นวิธีการ
สอนที่เน้นการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการแก้ปัญหาลายเปิด เพื่อให้ นักเรียน
มีกระบวนการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งใช้ปัญหาลายเปิดเป็นสาระสำคัญในการพัฒนาความคิด
ทางคณิตศาสตร์

วิจารณ์ พานิช (2557) กล่าวว่า วิธีการแบบเปิดเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนมี
ส่วนร่วมในการแก้ปัญหาและนำเสนอแนวคิดของตนเอง โดยใช้ปัญหาลายเปิดหรือโจทย์สถานการณ์
เป็นศูนย์กลาง มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันในชั้นเรียน เพื่อทำความเข้าใจและเรียนรู้วิธีการคิดทั้ง
ของตนเองและผู้อื่น ซึ่งวิธีการแบบเปิดทำให้นักเรียนมีวิถีและวิธีการเรียนรู้ที่แตกต่างหลากหลาย
เป็นการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองอย่างทั่วถึงเต็มศักยภาพของแต่ละคน และเป็นการสร้าง
สมรรถนะที่จะเรียนรู้แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยกระบวนการ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายใน
ตนเอง (Transformative Learning) ร่วมกัน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดอุปนิสัยและความสามารถในการ
เรียนรู้ตลอดชีวิต

สามารถสรุปได้ว่าวิธีการแบบเปิด หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหา
ปลายเปิด ที่มีแนวทางการแก้ปัญหามากมาย โดยผู้เรียนได้คิด กระทำและเรียนรู้ผ่าน
การแก้ปัญหาภายในกลุ่ม โดยอาศัยความรู้ ทักษะ วิธีการต่าง ๆ เกิดการสรุป เชื่อมโยงแนวคิดต่าง ๆ
เพื่อนำไปสู่องค์ความรู้

2.2 ลักษณะสำคัญของวิธีการแบบเปิด

นักการศึกษาและนักวิชาการกล่าวถึงลักษณะสำคัญของวิธีการแบบเปิด ดังนี้

Nohda (2000) ได้กล่าวว่า แนวคิดสำคัญของวิธีการแบบเปิด 3 ประการ

1. การเปิดใจของนักเรียนเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ (Opening Up the Hearts of Students towards Mathematics) การจัดกิจกรรมทางการศึกษาทั้งหมดในปัจจุบันของนักเรียน ควรเป็นไปเพื่อเปิดเส้นทางสู่การเรียนรู้ในอนาคต แม้กระทั่งคณิตศาสตร์ในโรงเรียน เราควรคำนึงว่า จะทำอะไรให้นักเรียนทุกคนได้รับการส่งเสริมเพื่อแสดงวิถีชีวิตของตนเอง ทั้งทางกายและทางใจ ในการสนับสนุนสังคมที่เขาอยู่อย่างเต็มกำลังเต็มความสามารถ บนพื้นฐานของความรู้ความเข้าใจ ทักษะ และแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นเราจึงควรสร้างความมั่นใจว่า ในกิจกรรมทางการศึกษาทุก ประเภท นักเรียนจะได้รับโอกาสและสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม สิ่งที่เห็นได้ อย่างชัดเจนอย่างหนึ่งคือในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น นักเรียนสามารถเรียนคณิตศาสตร์ได้ด้วย ตนเอง แต่นักเรียนกลับรู้สึกยาก เมื่อเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เนื่องจากการเรียน เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ยากเกินระดับมัธยมศึกษา ซึ่งเป็นผลมาจากความยากของคณิตศาสตร์ในความเป็น ศาสตร์วิชา เช่น ความเป็นโครงสร้าง ความเป็นนามธรรม และกฎเกณฑ์ต่าง ๆ มากมาย (Nohda, 1982 as cited in Nohda, 2000 p.4)

2. วิธีการแบบปลายเปิด (Open-ended Approach) มีจุดเน้น คือ ปัญหาต่าง ๆ นั้น ไม่ได้มีเพียงคำตอบเดียว จึงควรจัดการเรียนรู้ที่มีคำตอบที่ถูกต้องในหลากหลายคำตอบ เพื่อมุ่งใช้ ประโยชน์จากแนวคิดที่หลากหลายนี้ (shimada, 1997 อ้างถึงใน ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2565 น. 129) ในขณะเดียวกัน วิธีการแบบเปิด (Open-Approach Method) ได้พิจารณาความหมายของการ เปิดในมุมมองของปัญหาปลายเปิดที่มีแนวทางการแก้ปัญหาคำตอบได้อย่างหลากหลาย อีกทั้งมองว่า ในปัญหาหนึ่ง ๆ นั้น มีปัญหาอื่น ๆ หลายตัว รวมอยู่ในปัญหานั้นด้วย ซึ่งวิธีการแบบปลายเปิดนี้ มีความเป็นไปได้มากที่จะส่งเสริมและสร้างโอกาสให้กับนักเรียนที่มีความสามารถและความต้องการ แตกต่างกันในการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวคิดหรือแนวทางคำตอบที่หลากหลายจาก ตัวผู้เรียน กระตุ้นให้นักเรียนสรุปคำตอบจากมุมมองของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่าง หลากหลาย (Nohda, 1984 อ้างถึงใน ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2565 น. 129)

3. การประเมินแนวทางคำตอบของนักเรียน (Evaluation of Students' Responses) คือ การประเมินความหลากหลายของคำตอบ ซึ่งวิธีการแบบเปิดนั้นเป็นวิธีที่ส่งเสริมแนวทางในการคิด การแก้ปัญหา รวมไปถึงการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จึงทำให้การประเมินเพียงคำตอบที่ถูกต้อง ไม่ใช่เป้าหมายของวิธีการแบบเปิด โดยเกณฑ์การประเมินนักเรียน พิจารณาได้ดังนี้

3.1 จำนวนของคำตอบหรือแนวทางในการแก้ปัญหาที่นักเรียนแต่ละคนสร้างขึ้นมี มากน้อยเพียงใด (Fluency)

3.2 ความแตกต่างของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนแต่ละคนค้นพบมีมากน้อยเพียงใด (Flexibility)

3.3 ระดับของความเป็นต้นแบบหรือแนวคิดริเริ่มของนักเรียนอยู่ระดับไหน (Originality)

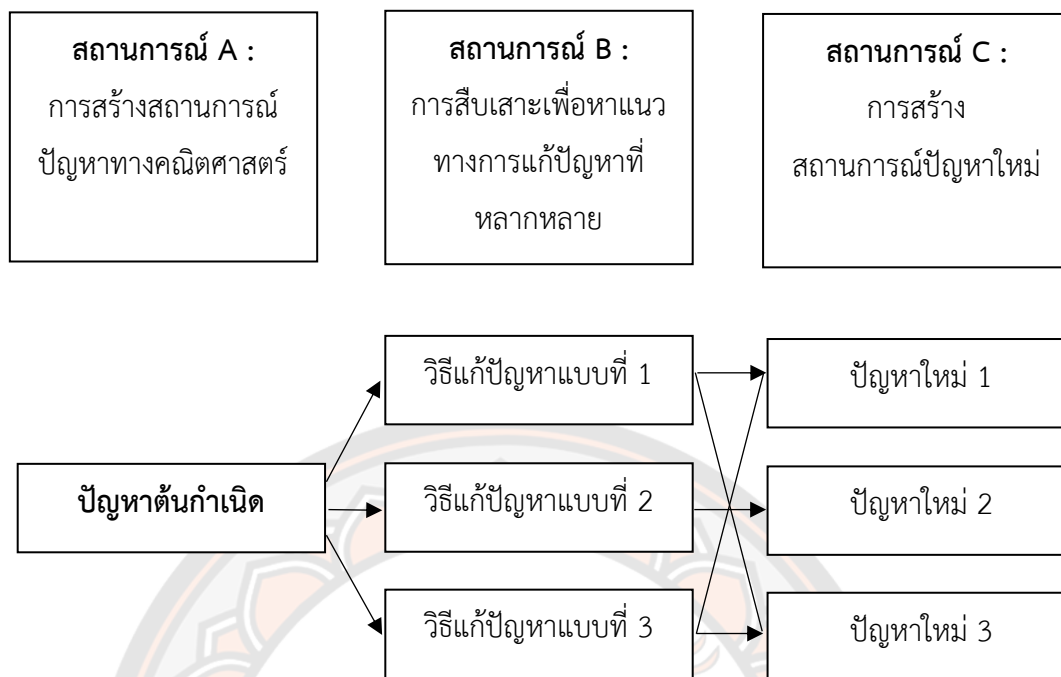
3.4 ระดับของการนำเสนอแนวคิดของนักเรียนมีความชัดเจนและง่ายเพียงใด (Elegance)

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2565) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ยึดสำคัญหลัก 3 ประการ

1. มีความสัมพันธ์กับความเป็นอิสระของนักเรียนในการทำกิจกรรม โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด ได้มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของนักเรียน ครูควรจะตระหนักถึงความหมายของกิจกรรมและคุณค่าที่จะเกิดขึ้น โดยการไม่แทรกแซงนักเรียนหากไม่จำเป็น

2. มีความสัมพันธ์กับธรรมชาติของคณิตศาสตร์ที่เป็นความรู้ซึ่งมีลักษณะในเชิงบูรณาการและเชิงวิวัฒนาการ เนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เป็นระบบ การมีความรู้ความเข้าใจลึกซึ้งเพียงใด ย่อมทำให้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ในการอุปมาสู่ลักษณะทั่วไปมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งการอุปมาเป็นเสมือนการนำความรู้ที่มีสู่โลกกว้าง ยิ่งมีความรู้มากเพียงใด ยิ่งทำให้ยิ่งทำให้มองเห็นเส้นทางได้มากขึ้น แต่ทว่าความรู้พื้นฐานเป็นปัจจัยหลักที่สะท้อนให้เห็นวิถีของการวิวัฒนาการความรู้ทางคณิตศาสตร์ ในขณะเดียวกันแนวคิดพื้นฐานที่เป็นรากฐานของความรู้ เมื่อได้รับการสะท้อนหลายครั้ง เสมือนได้มีโอกาสทบทวนซ้ำแล้วซ้ำอีก ส่งผลให้เป็นแรงกระตุ้นสู่ประตูของโลกกว้าง

3. มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจที่มีความหมาย ในห้องเรียนของครู ในหลาย ๆ ครั้ง ชั้นเรียนคณิตศาสตร์มักจะมีแนวคิดที่แปลกใหม่ เหนือความคาดหมายอยู่เสมอ ซึ่งครูจะต้องเข้าไปมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยครูจะทำหน้าที่ในการนำแนวคิดของนักเรียนเหล่านั้นเข้ามา มีบทบาทในชั้นเรียนอย่างเต็มที่ เพื่อให้ให้นักเรียนในชั้นเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน สามารถที่จะเข้าใจแนวคิดนั้นได้อย่างแท้จริง โดยปัญหาปลายเปิดประกอบด้วย สถานการณ์ปัญหา 3 ประการ



ภาพ 1 แสดงสถานการณ์การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด

ที่มา: Nohda, 2000

สถานการณ์ A เป็นการสร้างสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ครูมีบทบาทในการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาขึ้นมาในชั้นเรียน เมื่อนักเรียนได้รับรู้ถึงสถานการณ์ปัญหาแล้ว นักเรียนจะมีบทบาทในการสร้างปัญหาทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา เพื่อตอบสนองต่อประสบการณ์หรือความรู้เดิมของนักเรียน

สถานการณ์ B เป็นการแสวงหาแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเองของนักเรียน โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม มาช่วยในการแก้ไข้ปัญหา ซึ่งบทบาทของครู คือผู้ชี้แนะให้นักเรียนเห็นถึงแนวทางในการอภิปรายแนวคิด เกี่ยวกับการได้มาซึ่งคำตอบที่หลากหลายเพื่อที่จะนำแนวคิดที่แยกส่วนเหล่านั้น มาปรับประยุกต์เข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ความรู้ในระดับที่สูงขึ้นในภายหลัง

สถานการณ์ C เป็นการสร้างปัญหาใหม่ที่ต่อยอดพัฒนาจากสถานการณ์เดิม ซึ่งปัญหาที่นักเรียนสร้างนั้น จะต้องมึลักษณะของความเป็นรูปทั่วไป (generalization) มากขึ้น โดยอาศัยกิจกรรม แนวคิด หรือ ความรู้ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจาก สถานการณ์ B นักเรียนถูกคาดหวังว่าจะค้นพบองค์ความรู้ที่มีลักษณะเป็นรูปทั่วไปมากขึ้น

Becker, & shimada (1997 อ้างถึงใน นฤมล อินทร์ประสิทธิ์, 2552, น. 31) กล่าวว่า วิธีการแบบเปิดนั้น มีผลลัพธ์สำคัญคือปัญหาที่มีคำตอบที่ถูกต้องหลากหลายคำตอบ ในชั้นเรียน

คณิตศาสตร์แบบเดิม คำถามถูกตั้งขึ้นเพื่อเน้นวิธีการ (methods) แนวทาง (ways) หรือวิธีคิด (approaches) เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหาที่กำหนด แต่มิใช่การหาคำตอบ ซึ่งในกรณีนี้นักเรียนกำลังประสบและลงมือกับปัญหาปลายเปิด การตั้งคำถามมีเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาเพื่อนำไปสู่คำตอบ ดังนั้นแนวทางในการหาคำตอบจึงมีอยู่อย่างหลากหลาย วิธีการดังกล่าว เรียกว่า “วิธีการแบบเปิด” เนื่องจากในชั้นเรียนจะมีคำตอบที่ถูกต้องอย่างหลากหลายวิธี จึงใช้คำตอบเหล่านี้เพื่อจัดเตรียมเป็นประสบการณ์สำหรับการค้นพบสิ่งใหม่ ๆ เมื่อผนวกรวมเข้ากับกระบวนการในชั้นเรียน จึงกลายเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากรวมกันระหว่างวิธีการ (methods) แนวทาง (ways) หรือวิธีคิด (approaches) ที่นักเรียนแต่ละคนได้เรียนรู้มา จึงส่งผลให้การคิดขั้นสูงทางคณิตศาสตร์กลายเป็นจุดประสงค์ที่เกิดขึ้นอย่างเป็นธรรมชาติ

สรุปได้ว่าลักษณะของวิธีการแบบเปิด คือการจัดกิจกรรมการสอนที่ใช้ปัญหาปลายเปิด ซึ่งมีแนวทางในการแก้ปัญหาหรือมีแนวทางให้การตอบอย่างอย่างไรหลาย ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากรวมกันของวิธีการ แนวทาง หรือวิธีคิด ที่เมื่อนักเรียนรับรู้ปัญหาคณิตศาสตร์แล้ว เกิดการสร้างความรู้ เข้าใจ นำประสบการณ์หรือความรู้เดิมมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเองของนักเรียน โดยครูคือ ผู้ชี้แนะ ให้นักเรียนได้เรียนรู้และค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเอง ส่งผลให้การคิดขั้นสูงทางคณิตศาสตร์

2.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

นักการศึกษาและนักวิชาการ กล่าวถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ดังนี้

Nohda (2000, อ้างถึงใน สุรัตดา ลอยฟ้า และไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2547) กล่าวว่า ขั้นตอนการนำปัญหาปลายเปิดโดยใช้วิธีการแบบเปิด มี 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดปัญหา คือการนำเสนอปัญหาปลายเปิด โดยครูให้นักเรียนได้เผชิญปัญหา ซึ่งในลักษณะของสถานการณ์ เช่น เป็นขั้นตอนที่ครูนำเสนอปัญหาปลายเปิดให้นักเรียนได้เผชิญโดยที่ครูไม่ได้แนะวิธีการแก้ปัญหาให้กับนักเรียน ซึ่งลักษณะของปัญหาอยู่ในรูปของสถานการณ์ที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันที ซึ่งปัญหาปลายเปิดมี 3 ชนิด คือ 1) กระบวนการเปิด คือมีวิธีการในการแก้ปัญหาที่ถูกต้องหลากหลาย 2) ผลลัพธ์เปิด คือ มีคำตอบถูกต้องหลากหลายคำตอบ 3) แนวทางการพัฒนาเปิด คือ สามารถที่จะพัฒนาจากปัญหาเดิมไปเป็นปัญหาใหม่ได้หลากหลาย

2. แก้ปัญหา เป็นขั้นตอนของการแสดงวิธีการที่หลากหลาย ซึ่งนักเรียนร่วมกันเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาตามความรู้ความสามารถของแต่ละบุคคลเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา โดยมีครูกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เชื่อมโยงความรู้ที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มเข้าด้วยกัน

3. ขยายปัญหา เป็นขั้นตอนการขยายโดยอาศัยฐานปัญหาเดิมจากการแก้ปัญหาสู่ขั้นตอนใหม่

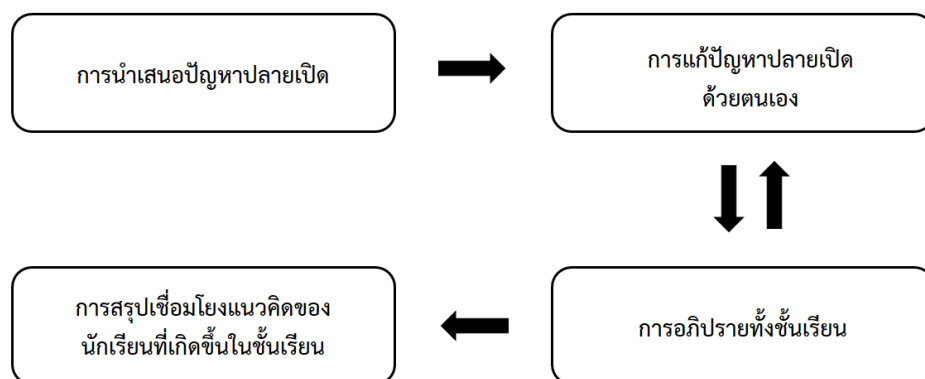
Inprasitha (2011) กล่าวว่าวิธีการแบบเปิดมี 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิดกับนักเรียน คือ ครูนำเสนอปัญหาปลายเปิด โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหาปลายเปิดว่าปัญหาที่นักเรียนกำลังเผชิญคืออะไร เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ หรือเงื่อนไขของปัญหานั้น ๆ ถ้าหากนักเรียนไม่เข้าใจปัญหาหรือไม่คุ้นเคยเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น เป็นปัญหาใหม่ หรือปัญหาที่ไม่เคยพบ ครูควรสื่อสารหรือให้ข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนมองเห็นปัญหาในมุมมองที่มีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น ยกตัวอย่างอื่นที่หลากหลายเกี่ยวกับปัญหานั้น ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของปัญหาและเข้าไปมีส่วนร่วมมีบทบาทกับปัญหานั้น ๆ

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการแก้ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น กลุ่ม คู่ หรือเดี่ยว คือนักเรียนร่วมกันแก้ปัญหา โดยสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดภายในกลุ่ม ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนจะได้แสดงแนวคิดของตนเองอย่างสร้างสรรค์ ครูสังเกตการณ์รวบรวมแนวคิดในการแก้ปัญหาของนักเรียนเพื่อนำสู่การอภิปราย

ขั้นที่ 3 การอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน คือ การนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาของนักเรียน นักเรียนจะต้องอภิปรายแนวคิดของตนเองที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีการบันทึกแนวคิดที่เป็นจุดเน้นหรือประเด็นสำคัญของนักเรียนเป็นลายลักษณ์อักษรหน้าชั้นเรียน ซึ่งครูต้องให้ความสำคัญกับทุกแนวคิด ครูทำหน้าที่สนับสนุนการอภิปรายแนวคิดของนักเรียน และเปรียบเทียบแนวคิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

ขั้นที่ 4 การสรุปเชื่อมโยงแนวคิด คือ การนำแนวคิดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน สรุปเชื่อมโยงเปรียบเทียบให้เห็นถึงความเหมือนและความแตกต่าง จนนำไปสู่ข้อสรุปร่วมกัน โดยสรุปเป็นรูปทั่วไป กฎ หรือสูตรทางคณิตศาสตร์ สิ่งสำคัญคือ มิใช่แนวคิดที่ครูนำไปสรุป แต่เป็นการสรุปในลักษณะของแนวคิดที่เกิดจากการตีความ ขยายความ เชื่อมโยงของแนวคิดต่าง ๆ ในคาบเรียนนี้หรือคาบเรียนก่อนหน้า



ภาพ 2 แสดงวิธีการแบบเปิด 4 ขั้นตอน

ที่มา: Inprasitha, 2011

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2559 อ้างถึงใน คำราม เตชมา, 2563, น. 39) กล่าวว่า ลำดับของการจัดการเรียนรู้ควรทำเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งเป็นการวางแผนสำหรับการสอนควรเริ่มจากสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยหรือประสบการณ์เดิม ซึ่งเป็นโลกจริงของนักเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเข้าสู่ปัญหาผ่านการใช้สื่อและนำไปสู่โลกทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน

1. การแสดงแทนโลกจริง (Representation of real world) การออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ประสบการณ์ของนักเรียนหรือสถานการณ์จริงมาออกแบบ เพื่อสนับสนุน ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้สึกรสนใจ อยากมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้น

2. การแสดงโดยใช้สื่อกึ่งรูปธรรม (Semi concrete aids) คือการที่นักเรียนใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ นำมาเป็นตัวแทนของโลกจริงในแนวคิดของนักเรียนเพื่อใช้เป็นสื่อในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3. การแสดงแทนโลกคณิตศาสตร์ (Representation of mathematical world) นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนเองสู่โลกคณิตศาสตร์ได้ เช่น รูปทั่วไป กฎ สูตร นิยาม

เที่ยง อินทร์ปัญญา (2554) กล่าวว่า วิธีการแบบเปิดมี 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นตอนการนำเสนอปัญหาปลายเปิด
2. ขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยตัวเองของนักเรียนหรือช่วงการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน
3. ช่วงอภิปรายบทเรียนทั้งชั้น
4. ขั้นตอนการสรุปบทเรียนโดยการเชื่อมโยง ซึ่งเชื่อมโยงกับแนวคิดของผู้เรียน

ยุพาพัทธ์ สเดา (2555) กล่าวว่า การสอนโดยใช้แบบวิธีการเปิดมีขั้นตอนดังนี้

1. ชี้นำเสนอปัญหาต่อชั้นเรียน โดยเน้นวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ซึ่งมีลักษณะของการเปิด 3 ลักษณะ คือ กระบวนการเปิด (แนวทางการแก้ปัญหาที่ถูกต้องนั้นมีหลายแนวทาง) ผลลัพธ์เปิด (คำตอบถูกต้องหลายคำตอบ) แนวทางการพัฒนาเปิด (สามารถพัฒนาไปเป็นปัญหาใหม่ได้) เมื่อได้สถานการณ์ปัญหาแล้วครูให้นักเรียนทำใบกิจกรรมในห้องเรียนโดยทำเป็นกลุ่ม ๆ ละประมาณ 3 – 5 คน

2. ชี้นำลงมือทำกิจกรรมและเรียนรู้ด้วยตนเอง (การนำเสนอแผนการสอนไปใช้) (Research) เมื่อได้ใบกิจกรรมนักเรียนในกลุ่มก็จะช่วยกันคิดหาวิธีของแต่ละคนเสร็จแล้วก็จะคุยกันในกลุ่มเพื่อหาข้อสรุปและเหตุผลที่ได้คำตอบมาอย่างนี้เพราะอะไร มีวิธีการอย่างไร เสร็จแล้วก็จะนำเสนอหน้าชั้นให้เพื่อนรับทราบถึงแนวความคิดของกลุ่ม

3. ชี้นำอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน (สะท้อนผลการอภิปรายเกี่ยวกับการสอน) (Lesson Discussion) เมื่อนักเรียนได้คำตอบพร้อมกับเหตุผลแนวคิดและวิธีหาคำตอบก็จะนำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่อให้เพื่อนได้รับทราบถึงวิธีการคิดของนักเรียน หลังจากนั้นครูร่วมอภิปรายเพื่อพัฒนาไปเป็นปัญหาใหม่ เพื่อนำมาพัฒนาต่อไป

4. ชี้นำสรุปบทเรียนจากการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน (การสรุปผลการเรียนรู้) (Consolidation of Learning) ขั้นสุดท้ายของกิจกรรมที่ครูและนักเรียนเรียนรู้ร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปของบทเรียนที่มีความเหมือนและแตกต่างในการหาคำตอบของแต่ละกลุ่มเพื่อที่จะสรุปเป็นแนวคิดร่วมกัน

แนวคิดที่กล่าวมา พบว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่สอดคล้องกัน ผู้วิจัยได้สังเคราะห์จากแนวคิดของ Nohda (2000) ยุพาพัทธ์ สเดา (2555) และ Inprasitha (2010) สรุปได้ว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การนำเสนอปัญหาปลายเปิด คือ ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา ครูให้คำแนะนำช่วยเหลือในการทำความเข้าใจปัญหาและให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย

2. การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน คือ นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนมาใช้ในการวางแผน เชื่อมโยง ให้เหตุผลในการแก้ปัญหา นักเรียนสื่อสารแนวคิดด้วยวิธีการที่หลากหลาย ร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม และนำไปสู่ข้อสรุป โดยครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก สังเกตการแก้ปัญหาของนักเรียนช่วยเหลือและสนับสนุนอย่างเหมาะสม

3. การอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน คือ เป็นการนำเสนอแนวคิดของตนเองหน้าชั้นเรียน โดยมีการอภิปรายโต้แย้งหรือสนับสนุนแนวคิดต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล การจัดลำดับการนำเสนอ

แนวคิดจากแนวคิดพื้นฐานไปสู่แนวคิดที่สอดคล้อง เพื่อให้นักเรียนเห็นกระบวนการและวิธีที่หลากหลายในการหาคำตอบ

4. การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน คือ ครูและนักเรียนร่วมกันวิเคราะห์แนวคิด วิธีการ ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนร่วมประเมินและตัดสินคุณค่าของวิธีการที่มีประสิทธิภาพ สร้างข้อสรุปและตีความผลลัพธ์ร่วมกัน นำไปสู่สิ่งที่ได้เรียนรู้ในชั้นเรียน

2.4 ประโยชน์ของวิธีการแบบเปิด

นักการศึกษาและนักวิชาการ กล่าวถึงประโยชน์ของวิธีการแบบเปิดดังนี้

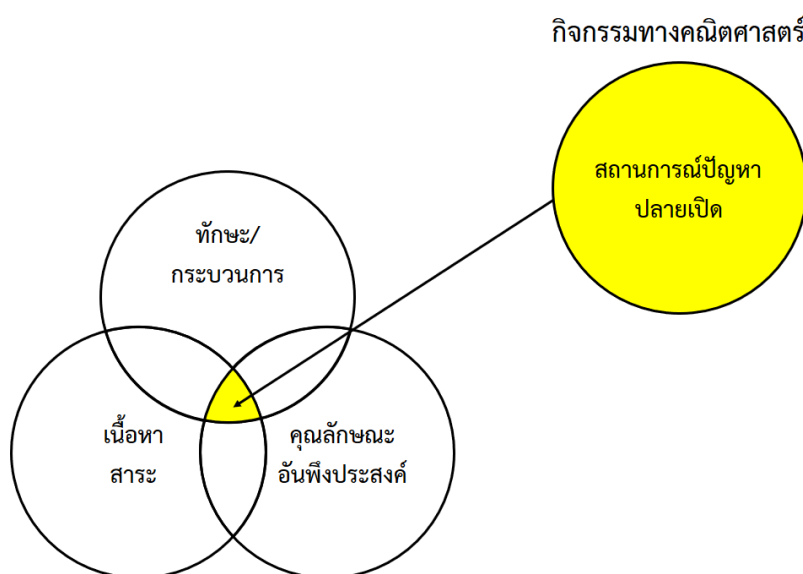
ศาสตรา หล้าอ่อน (2555) กล่าวว่า วิธีการแบบเปิดเป็นการนำเสนอปัญหาที่ออกแบบมาเพื่อให้มีคำตอบที่หลากหลายซึ่งคำตอบที่ถูกต้องไม่ได้กำหนดไว้อย่างตายตัว ดังนั้นวิธีการแบบเปิดจึงมีทั้งข้อดีดังนี้

1. นักเรียนได้มีส่วนร่วมในชั้นเรียนในชั้นเรียนอย่างกระตือรือร้น มีโอกาสในการอธิบายแสดงแนวคิดของตนเอง
2. นักเรียนมีโอกาสนำความรู้และทักษะไปใช้อย่างเป็นประโยชน์
3. นักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน สามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีความหมาย
4. นักเรียนสามารถแก้ปัญหาและพิสูจน์ปัญหาได้จากแรงกระตุ้นภายในของตนเอง
5. นักเรียนได้รับประสบการณ์ที่มีความสุขจากการค้นพบความรู้ด้วยตนเองและการที่ผู้อื่นยอมรับความคิดเห็นของตน

Sawada (1997 อ้างถึงใน วาสุกรี ใจจันทร์, 2555, น. 31) กล่าวว่า วิธีการแบบเปิดมีการสอนโดยใช้ปัญหาปลายเปิด ซึ่งมีประโยชน์ดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสแสดงวิธีคิดของตนเองอย่างอิสระ และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น ซึ่งนักเรียนได้เรียนรู้วิธีคิดของผู้อื่น สามารถนำคำตอบอภิปรายและเปรียบเทียบกันได้ เป็นการสนับสนุนวิธีการคิดที่หลากหลาย
2. นักเรียนใช้ความรู้ ความเข้าใจ ทักษะการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มี เพื่อคำตอบกิจกรรมมีวิธีการที่หลากหลาย
3. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมตามที่ตนเองสนใจและถนัด เนื่องจากปัญหาปลายเปิดทำให้นักเรียนมีโอกาสค้นพบคำตอบด้วยตนเอง
4. นักเรียนมีแรงจูงใจภายในที่ในการเสนอวิธีคิดและเหตุผล เนื่องจากกิจกรรมเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปราย สนทนาและมีการคิดอย่างมีเหตุผล
5. นักเรียนมีประสบการณ์ในการค้นพบและเรียนรู้จากกลุ่มเพื่อนในการแสดงวิธีการคิด

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2565) กล่าวว่า วิธีการแบบเปิดทำให้เกิดการบูรณาการ ความคิดรวบยอดในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการรวมกันระหว่าง เนื้อหาสาระ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ การบูรณาการดังที่กล่าวมา เกิดขึ้นในขณะที่นักเรียนแก้ปัญหา ซึ่งเป็น การรวบรวมความรู้และประสบการณ์เดิม เพื่อนำมาค้นหา รวบรวมและออกแบบการแก้ปัญหาใน แนวทางที่หลากหลาย ทำให้เกิดการบูรณาการไปพร้อม ๆ กัน โดยการสอนในโรงเรียนแบบเดิมนั้น เนื้อหาสาระ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เป็นสิ่งที่แยกออกจากกัน แต่การ จัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่ถูกนำเสนอเข้าสู่ชั้นเรียนด้วยสถานการณ์ปลายเปิดนั้น เป็นหัวใจ สำคัญที่ทำให้เห็นเกิดของการรวบรวม 3 องค์ประกอบเข้าด้วยกันที่สามารถเกิดขึ้นได้จริง เมื่อนักเรียน เผชิญกับสถานการณ์ปัญหาปลายปลาย สามารถที่จะแก้ปัญหา และค้นพบแนวทาง กระบวนการ แก้ปัญหาด้วยตนเอง สถานการณ์ปัญหาปลายเปิดจึงเป็นกุญแจสำคัญที่สามารถเป็น “หน่วยบูรณา การ” ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการสาระการเรียนรู้อื่น ๆ ได้



ภาพ 3 แสดงการบูรณาการสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดกับองค์ประกอบจัดการเรียนรู้

ที่มา: ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2546 อ้างถึงใน ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2565 น. 134

สรุปได้ว่าประโยชน์ของวิธีการแบบเปิด คือ นักเรียนได้มีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นใน การนำความรู้ และทักษะที่มีมาสู่การคิดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งนักเรียนได้มีโอกาสในการ

อธิบายแนวคิดของตนเอง และอภิปรายแนวคิดซึ่งกันร่วมกับผู้อื่น ทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจภายในตนเอง เรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีความหมาย สามารถที่จะค้นพบองค์ความรู้ต่าง ๆ ได้ จากการคิดที่มีเหตุผล วิธีการแบบเปิดทำให้เกิดการบูรณาการความรู้เดิมประสบการณ์เดิมแนวคิดที่แตกต่างหลากหลายไปพร้อม ๆ กัน การใช้วิธีการแบบเปิด ซึ่งมีสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดเป็นกิจกรรมในการเรียนรู้ ช่วยเพิ่มการบูรณาการความคิดรวบยอดของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นการสร้างความเข้าใจที่ดีในเนื้อหาสาระ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ซึ่งปัจจัยสำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนไปสู่ระดับสูงขึ้นไปในอนาคต

2.5 แนวคิดสำคัญของบทบาทครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

นักการศึกษาและนักวิชาการ กล่าวถึงแนวคิดสำคัญของบทบาทครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ดังนี้

Stigler, & Hiebert (1999 อ้างถึงใน สุวรรณีย์ เปลี่ยนรัมย์, 2556 น. 18) ได้อธิบายรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ของประเทศญี่ปุ่น คือ ลำดับที่ 1 ครูเริ่มต้นด้วยการทบทวนบทเรียน (reviewing the previous lesson) ลำดับที่ 2 ครูนำเสนอปัญหา (presenting the problem of the day) ลำดับที่ 3 นักเรียนทำงานเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม (students working individually or in groups) ลำดับที่ 4 การอภิปรายวิธีการในการแก้ปัญหา (discussing solution methods) และ ลำดับที่ 5 การเน้นและสรุปประเด็นที่สำคัญ (highlighting and summarizing the main point) ซึ่งเมื่อครูได้ทบทวนบทเรียนแล้ว ครูจะทำการสอน 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหา (Presentation of the problem) ครูนำเสนอปัญหาที่สามารถเข้าใจได้ง่ายต่อนักเรียน

ขั้นที่ 2 การพัฒนาวิธีการในการแก้ปัญหา (Developing a solution) ครูเดินสังเกตแนวคิดของนักเรียน ซึ่งการสังเกตนั้นครูจะแนะนำเป็นนัย สำหรับนักเรียนที่ไม่มีความก้าวหน้าในการแก้ปัญหา แต่ไม่ใช่การบอกหรือการเฉลย และในการสังเกตครูบันทึกประเด็นสำคัญเพื่อซักถามร่วมอภิปรายในขั้นของการอภิปรายทั้งชั้นเรียน

ขั้นที่ 3 ความก้าวหน้าผ่านการอภิปราย (Progress through discussion) ครูร่วมอภิปรายซักถามนักเรียน 3 – 5 คน ซึ่งใช้วิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน โดยยังไม่สรุปความเห็นว่าเป็นแนวทางใด หรือวิธีการแก้ปัญหาใดเป็นวิธีที่ดีที่สุด

ขั้นที่ 4 การสรุป (Summarizing) ครูสรุปโดยการจัดกลุ่มสิ่งที่ค้นพบในชั้นเรียน และเน้นถึงความสำคัญในบทเรียน

Shimizu (1999) ได้เสนอบทบาทที่สำคัญของครู สำหรับการสอนในชั้นเรียน คณิตศาสตร์ที่เน้นการแก้ปัญหาในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งถูกอธิบายผ่านคำว่า “Hatsumon, Kikan – Shido, Neriage, Matome” มีรายละเอียดดังนี้

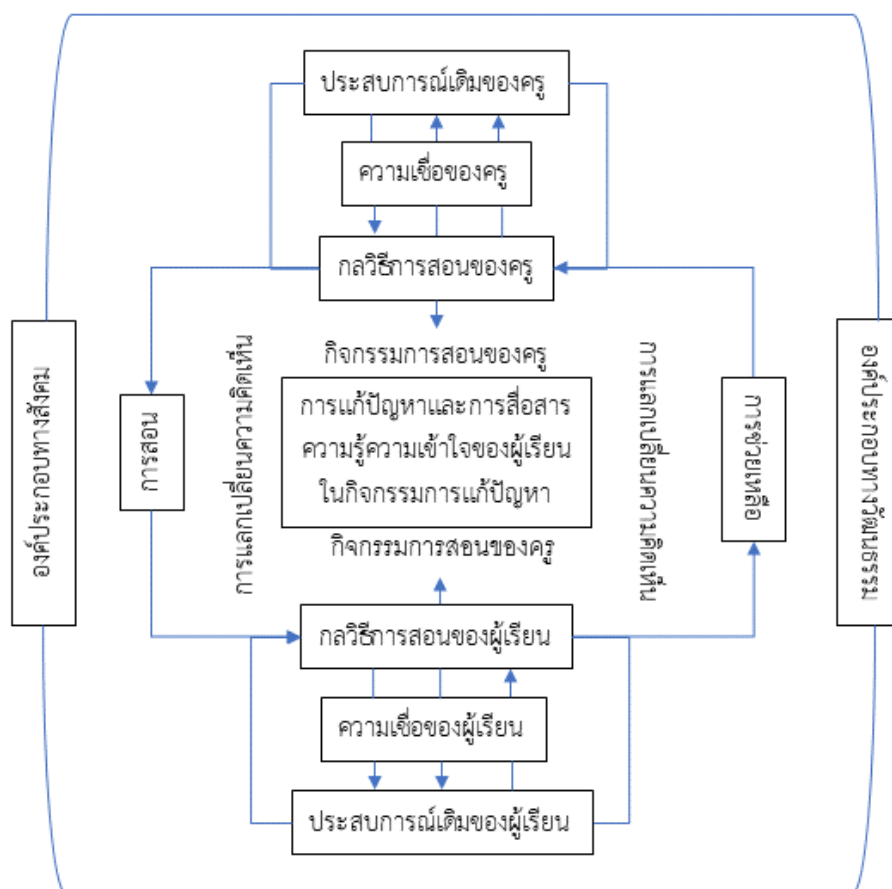
1. การนำเข้าสู่ปัญหา (Hatsumon) ในช่วงเริ่ม ครูถามเพื่อกระตุ้นหรือตรวจสอบความเข้าใจในปัญหาของนักเรียน ช่วงอภิปรายทั้งชั้นเรียน ครูถามเพื่อดูการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดวิธีการต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา

2. การสังเกตการแก้ปัญหาของนักเรียน (Kikan – Shido) คือ การที่ครูเดินเข้าไปสังเกตนักเรียนที่โต๊ะในแต่ละคน รวมถึงการสำรวจอย่างมีเป้าหมายในกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน เพื่อนำผลงานของนักเรียนมาอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน ซึ่งในการสังเกตนั้นมีแนวทางปฏิบัติ 2 ประการ คือ 1) ครูประเมินความก้าวหน้าในการแก้ปัญหาของนักเรียน ซึ่งครูสามารถแนะนำวิธีการให้นักเรียนเข้าสู่ปัญหาได้ 2) ครูบันทึกในใจ เกี่ยวกับนักเรียนที่มีแนวคิดตรงกับที่ครูคาดการณ์ไว้ และแนวคิดที่นักเรียนคิดแตกต่าง เพื่อนำนักเรียนร่วมอภิปรายซักถามในภายหลัง

3. การอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อขัดเกลาแนวคิด (Neriage) คือ การให้นักเรียนออกมาซึ่งครูต้องระมัดระวังในการเลือกนักเรียนในการนำเสนอแนวคิดหน้าชั้นเรียน ซึ่งการนำเสนอแนวคิดจะเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนเข้าสู่โลกคณิตศาสตร์ เมื่อแนวคิดถูกนำเสนอถูกเปรียบเทียบกับแนวคิดทั้งด้านความเหมือนและความต่าง เพื่อนำไปสู่แนวคิดที่ดีที่สุด ในบางครั้งแนวคิดที่นำเสนอหน้าชั้นเรียนอาจไม่ใช่แนวคิดที่ถูกต้องเสมอ แต่หากแนวคิดนั้นจะก่อให้เกิดประโยชน์ก็สามารถนำสู่การอภิปรายได้

4. การสรุปประเด็นที่สำคัญโดยครู (Matome) คือการสรุปโดยครู ซึ่งจะให้ข้อคิดเห็นต่องาน จัดอยู่ในลำดับสุดท้าย โดยการให้ความคิดเห็นนั้น จะต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อให้ได้ข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จากงานที่ซับซ้อน

Nohda (2000) กล่าวว่า ลักษณะของการสอนที่เน้นการแก้ปัญหาวางคณิตศาสตร์ในญี่ปุ่น คือ ใช้สถานการณ์ปัญหาเพื่อนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญให้นักเรียน ครูจะต้องมุ่งที่จะเตรียมให้นักเรียนได้เข้าถึงสถานการณ์ที่ท้าทาย เมื่อนักเรียนได้เผชิญความท้าทายของสถานการณ์ปัญหาร่วมกันโดยปัญหาปลายเปิด จะเป็นการสนับสนุนการพัฒนาแนวทางการคิดและกระบวนการสืบเสาะหาแนวทางในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน



ภาพ 4 แสดงลักษณะสำคัญที่เกิดขึ้นในห้องเรียนที่ใช้การสอนโดยวิธีแบบเปิด

ที่มา: Nohda, 2000 อ้างถึงใน วณิชชากร ลักษณะ, 2565 น. 34

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2565) กล่าวถึง บทบาทครูในแนวทางการสอนที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการแบบเปิด 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open – ended problem) ครูนำเสนอปัญหาปลายเปิดและอาจกระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามว่า “นักเรียนค้นพบคุณสมบัติ/ความสัมพันธ์/กฎ/วิธีการ อะไรบ้าง” หากนักเรียนยังไม่เข้าใจว่าครูต้องการให้ทำอะไร ครูอาจดำเนินการต่อไปนี้

1.1 ครูกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาในประเด็นเดียวกันทั้งชั้น โดยดูผ่านกระดานดำ หรือ บอร์ดอื่น ๆ

1.2 ครูแนะข้อมูลเพิ่มเติมทั่ว ๆ ไป และการยกตัวอย่างควรเป็นตัวอย่างที่มีความเป็นรูปธรรมมากกว่าที่ปรากฏในปัญหา

1.3 ให้ตัวอย่างเกี่ยวกับปัญหาที่ไม่จำกัดแนวคิด

2. การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน (students' self - learning) ครูต้องระมัดระวังในการปรับข้อเสนอแนะควรมีลักษณะที่เหมาะสมกับนักเรียนที่เฉพาะเจาะจง

3. การอภิปรายร่วมกันทั้งชั้น (Whole class discussion and comparison) ครูควรเดินสำรวจนักเรียนเพื่อสังเกต พยายามจำแนกนักเรียนที่ยังไม่เข้าใจและกระตุ้นโดยให้ตัวอย่างเพิ่มเติม หรือข้อเสนอแนะ

4. การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน (Summarization through connecting students' mathematical ideas emerged in the classroom) ครูควรเขียนงานของนักเรียนบนกระดานเพื่อให้นักเรียนทั้งชั้นเรียนได้เห็น จากนั้นครูรวบรวมแนวคิดของนักเรียนทั้งที่เหมือนและต่าง เมื่อมีแนวคิดในการนำเสนอที่ไม่สมบูรณ์ ครูควรปรับแนวคิดจากข้อเสนอแนะของนักเรียนคนอื่น ๆ โดยครูควรประสานและจัดเรียงตามแนวคิดนั้น ๆ ให้มีความเหมาะสมและนำไปสู่สรุป

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่าบทบาทครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การนำเสนอปัญหาปลายเปิด คือ ครูนำเสนอปัญหาที่สามารถเข้าใจได้ง่าย โดยใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ เช่น นักเรียนค้นพบคุณสมบัติ/ความสัมพันธ์/กฎ/วิธีการอะไรบ้าง” หรืออาจแนะข้อมูลเพิ่มเติมทั่ว ๆ ไป ให้ตัวอย่างเกี่ยวกับปัญหาที่ไม่จำกัดแนวคิด

2. การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน คือ ครูเดินสังเกตแนวคิดของนักเรียนและประเมินความก้าวหน้าในการแก้ปัญหาของนักเรียน แนะนำเป็นนัยสำหรับนักเรียนที่ไม่มี ความก้าวหน้าในการแก้ปัญหา ครูบันทึกประเด็นสำคัญเพื่อซักถามร่วมอภิปราย

3. การอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน คือ ครูร่วมอภิปรายซักถามนักเรียน ซึ่งใช้วิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน ครูต้องระมัดระวังในการเลือกนักเรียนเพื่อนำเสนอแนวคิดให้ตรงกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ในบางครั้งแนวคิดที่นำเสนอหน้าชั้นเรียนอาจไม่ใช่แนวคิดที่ถูกต้องเสมอ แต่หากแนวคิดนั้นจะก่อให้เกิดประโยชน์ก็สามารถนำสู่การอภิปรายได้ เมื่อแนวคิดถูกนำเสนอและเปรียบเทียบแล้วจะช่วยสร้างแนวคิดที่ดีที่สุด

4. การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน คือ การสรุปโดยครู ครูรวบรวมแนวคิดของนักเรียนทั้งที่เหมือนและต่าง และให้ความคิดเห็นด้วยความระมัดระวังเพื่อให้ได้ข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จากงานที่ซับซ้อน เมื่อมีแนวคิดในการนำเสนอที่ไม่สมบูรณ์ ครูควรปรับแนวคิดจากข้อเสนอแนะของนักเรียนคนอื่น ๆ ครูควรประสานและจัดเรียงตามแนวคิดนั้น ๆ ให้มีความเหมาะสมและนำไปสู่สรุป

3. คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Practice)

3.1 ที่มาความสำคัญของมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์

นักการศึกษาและนักวิชาการ กล่าวถึง ที่มาความสำคัญของมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

รณชัย ปานะโปย (2559) เป็นคนแรกที่กล่าวถึง Mathematical Practice ว่าคือ คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ มีการเผยแพร่ในปี ค.ศ. 2010 ภายใต้กรอบหลักสูตรคณิตศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ว่าคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างแนวคิดด้านกระบวนการและสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ซึ่งปัจจุบันนักศึกษาคณิตศาสตร์ ได้เน้นถึงความสำคัญของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากมนุษย์จำเป็นต้องใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ และการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา (Problem Solving) การสื่อสาร (Communication) การสื่อความหมาย (Representation) การให้เหตุผลและการพิสูจน์ (Reasoning and proof) การเชื่อมโยง (Connection) (National Council of Teachers of Mathematics, 2000) สำหรับประเทศไทยหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้ระบุให้กระบวนการทางคณิตศาสตร์อยู่ในสาระด้านทักษะและกระบวนการ Colen (2019) กล่าวว่าคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ เกิดจากการรวบรวมแนวคิดด้านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยสนับสนุนมาจากมาตรฐานกระบวนการของ NCTM ได้แก่ การแก้ปัญหา การคิดและการพิสูจน์ การสื่อสาร การเชื่อมโยงและการแสดงแทน ในส่วนแนวคิดด้านสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (Mathematical proficiency) ได้รวบรวมไว้ในหนังสือ Adding It Up: Helping Children learn Mathematics ได้แก่ ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ (Conceptual understanding) ความคล่องแคล่วในขั้นตอนวิธีการ (Procedural fluency) ความสามารถในการปรับเปลี่ยนการให้เหตุผล (Adaptive reasoning) ความสามารถเชิงกลยุทธ์ (Strategic competence) ทักษะคิดที่สร้างสรรค์ (Productive disposition)

Colen (2019) ได้กล่าวถึง มาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดของครูโรงเรียนประถมศึกษาภายใต้กรอบหลักสูตรคณิตศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา (Elementary School Teachers' Conceptions of The Common Core State Standards for Mathematical Practice) ว่า มาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์เป็นการปฏิบัติการสอนของครูเป็นปัจจัยที่สำคัญในการส่งเสริมการสอนและการเรียนของคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ รมัน กวีจัยหลายคนศึกษาการเชื่อมโยงระหว่างวิธีการสอนโดยเฉพาะกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักเรียน ผลการวิจัยรายงานว่านักเรียนได้รับผลการเรียนรู้ที่ดีขึ้น เมื่อครูใช้แนวทางการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางและการสอนที่อิงมาตรฐานในการสอนคณิตศาสตร์ แล้วเปรียบเทียบกับวิธีการสอนแบบดั้งเดิม พบว่า การฝึกสอนของครูเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุดในโรงเรียนในการคำนึงถึง

การเรียนรู้ของนักเรียน ด้วยเหตุนี้ มาตรฐานในการปฏิบัติงานและความเข้าใจในมาตรฐานดังกล่าวจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งในการชี้แนะแนวทางปฏิบัติในการสอนของครูให้ไปในทิศทางที่ถูกต้อง

Max, & Welder (2020) กล่าวว่า คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนอธิบายการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่ไม่เพียงแต่การคำนวณหรือการแก้ปัญหา แต่ยังรวมถึงการใช้ความเข้าใจเชิงลึกในหลักการของคณิตศาสตร์ ซึ่งครูควรพยายามพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัว ของนักเรียน ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้และการประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์

NCTM (2014) กล่าวว่าคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งในชีวิตจริงและศาสตร์อื่น ๆ ซึ่งจำเป็นต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน

Mateas (2016) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์อธิบายวิธีการคิดทางคณิตศาสตร์ และไม่ใช่ทุกวิธีการเหมาะสมกับทุกงาน (task) หรือทุกบทเรียน ในความเป็นจริง การพยายามบังคับให้คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ทั้ง 8 ข้อเกิดขึ้นในทุกบทเรียน จะนำมาซึ่งการขาดจุดเน้นที่สำคัญ และ "ลดทอน" โอกาสสำหรับคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ที่สมเหตุสมผล การรวม คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ทั้งหมดไว้ในหน่วยการเรียนรู้ไม่ใช่ในทุกบทเรียน จะมีความสมเหตุสมผลกว่า นอกจากนี้ยังรับประกันว่าบทเรียนที่ออกแบบเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนมีแสดงออกถึงคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์เหล่านั้น

2. คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์แสดงออกได้หลายคุณลักษณะในงานเดียว เนื่องจากโดยธรรมชาติแล้ว การฝึกฝน การปฏิบัติในคุณลักษณะต่าง ๆ ผสมผสานและสนับสนุนซึ่งกันและกัน คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ เป็นแบบแผนการทำงานสำหรับครู ซึ่งช่วยให้ ความสนใจไปที่วิธีการคิดทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นประโยชน์ในการวางแผนว่าจะสร้าง ความสามารถเหล่านี้ให้แก่ักเรียนอย่างไร เมื่อวางแผนการสอน ให้สนับสนุนและกระตุ้นคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับแต่ละงานอย่างมีเหตุผล

3. คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ส่งเสริมการคิดและอธิบายการคิดทางคณิตศาสตร์ หลักฐานของคุณลักษณะจึงอยู่ที่การคิดของนักเรียน ไม่ใช่ในเนื้อหาของปัญหาคณิตศาสตร์ (task) ที่นักเรียนได้รับ การเชื่อมโยงคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ที่เป็นไปได้กับปัญหาคณิตศาสตร์ จะเป็นประโยชน์สำหรับการวางแผน ขณะเดียวกันก็รับรู้วาทะของนักเรียนและครูในการดำเนินการของงาน สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อวางแผนงานให้คาดหวังว่า

นักเรียนจะคิดเกี่ยวกับปัญหาอย่างไร พยายามคาดการณ์ด้วยว่า นักเรียนจะใช้คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์แบบใด

4. คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์สามารถส่งเสริมให้เกิดขึ้นได้จากปัญหาคณิตศาสตร์แทบทุกอย่าง ไม่เฉพาะกับปัญหาคณิตศาสตร์ที่พิเศษเท่านั้น ดังนั้นเมื่อวางแผน ให้คิดว่าแนวทางการสอนแบบใดที่สามารถใช้ประโยชน์จากปัญหาคณิตศาสตร์ ที่มีอยู่เพื่อส่งเสริมการปฏิบัติทางคณิตศาสตร์ได้

5. คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ไม่สามารถสอนแยกจากเนื้อหาได้ NGA Center, & CCSSO (2010) ระบุว่า คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ อธิบายถึงวิธีการในการพัฒนาวินัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ควรมีส่วนร่วมกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ ขณะที่พัฒนาความสามารถในการเข้าใจและใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์แต่ละอย่างเป็นวิธีการคิดและสามารถแสดงออกได้แตกต่างกันในเนื้อหาที่ต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีโอกาสมากมายและหลากหลาย เพื่อให้นักเรียนใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ในหลายบริบท

รณชัย ปานะโปย (2559) กล่าวว่า สมรรถนะเหล่านี้มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน ด้วยความสำคัญของกระบวนการและสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ หลักสูตรคณิตศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา จึงได้รวบรวมแนวคิดและนำเสนอเป็นคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ จำแนกเป็น 8 องค์ประกอบ คือ

1. ทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่นในการแก้ปัญหาเหล่านั้น (Make sense of problems and persevere in solving them)
2. ให้เหตุผลเชิงนามธรรมและเชิงปริมาณ (Reason abstractly and quantitatively)
3. สร้างข้อความโต้แย้งที่สมเหตุสมผลและวิพากษ์วิจารณ์การให้เหตุผลของผู้อื่น (Construct viable arguments and critique the reasoning of others)
4. สร้างตัวแบบโดยใช้คณิตศาสตร์ (Model with mathematics)
5. ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมอย่างมีกลยุทธ์ (Use appropriate tools strategically)
6. ให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ (Attend to precision)
7. ค้นหาและใช้ประโยชน์จากโครงสร้าง (Look for and make of structure)
8. ค้นหาและบอกลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ (Look for and express regularity in repeated reasoning)

โดยแต่ละคุณลักษณะมีรายละเอียดดังนี้ (รณชัย ปานะโปย, 2559; NGA Center, & CCSSO, 2010)

คุณลักษณะที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่นในการแก้ปัญหา เหล่านี้ นักเรียนที่มีคุณลักษณะด้านนี้จะมีพฤติกรรมและความคิดให้ครูสังเกตเห็นได้ เช่น

1. เริ่มต้นด้วยการอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตนเองและมองหาจุดเริ่มต้นในการแก้ปัญหา

2. วิเคราะห์สิ่งที่กำหนดจากปัญหา ข้อจำกัด ความสัมพันธ์และเป้าหมาย

3. คาดเดาเกี่ยวกับรูปแบบและความหมายของการแก้ปัญหา รวมถึงวางแผนเส้นทางการแก้ปัญหาก่อนเริ่มการแก้ปัญหา

4. พิจารณาปัญหาที่คล้ายคลึงกัน มีการพิจารณากรณีพิเศษบางกรณี รวมถึงการพิจารณารูปแบบที่เรียบง่ายกว่าปัญหาดั้งเดิม เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกในการแก้ปัญหา

5. ติดตาม ตรวจสอบ ประเมินความก้าวหน้า และเปลี่ยนเส้นทางหากจำเป็น นักเรียนที่เรียนในระดับที่สูงขึ้นอาจแปลงเป็นนิพจน์เกี่ยวกับพีชคณิต

6. นักเรียนที่เรียนในระดับสูงขึ้น สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสมการได้ อธิบายปัญหาหรือการแก้ปัญหาวัยจา ตารางข้อมูล และกราฟหรือวาดแผนภาพเพื่อแสดงลักษณะและความสัมพันธ์ที่สำคัญ รวมถึงค้นหาความสม่ำเสมอหรือแนวโน้มในข้อมูลได้ นักเรียนระดับชั้นเริ่มต้นอาจพึ่งพาการใช้วัตถุหรือรูปภาพที่เป็นรูปธรรมเพื่อช่วยกำหนดแนวคิดและแก้ปัญหา

7. ตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการต่าง ๆ และตั้งคำถามเสมอว่า “สิ่งนี้สมเหตุสมผลหรือไม่”

8. เข้าใจแนวทางของผู้อื่นในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและระบุความสอดคล้องระหว่างแนวทางหรือวิธีการต่าง ๆ ได้

คุณลักษณะที่ 2 ให้เหตุผลเชิงนามธรรมและเชิงปริมาณ

นักเรียนที่มีคุณลักษณะด้านนี้จะมีพฤติกรรมและความคิดให้ครูสังเกตเห็นได้ เช่น

1. ทำความเข้าใจเรื่องปริมาณและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านี้ในสถานการณ์ของปัญหา

2. มองเห็นคณิตศาสตร์ที่จะต้องใช้จากสถานการณ์ของปัญหา (Decontextualize) แล้วสรุปสถานการณ์ที่กำหนดให้ สื่อความหมายออกมาในรูปของสัญลักษณ์และจัดการกับสัญลักษณ์นั้นเพื่อแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี

3. สร้างความหมายให้กับสัญลักษณ์ในบริบทของปัญหา (Contextualize) และอาจหยุดระหว่างการจัดการกับสัญลักษณ์เพื่อทบทวนความหมายของสัญลักษณ์เหล่านั้น

4. พิจารณาและให้ความสำคัญกับการใช้หน่วยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

5. รู้และใช้ประโยชน์ได้อย่างยืดหยุ่นจากคุณสมบัติต่าง ๆ ของการดำเนินการ

คุณลักษณะที่ 3 สร้างข้อความโต้แย้งที่สมเหตุสมผลและวิพากษ์วิจารณ์การให้เหตุผล
ของผู้อื่น

นักเรียนที่มีคุณลักษณะด้านนี้จะมีการพฤติกรรมและความคิดให้ครูสังเกตเห็นได้ เช่น

1. เข้าใจและใช้สมมติฐานที่อ้างถึงนิยามและผลลัพธ์ที่สร้างไว้แล้วเพื่อสร้างข้อโต้แย้ง
2. สร้างข้อความคาดการณ์และสร้างลำดับของข้อความเพื่อค้นหาความจริงของ
ข้อความคาดการณ์นั้น

3. วิเคราะห์สถานการณ์โดยแบ่งการคาดการณ์เป็นกรณี สามารถจดจำและใช้
ตัวอย่างคัดค้าน

4. พิสูจน์ข้อสรุปโดยสื่อสารกับผู้อื่น และตอบสนองต่อข้อโต้แย้งของผู้อื่น
5. แสดงเหตุผลแบบอุปนัยเกี่ยวกับข้อมูล
6. สร้างข้อโต้แย้งที่สมเหตุสมผลโดยคำนึงถึงบริบทของข้อมูล
7. เปรียบเทียบความสมเหตุสมผลของข้อโต้แย้ง
8. อธิบายข้อผิดพลาดที่มีอยู่ในเหตุผล
9. สร้างข้อโต้แย้งโดยใช้การอ้างอิงที่เป็นรูปธรรม เช่น วัตถุ ภาพวาด แผนภาพ และ
การกระทำต่าง ๆ

10. ตัดสินใจได้ว่าข้อโต้แย้งหนึ่งสามารถประยุกต์ใช้ได้ ในสถานการณ์ใดบ้าง
11. ฟังหรืออ่านข้อโต้แย้งของผู้อื่น เพื่อตัดสินใจว่าสิ่งเหล่านั้นสมเหตุสมผลหรือไม่
12. ถามคำถามที่มีประโยชน์เพื่อความชัดเจนหรือการปรับปรุงข้อโต้แย้ง

คุณลักษณะที่ 4 สร้างตัวแบบโดยใช้คณิตศาสตร์

นักเรียนที่มีคุณลักษณะด้านนี้จะมีการพฤติกรรมและความคิดให้ครูสังเกตเห็นได้ เช่น

1. ประยุกต์ความรู้คณิตศาสตร์ที่มีอยู่เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน
2. มีความคล่องแคล่วในการสร้างสมมติฐานและการประมาณค่าเพื่อทำให้
สถานการณ์ที่ซับซ้อนให้ดูง่ายขึ้นและตระหนักว่าสมมติฐานอาจต้องมีการแก้ไขในอนาคต

3. ระบุปริมาณที่สำคัญในสถานการณ์จริงและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของปริมาณโดย
ใช้เครื่องมือ เช่น การวาดภาพ ตาราง กราฟ แผนผังและสูตรต่าง ๆ

4. วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้คณิตศาสตร์แล้วสรุปความสัมพันธ์
5. ตีความของผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ในบริบทของสถานการณ์และสะท้อนว่าผลลัพธ์
นั้นมีความสมเหตุสมผลหรือไม่

6. ปรับปรุงตัวแบบในกรณีที่ตัวแบบนั้นไม่สนองตอบจุดประสงค์

คุณลักษณะที่ 5 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมอย่างมีกลยุทธ์

นักเรียนที่มีคุณลักษณะด้านนี้จะมีการพฤติกรรมและความคิดให้ครูสังเกตเห็นได้ เช่น

1. พิจารณาและเลือกใช้เครื่องมือต่าง ๆ ที่มีในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้หมายถึงดินสอและกระดาษ ตัวแบบที่จับต้องได้ เช่น ไม้บรรทัด ไม้โปรแทรกเตอร์ เครื่องคิดเลข Spreadsheet โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติหรือโปรแกรมเรขาคณิตพลวัต

2. ค้นคว้ากับเครื่องมือต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับระดับชั้น เพื่อตัดสินใจว่าเครื่องมือใดเป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหา จดจำและเข้าใจข้อจำกัดต่าง ๆ ของเครื่องมือได้ เช่น เมื่อวิเคราะห์กราฟของฟังก์ชันและคำตอบที่สร้างจากเครื่องคิดเลขกราฟิก สามารถค้นหาข้อผิดพลาดได้โดยใช้วิธีการประมาณและความรู้คณิตศาสตร์อื่น ๆ

3. รู้ว่าเทคโนโลยีสามารถช่วยให้เห็นภาพผลลัพธ์ของสมมติฐานต่าง ๆ อีกทั้งช่วยในการตรวจสอบผลลัพธ์ต่าง ๆ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นและช่วยเปรียบเทียบการทำนายของข้อมูลต่าง ๆ

4. ระบุแหล่งข้อมูลทางคณิตศาสตร์ เช่น เนื้อหาคณิตศาสตร์บนเว็บไซต์และใช้แหล่งข้อมูลเพื่อตั้งปัญหาหรือแก้ปัญหา

5. ใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีเพื่อสำรวจและสร้างความเข้าใจในบางกรณีให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

คุณลักษณะที่ 6 ให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

นักเรียนที่มีคุณลักษณะด้านนี้จะมีพฤติกรรมและความคิดให้ครูสังเกตเห็นได้ เช่น

1. สื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างถูกต้องและชัดเจน
2. ใช้นิยามที่ชัดเจนเมื่ออธิบายกับผู้อื่นเวลาให้เหตุผลของตัวเอง
3. อ้างถึงความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ รวมถึงการใช้เครื่องหมายได้อย่างคงเส้นคงวาและเหมาะสม

4. มีความระมัดระวังในเรื่องหน่วยของการวัด

5. ระบุชื่อแกนในพิกัดเพื่อใช้อธิบายความสัมพันธ์ของปริมาณในปัญหา

6. คำนวณได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

7. อธิบายคำตอบเชิงตัวเลขได้ถูกต้องชัดเจนและความเหมาะสมกับบริบทของปัญหา

8. รอบคอบกับคำอธิบายที่เขียนเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ

9. ตรวจสอบข้อเท็จจริงที่ใช้อ้างเวลาให้เหตุผลและสามารถใช้นิยามได้อย่างชัดเจน

คุณลักษณะที่ 7 ค้นหาและใช้ประโยชน์จากโครงสร้าง

นักเรียนที่มีคุณลักษณะด้านนี้จะมีพฤติกรรมและความคิดให้ครูสังเกตเห็นได้ เช่น

1. พิจารณาเพื่อเข้าใจในแบบรูปและโครงสร้าง
2. การย้อนกลับไปดูภาพรวมหรือปรับเปลี่ยนมุมมอง
3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ เช่น เมื่อนักเรียนเห็นนิพจน์ $7 + 2(x - y)^2$ สามารถอธิบายได้ว่าเป็นผลบวกของ 7 กับ $2(x - y)^2$ และระบุได้ว่า $2(x - y)^2$ มีค่ามากกว่าหรือ

เท่ากับศูนย์ เมื่อ x และ y เป็น จำนวนจริงใด ๆ ซึ่งจะส่งผลให้ $7 + 2(x - y)^2$ มีค่าอย่างน้อยเท่ากับ 7

คุณลักษณะที่ 8 ค้นหาและบอกลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ

นักเรียนที่มีคุณลักษณะด้านนี้จะมีพฤติกรรมและความคิดให้ครูสังเกตเห็นได้ เช่น

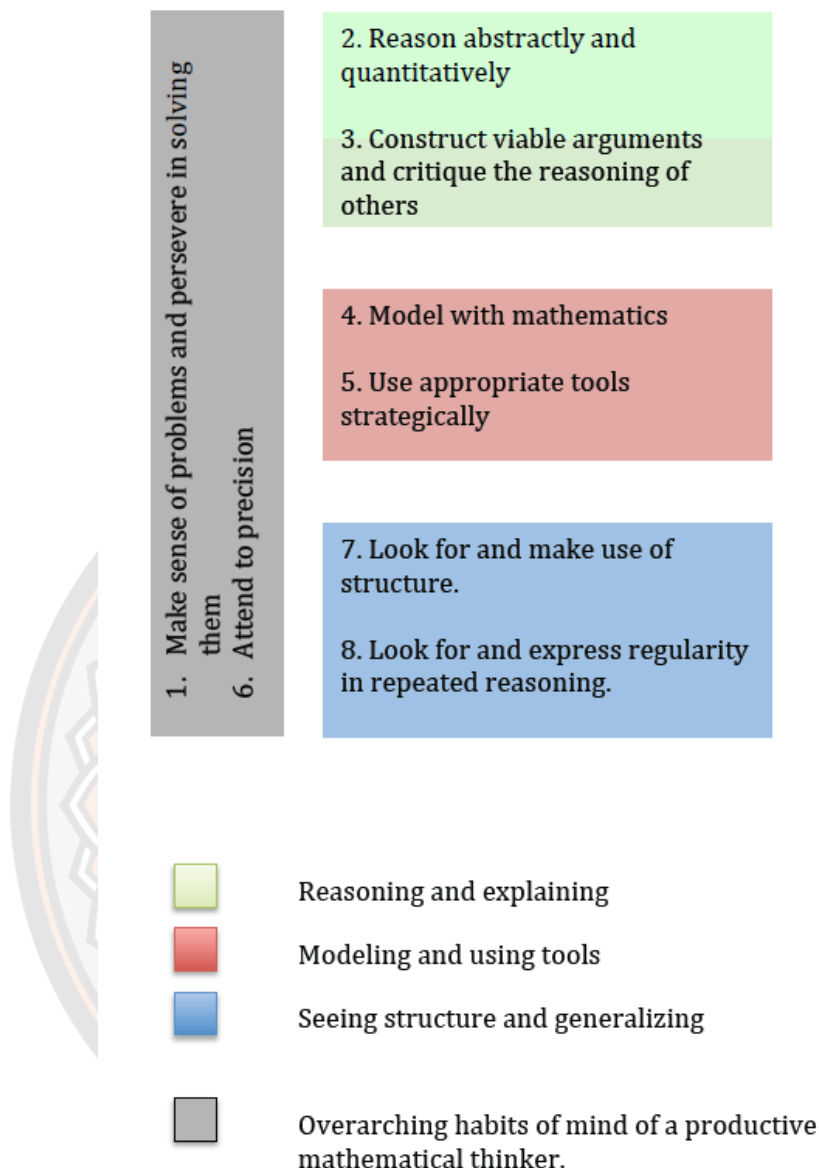
1. มองหารูปแบบทั่วไปหรือวิธีลัดในการหาคำตอบ
2. เห็นภาพรวมของกระบวนการแก้ปัญหาและรายละเอียดในการแก้ปัญหา
3. เข้าใจการประยุกต์แบบรูปในสถานการณ์ต่าง ๆ และเห็นโครงสร้างของ

สถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

4. ประเมินความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์อยู่เสมอ

Halmos (2014) กล่าวว่า คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ทั้ง 8 คุณลักษณะไม่ได้เป็นสิ่งที่แยกขาดจากกันอย่างชัดเจน แต่มีการทำงานร่วมกันเป็นคู่ของมาตรฐาน ซึ่งเป็นชุดที่มีตัวบ่งชี้ร่วมกัน

McCallum (2011) ได้แบ่ง 8 คุณลักษณะข้างต้นออกเป็น 4 กลุ่ม เพื่อให้เห็นจุดเน้นสำคัญ คือ 1) การคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา 2) การให้เหตุผลและการอธิบายให้ตนเอง รวมถึงผู้อื่นเข้าใจ 3) การประยุกต์ใช้ 4) การระบุและหารูปแบบทั่วไปของแบบรูปและโครงสร้าง



ภาพ 5 แสดงการแบ่งกลุ่มคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์

ที่มา: Halmos, 2014

Mathematics Assessment Resource Service (2017) ได้กล่าวถึงรายละเอียดของกลุ่มคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

คุณลักษณะที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่นในการแก้ปัญหาเหล่านั้น และคุณลักษณะที่ 6 ให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ เป็นหลักสำคัญที่ครอบคลุม

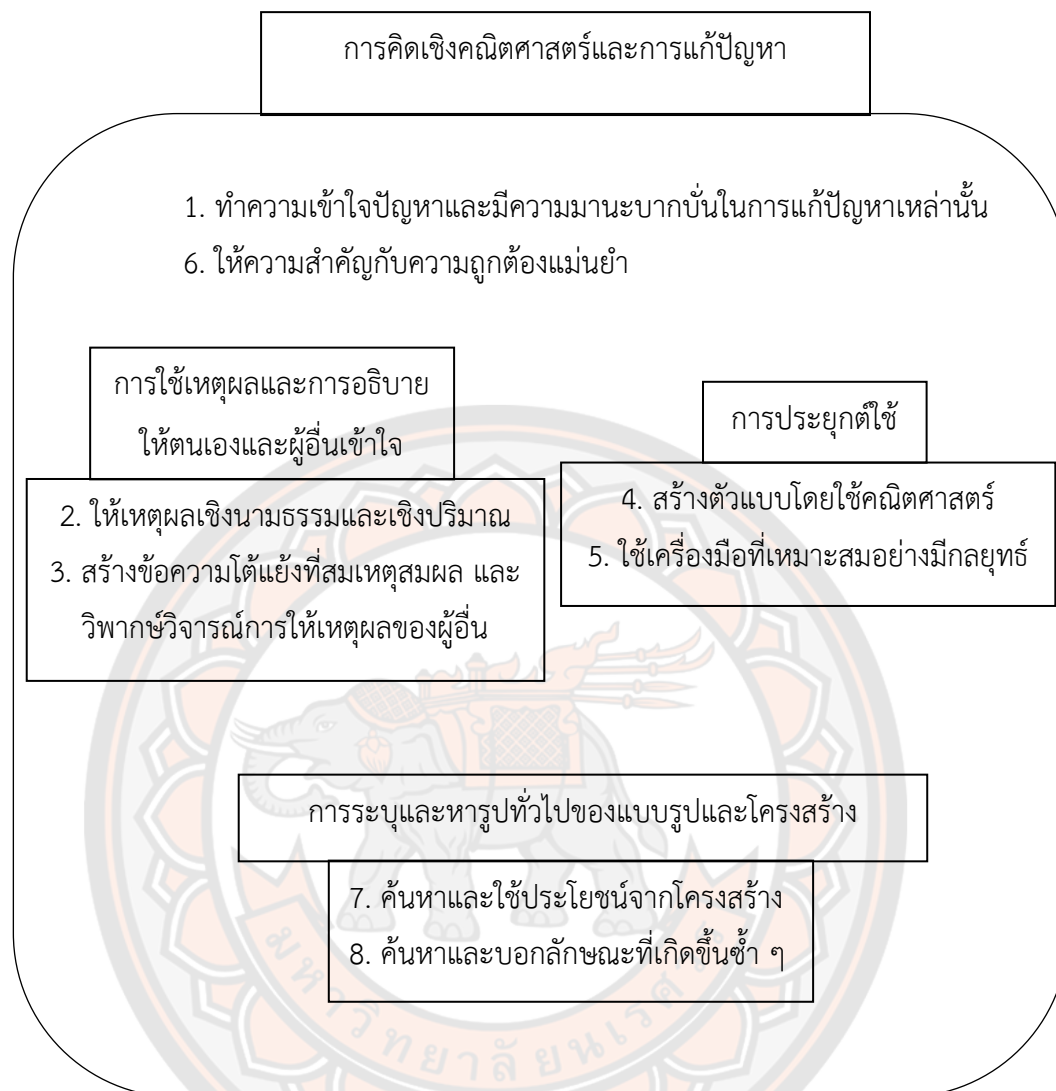
จิตนิสัย (Habits of Mind) ในการคิดเชิงคณิตศาสตร์และมีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในทุกบริบท จัดอยู่ในกลุ่มลักษณะนิสัยของนักคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Overarching habits of mind of a productive mathematical thinker)

คุณลักษณะที่ 2 ให้เหตุผลเชิงนามธรรมและเชิงปริมาณและคุณลักษณะที่ 3 สร้างข้อความโต้แย้งที่สมเหตุสมผลและวิพากษ์วิจารณ์การให้เหตุผลของผู้อื่น ให้ความสำคัญการคิดหาเหตุผลและการยืนยันความถูกต้องทั้งเพื่อตนเองและผู้อื่น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างความถูกต้องของงานทางคณิตศาสตร์ จัดอยู่ในกลุ่มการใช้เหตุผลและการอธิบาย (Reasoning and explaining)

คุณลักษณะที่ 4 สร้างตัวแบบโดยใช้คณิตศาสตร์และคุณลักษณะที่ 5 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมอย่างมีกลยุทธ์ เป็นคุณสมบัติเฉพาะในการเตรียมนักเรียนให้สามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ จัดอยู่ในกลุ่มการสร้างแบบจำลองและการใช้เครื่องมือ (Modeling & using tools)

คุณลักษณะที่ 7 ค้นหาและใช้ประโยชน์จากโครงสร้าง และคุณลักษณะที่ 8 ค้นหาและบอกลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ เกี่ยวข้องกับการระบุและสรุปรูปแบบและโครงสร้างที่มีอยู่ในการคำนวณและวัตถุทางคณิตศาสตร์ (Mathematical objects) จัดอยู่ในกลุ่มการเข้าใจโครงสร้างและลักษณะทั่วไป (Seeing structure & generalizing)

ซึ่งคุณลักษณะที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่นในการแก้ปัญหาเหล่านั้น และคุณลักษณะที่ 6 ให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำจัด เป็นกลุ่มของลักษณะนิสัยที่สำคัญของนักคิดทางคณิตศาสตร์ที่ประสบผลสำเร็จ ใช้คำภาษาอังกฤษว่า “Overarching habits of mind of a productive mathematical thinker” (McCullum, 2011) โดย ดร.รณชัย ปานะโปย ได้ให้ความหมายเป็นภาษาไทยว่า “กลุ่มของการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา” ซึ่งกลุ่มของการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เป็นเป้าหมายหลักในการจัดการในการจัดการเรียนการสอน โดยมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ด้านอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบพื้นฐาน ซึ่งการคิดเชิงคณิตศาสตร์ช่วยสนับสนุนให้บุคคลเกิดการคิดอย่างมีเหตุผล ส่งเสริมให้สามารถการนำคณิตศาสตร์ปรับประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม และสามารถสร้างองค์ความรู้ในศาสตร์อื่นได้ (รณชัย ปานะโปย, 2559) กลุ่มของคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์แสดงดังภาพ 6 ดังนี้



ภาพ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ด้านต่าง ๆ

ที่มา: Parker, & Novak, 2012; รณชัย ปานะโปย, 2559

Mathematics Assessment Resource Service (2017) กล่าวถึง ความสัมพันธ์ของมาตรฐานกระบวนการ (Process Standards) ในคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งมาตรฐานกระบวนการ ประกอบด้วย การแก้ปัญหา การสื่อสาร การสื่อความหมาย การให้เหตุผล และการพิสูจน์ และการเชื่อมโยง (NCTM, 2000)



ภาพ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานกระบวนการและคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์

ที่มา: Mathematics Assessment Resource Service, 2017

ความสัมพันธ์ของมาตรฐานกระบวนการในคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา แสดงให้เห็นในคุณลักษณะที่ 1 และ 6 ซึ่งการแก้ปัญหาไม่เพียงแต่เป็นเป้าหมายของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ แต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในกระบวนการเรียนรู้อีกด้วย นักเรียนควรมีโอกาสอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเริ่มต้นการคิดหรือสร้างสมมุติฐานในการพยายามแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ซึ่งต้องใช้ความพยายามมาก นักเรียนจะได้รับการสนับสนุนให้พิจารณาความคิดของนักเรียนในระหว่างกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อที่นักเรียนจะสามารถประยุกต์ใช้และปรับใช้กลยุทธ์ที่พวกเขาพัฒนาได้ในปัญหาอื่น ๆ หรือในบริบทอื่น ด้วยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนจะเรียนรู้วิธีการคิดนิสัยของความเพียรพยายาม ความอยากรู้อยากเรียนและความมั่นใจในสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยซึ่งจะมีประโยชน์ในชีวิตนอกห้องเรียนคณิตศาสตร์อย่างดี (Mathematics Assessment Resource Service, 2017)

Eric (2023) กล่าวว่า ใน "โลกแห่งความเป็นจริง" ที่เราต้องพบกับปัญหาในชีวิตประจำวัน ไม่ได้มีกฎเกณฑ์หรือข้อกำหนดที่ชัดเจนว่าจะต้องใช้ความรู้ใดในการแก้ปัญหา หัวใจสำคัญของการแก้ปัญหานั้นมีความยากลำบาก คือ จะเริ่มต้นที่จุดใด จึงจำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง การค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมและมีความยืดหยุ่นในวิธีการต่าง ๆ เพื่อบรรลุเป้าหมาย ทำให้นักเรียนต้องเริ่มต้นโดยอธิบายความหมายของปัญหาและมองหาจุดที่เหมาะสมในการหาทางแก้ไข โดยคุณลักษณะทำความเข้าใจปัญหาและมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาเหล่านั้น มีความมุ่งหวังให้นักเรียนมี "นิสัยของผู้ไขปริศนา" ในบริบทของคณิตศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะต้องได้รับโอกาสในการเผชิญกับปัญหา ซึ่งจากความรู้พื้นฐานที่นักเรียนมีนั้น นักเรียนจะสร้างเครื่องมือของตนเองในการแก้ปัญหา โดยการคิดเกี่ยวกับปัญหาที่คล้ายกัน แต่อาจใช้ตัวเลขหรือสถานการณ์ที่ง่ายขึ้น รวมถึงการปรับคำที่ง่ายกว่าเพื่อทำความเข้าใจในการแก้ปัญหาและสื่อสารผ่านการแสดงแทนทางคณิตศาสตร์ Charles (2023) กล่าวว่า การทำความเข้าใจปัญหาและมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาเหล่านั้นไม่เพียงเกี่ยวข้องกับการเรียนคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่ยังมีความสำคัญในการพัฒนาทักษะที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและสภาพแวดล้อมการทำงานอื่น ๆ โดยเป็นสิ่งที่ต้องมาควบคู่กัน คือ การความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ The Centre for Teaching-Learning of Mathematics (2021) กล่าวว่า การมุ่งมั่นเพื่อความถูกต้องแม่นยำ ทำหน้าที่เป็นวิธีการขัดเกลาความเข้าใจ การแสดงข้อมูลเชิงลึกอย่างแม่นยำ ไม่ว่าจะเป็นภาษาธรรมชาติหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ช่วยเพิ่มความเข้าใจและการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ ความใส่ใจในความแม่นยำเป็นลักษณะพื้นฐานของการคิดทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น Eric (2023) กล่าวว่า การความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำนั้น ครอบคลุมการคำนวณอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ มีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจน คือความแม่นยำในการสื่อสาร ทั้งในการพูดและการใช้สัญลักษณ์ทางการเขียน ซึ่งถือเป็นทักษะที่สำคัญ ช่วยให้การสื่อสารความคิดและความเข้าใจมีชัดเจน การสื่อสารที่ผิดพลาดหรือการขาดความแม่นยำอาจเป็นผลลัพธ์ที่ไม่ดี ความแม่นยำจึงมีผลต่อการช่วยให้เข้าใจผู้อื่นว่ากำลังทำอะไรและพูดอะไร รวมถึงการสื่อสารถึงสิ่งที่ต้องการให้ผู้อื่นทำคืออะไร ซึ่งต้องใช้ภาษากลางและคำอธิบายที่ชัดเจน เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหาต่าง ๆ ซึ่งสิ่งนี้มีบทบาทสำคัญมากในยุคปัจจุบัน NCTM (2000) กล่าวว่า กลุ่มของการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เป็นกลุ่มที่สอดคล้องกับการแก้ปัญหา โดยการแก้ปัญหานั้นครอบคลุมมาตรฐานกระบวนการอื่น ๆ ที่ประกอบด้วย การสื่อสาร การให้เหตุผล การสื่อความหมาย การประยุกต์ใช้ การพิสูจน์และการเชื่อมโยง และครอบคลุมคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ในกลุ่มอื่น ๆ Mathematics Assessment Resource Service (2017) กล่าวว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาเป็นหลักสำคัญที่ครอบคลุมจิตนิสัยในการคิดเชิงคณิตศาสตร์และ

มีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในทุกบริบท ดังนั้นคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาจึงเป็นกลุ่มที่มีความสำคัญ

กลุ่มของคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่นในการแก้ปัญหาเหล่านั้น นักเรียนที่มีคุณลักษณะด้านนี้จะมีพฤติกรรมและความคิดให้ครูสังเกตเห็นได้ เช่น

1. เริ่มต้นด้วยการอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตนเองและมองหาจุดเริ่มต้นในการแก้ปัญหา
2. วิเคราะห์สิ่งที่กำหนดจากปัญหา ข้อจำกัด ความสัมพันธ์ และเป้าหมาย
3. คาดเดาเกี่ยวกับรูปแบบและความหมายของการแก้ปัญหารวมถึงวางแผนเส้นทางการแก้ปัญหาก่อนเริ่มการแก้ปัญหา
4. พิจารณาปัญหาที่คล้ายคลึงกัน มีการพิจารณากรณีพิเศษบางกรณี รวมถึงการพิจารณารูปแบบที่เรียบง่ายกว่าปัญหาดั้งเดิมเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกในการแก้ปัญหา
5. ติดตาม ตรวจสอบ ประเมินความก้าวหน้าและเปลี่ยนเส้นทางหากจำเป็น นักเรียนที่เรียนในระดับที่สูงขึ้นอาจแปลงเป็นนิพจน์เกี่ยวกับพีชคณิต
6. นักเรียนที่เรียนในระดับสูงสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสมการได้ อธิบายปัญหาหรืออธิบายการแก้ปัญหาวงจรด้วยวาจา ตารางข้อมูล กราฟหรือการวาดแผนภาพ เพื่อแสดงลักษณะและความสัมพันธ์ที่สำคัญรวมถึงค้นหาความสม่ำเสมอหรือแนวโน้มในข้อมูลได้ นักเรียนระดับขั้นเริ่มต้นอาจพึ่งพาการใช้วัตถุหรือรูปภาพที่เป็นรูปธรรมเพื่อช่วยกำหนดแนวคิดและแก้ปัญหา
7. ตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการต่าง ๆ และตั้งคำถามเสมอว่า “สิ่งนี้สมเหตุสมผลหรือไม่”
8. เข้าใจแนวทางของผู้อื่นในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและระบุความสอดคล้องระหว่างแนวทางหรือวิธีการต่าง ๆ ได้

คุณลักษณะที่ 6 ให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำนักเรียนที่มีคุณลักษณะด้านนี้จะมีพฤติกรรมและความคิดให้ครูสังเกตเห็นได้ เช่น

1. สื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างถูกต้องและชัดเจน
2. ใช้นิยามที่ชัดเจนเมื่ออภิปรายกับผู้อื่นด้วยเหตุผลของตนเอง
3. อ้างถึงความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้รวมถึงการใช้เครื่องหมายได้อย่างคงเส้นคงวาและเหมาะสม
4. มีความระมัดระวังในเรื่องหน่วยของการวัด
5. ระบุชื่อแกนในพิกัดเพื่อใช้อธิบายความสัมพันธ์ของปริมาณในปัญหา
6. คำนวณได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

7. อธิบายคำตอบเชิงตัวเลขได้ถูกต้องชัดเจนและเหมาะสมกับบริบทของปัญหา

8. รอบคอบกับคำอธิบายที่เขียนเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ

9. ตรวจสอบข้อเท็จจริงที่ใช้อ้างอิงในขณะให้เหตุผลและสามารถใช้นิยามได้อย่างชัดเจน การวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จำนวน 13 ชั่วโมง โดยเนื้อหาประกอบด้วย 1) ชนิดและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม 2) ส่วนต่าง ๆ ของรูปสามเหลี่ยม 3) การสร้างรูปสามเหลี่ยม 4) ความยาวรอบรูปของรูปสามเหลี่ยม 5) พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม 6) โจทย์ปัญหา จึงได้มีการปรับองค์ประกอบของคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ดังนี้

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ประกอบไป 2 คุณลักษณะ คือ ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น

1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้

2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้

3. นักเรียนทำความเข้าใจหรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ

4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจาหรือภาพที่เป็นรูปธรรม

5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง

6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิด ได้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้

ด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด

2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำเหมาะสมกับบริบท

3.2 การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์

นักการศึกษาและนักวิชาการ กล่าวถึง การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

Mateas (2016) ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์

1. การส่งเสริมมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงในวิธีการสอนที่ต่างกับที่เคยมีมาก่อน เพื่อให้คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์กลายเป็นนิสัย (habit) หรือเป็นการปฏิบัติที่นักเรียนจะใช้ด้วยตนเองอย่างแท้จริง นักเรียนต้องการโอกาสหลายครั้งตลอดช่วงเวลาของการศึกษาของนักเรียนในการมีส่วนร่วมในการคิดตามที่มาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์กำหนดไว้ จึงต้องใช้เวลาและปฏิบัติอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถเรียนรู้และแสดงคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสมและมีความชำนาญ ซึ่งใช้ระยะเวลาที่ยาวนาน

2. การวางแผนที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ควรทำในสองระดับ คือ 1) การวางแผนในระยะยาว เช่น ภายในหน่วยการเรียนรู้ หรือตลอดปีการศึกษา จะช่วยให้มาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์บางประการมีความเหมาะสมในการสอน และให้มั่นใจว่านักเรียนได้รับโอกาสอย่างหลากหลายในการมีส่วนร่วมในการแสดงคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ 2) การวางแผนในระดับงาน (task) ไม่ใช่บทเรียน จะช่วยเน้นไปที่วิธีสนับสนุนการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งหลักฐานของมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์อยู่ที่การคิดของนักเรียนและงาน (task) คือ พื้นที่ของการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับคณิตศาสตร์ การวางแผนเพื่อการสนับสนุนโดยเฉพาะ จะช่วยให้นักเรียนใช้คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ในการเรียนคณิตศาสตร์หลายประการและงานทั้งหมดจะมีความสำคัญในการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการสอน

3. การสอนควรเน้นทั้งเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ เนื่องจากบางลักษณะของคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์อาจไม่เป็นที่ชัดเจนต่อนักเรียนทันที และเนื่องจากพวกเขาอาจแสดงคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันสำหรับงานใด ๆ ที่กำหนดไว้ การมีเจตนาอย่างชัดเจนมีความสำคัญมาก

4. การสอนควรไตร่ตรองและเน้นทั้งเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ เนื่องจากบางลักษณะของคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ไม่ชัดเจนสำหรับนักเรียนในทันที และอาจใช้วิธีที่แตกต่างกันสำหรับงานใด ๆ ความตั้งใจจึงเป็นสิ่งสำคัญในการเลือกวิธีปฏิบัติที่จะสนับสนุนนักเรียนคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์

Suh, & Seshaiyer (2014) ได้กล่าวถึงกลยุทธ์ในการใช้คำถามกระตุ้น (Questioning Prompts) เพื่อส่งเสริมให้เกิดคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์

คุณลักษณะการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่นในการแก้ปัญหาเหล่านั้น คือ ปัญหาสมเหตุสมผลหรือไม่ คุณต้องการค้นหาอะไร คุณมีข้อมูลอะไรบ้าง คุณจะใช้กลยุทธ์อะไรในการแก้ปัญหา ปัญหานี้ต้องการให้คุณใช้ความสามารถด้านตัวเลข การให้เหตุผลเชิงปริภูมิ (Spatial reasoning) หรือ การใช้เหตุผลเชิงตรรกะ (Logical reasoning) หรือไม่ คุณสามารถทำอะไรได้บ้างเมื่อคุณติดอยู่กับปัญหานี้

คุณลักษณะการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ คือ คุณสามารถใช้ในคำอธิบายเพื่อให้มีความแม่นยำและชัดเจนมากขึ้น คำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ที่เฉพาะเจาะจง นิยาม และการแสดงแทนทางคณิตศาสตร์ (Representations) คืออะไร

Billings et al. (2013) ได้ศึกษาแนวทางในการส่งเสริมมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งพบว่า Workshop Model เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสนับสนุนความเข้าใจของครูเกี่ยวกับมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น มุ่งเน้นไปที่กระบวนการต่าง ๆ ของครูในการปลูกฝังคุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่นในบทเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่ง Workshop Model ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ มีรายละเอียดดังนี้

1. การสร้างความเชื่อมโยง (Making connections)

เป็นการเชื่อมโยงความรู้เดิม เพื่อนำมาปรับประยุกต์ในการเรียนรู้ ผู้เรียนจดจำและไตร่ตรองถึงสิ่งที่พวกเขาารู้ในปัจจุบันและเชื่อมโยงกับประสบการณ์และความรู้ในอดีตก่อนที่จะเริ่มหัวข้อใหม่

2. จุดสำคัญ (Focus)

มุ่งเน้นไปที่การคิดออกเสียง ผู้เรียนจะได้รับการแนะนำให้รู้จักสาระสำคัญของบทเรียน จากนั้นขอให้สำรวจคำถาม สำรวจกลยุทธ์หรือเทคนิควิธีการทางคณิตศาสตร์ สำรวจตัวอย่างความคิดของนักเรียนหรือวิเคราะห์การอ่านอย่างมีวิจารณ์ญาณ ซึ่งการเลือกที่จะเน้นย้ำกลยุทธ์การคิดออกเสียง เนื่องจากการค้นหาจุดเริ่มต้นเพื่อแก้ปัญหาเป็นสิ่งที่ท้าทายสำหรับผู้เรียน การคิดออกเสียงนี้ทำให้ครูมีโอกาสมุ่งเน้นไปที่แง่มุมทางคณิตศาสตร์ของปัญหาตลอดจนการแสดงออกถึงคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งสามารถมองเห็นและได้ยืนยันการดำเนินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การคิดออกเสียงไม่ใช่แค่การกระทำ แต่เป็นสิ่งที่นักเรียนไตร่ตรองถึงเหตุผลและพยายามนำมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยการแบ่งปันความคิดและกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ถูกลำเสนอผ่านการแสดงผลงาน สร้างการเชื่อมโยงระหว่างการนำเสนอต่าง ๆ แสดงให้เห็นถึง ความอึดสาหัสและการรับรู้และทำความเข้าใจปัญหา

3. กิจกรรม (Activity)

ผู้เรียนทำงานร่วมกันและเป็นรายบุคคลเพื่อแก้ปัญหา สำรวจแนวคิดใหม่และสร้างความรู้ใหม่ ผู้เรียนมักเลือกกิจกรรมที่ตรงกับความสนใจหรือระดับความสามารถของตนเอง อีกทั้งยังเป็นเวลาแห่งการแบ่งปันและตรวจสอบความคิดของผู้อื่น

4. การสะท้อนความคิด (Reflection)

ผู้เรียนอาจแบ่งปันความคิดเห็นของตนเองร่วมกันหรือเป็นรายบุคคลทั้งทางวาจาหรือลายลักษณ์อักษร ซึ่งในการสะท้อนคิดนี้ ควรให้เวลากับนักเรียนในการรวบรวมประสบการณ์และประมวลความรู้ ซึ่งครูจะเป็นผู้สรุปเกี่ยวกับกลยุทธ์ต่าง ๆ ของนักเรียน ครูอภิปรายเพื่อสะท้อนถึงวิธีการใช้กลยุทธ์และการมุ่งเน้นในการสื่อสารความคิดทางคณิตศาสตร์ที่นำมาปรับใช้ในชั้นเรียนและกระตุ้นการสะท้อนความคิดด้วยคำถาม เช่น นักเรียนสามารถใช้กระบวนการและกลยุทธ์ใดในการทำ ความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา การแก้ปัญหาของนักเรียนเชื่อมโยงกับการสอนในห้องเรียนอย่างไร

Michelle (2014) ได้กล่าวถึง กลยุทธ์การสอนที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนแสดง คุณลักษณะการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมั่นใจมากขึ้น

กลยุทธ์ที่ 1: บอกความคาดหวังก่อนคำอธิบายแรกจะเกิดขึ้น คือ ครูระบุความคาดหวังของตนเองอย่างชัดเจนก่อนเริ่มการอภิปรายทั้งชั้น และครูให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการพัฒนา เหตุผลให้สอดคล้องสิ่งที่ต้องการ

กลยุทธ์ที่ 2: ให้นักเรียนรับผิดชอบในการอธิบาย คือ ครูให้นักเรียนอธิบายทั้งทางวาจา และลายลักษณ์อักษรในขณะที่ให้นักเรียนเข้าใจเหตุผล

กลยุทธ์ที่ 3: ให้นักเรียนรับผิดชอบในการถามคำถาม คือ ครูเรียกชื่อนักเรียน เพื่อดูว่าพวกเขามีคำถามหรือไม่ ครูขอให้นักเรียนอธิบายวิธีการแก้ปัญหาอีกครั้ง

กลยุทธ์ที่ 4: ให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในการทำความเข้าใจวิธีแก้ปัญหา คือ ครู ขอให้นักเรียนไม่เพียงแต่อธิบายซ้ำ แต่อธิบายว่าเหตุใดจึงต้องดำเนินการตามขั้นตอนนั้นและผลลัพธ์มีความหมายอย่างไรในแง่ของสถานการณ์

กลยุทธ์ที่ 5: ให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในการตั้งคำถามในสิ่งที่พวกเขาไม่เข้าใจ คือ ครูให้วิธีวิเคราะห์เพื่อค้นหาสิ่งที่ไม่เข้าใจ

กลยุทธ์ที่ 6: ชมเชยนักเรียนสำหรับการมีส่วนร่วมและการให้ข้อมูล คือ ครูปรบมือให้นักเรียนที่เป็นไปตามความคาดหวัง และให้ข้อเสนอแนะอย่างมีประสิทธิภาพเมื่อไม่เป็นไปตามความคาดหวัง

Russell (2012) กล่าวถึง กิจกรรมการสอนที่ส่งเสริมการให้ความสำคัญกับความ ถูกต้องแม่นยำ โดยยกตัวอย่างในห้องเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของโอลิเวีย มิลเลอร์ (Olivia Miller) นำเสนอสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับนิพจน์การบวกที่เท่ากัน ดังนี้

$29 + 37$	$52 + 49$
$30 + 36$	$51 + 50$

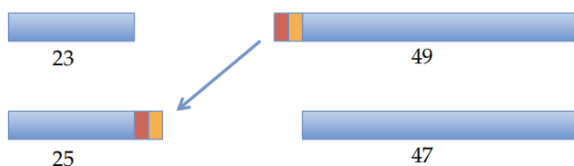
ภาพ 8 แสดงสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับนิพจน์การบวกที่เท่ากัน

ที่มา: Russell, 2012

เมื่อนักเรียนได้รับปัญหา นักเรียนได้สังเกตแนวคิดบางอย่างเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างผลรวมที่เท่ากันของแต่ละคู่ โดยนักเรียนสนทนาขึ้นว่า “เราเปลี่ยนตัวเลขได้แต่ก็ยังมีคำตอบเหมือนเดิม” “ตัวเลขสามารถขึ้นลงได้” “เราเปลี่ยนตัวเลขโดยทำให้อันหนึ่งน้อยลงและอีกอันหนึ่งใหญ่ขึ้น” “เราสามารถเอาอันหนึ่งออกไปแล้วเพิ่มอีกหนึ่งอัน”

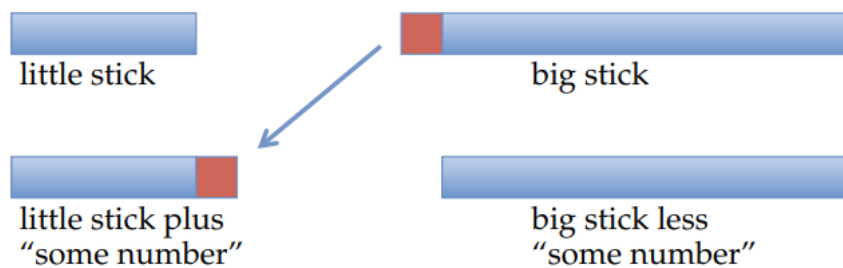
นักเรียนแต่ละคนอภิปรายแนวคิดของตนเอง ซึ่งครูใช้การสนทนานี้เป็นโอกาสในการเตือนนักเรียนเกี่ยวกับการใช้คำศัพท์ทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายแนวคิด และกระตุ้นท้าทายให้นักเรียนแสดงออกซึ่งแนวคิดใหม่ ๆ ที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น ซึ่งในการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนได้คาดเดาวิธีต่าง ๆ และพิสูจน์อย่างชัดเจน เช่น

1. สามารถเปลี่ยนตัวเลขได้ แต่คำตอบเท่าเดิม
2. ตัวเลขสามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ โดยเมื่อตัวใดตัวหนึ่งเพิ่ม ตัวเลขอีกตัวจะลดลง เช่น $30 + 53$ และ $33 + 50$
3. $29 + 37 = 29 + (1 + 36) = (29 + 1) + 36 = 30 + 36$
4. การเขียนในรูปทั่วไป $a + (b + c) = (a + b) + c$



ภาพ 9 แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับนิพจน์การบวกที่เท่ากัน

ที่มา: Russell, 2012



ภาพ 10 แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับนิพจน์การบวกที่เท่ากัน

ที่มา: Russell, 2012

ในการจัดการเรียนการสอน ครูได้มีการสนทนาแนวคิดในการแก้ปัญหากับนักเรียนในลักษณะการสืบเสาะ นักเรียนจะคุ้นเคยกับการสังเกตเห็น ตลอดจนการระบุและแสดงเหตุผลในการแสดงความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้น ซึ่งตลอดการจัดการเรียนรู้ นักเรียนเกิดการอธิบายโดยใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์และคำจำกัดความต่าง ๆ เพื่อการสื่อสารที่เข้าใจ โดยนักเรียนมีการตรวจสอบความถูกต้องอย่างสม่ำเสมอ โดยการจัดการเรียนการสอนนั้น ของ โอลิเวีย มิลเลอร์ ได้มุ่งเน้นจะสร้างความฉลาดของนักเรียนและเพิ่มการมีส่วนร่วมของนักเรียนโดยให้ออกาสคิดและเป็นศูนย์กลางในการจัดการเรียนรู้

The Centre for Teaching-Learning of Mathematics (2021) ได้กล่าวถึง การพัฒนาการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ควรเน้นความชัดเจนและถูกต้องของกระบวนการ และผลลัพธ์ของการเรียนคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา ตั้งแต่เริ่มเรียนในแต่ละปีการศึกษา เช่น ครูสามารถให้นักเรียนมีส่วนร่วมใน "การพูดคุยด้วยภาษาคณิตศาสตร์" เพื่ออธิบายกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน นอกจากนี้ครูควรซักถาม (Probe) เพื่อเป็นการป้องกันว่า คุณสมบัติของคำศัพท์หรือคำจำกัดความนั้นเพียงพอสำหรับการประยุกต์ใช้กับปัญหาหรือมีความเข้าใจที่คาดเคลื่อนเกี่ยวกับนิยาม คำจำกัดความของนักเรียนซึ่งจำเป็นต้องแก้ไขหรือปรับปรุงให้ดีขึ้น เช่นเดียวกับในกระบวนการเขียน จำเป็นต้องมีการแก้ไขสำนวนเพื่อให้น่าสนใจ ให้เข้าใจได้และแม่นยำ การสอนของครูเกี่ยวกับคำศัพท์ต้องมีความชัดเจนและถูกต้อง เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน และต้องช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทบาทของคำศัพท์ในการสื่อสารที่ชัดเจน นอกจากนี้การตั้งคำถาม สามารถช่วยให้นักเรียนแสดงออกถึงความถูกต้องแม่นยำได้ เช่น

1. นี่คือวิธีเขียนสูตร (ตัวเลข/สัญลักษณ์) ที่ถูกต้องหรือไม่
2. หน่วยนี้ถูกต้องสำหรับปริมาณ/ตัวเลขที่ระบุในโจทย์หรือไม่

3. คำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ใดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้
4. คำศัพท์ที่คุณใช้ถูกต้องสำหรับสถานการณ์นี้หรือไม่
5. นักเรียนรู้อย่างไรว่าวิธีการของนักเรียนเหมาะสมและแม่นยำ
6. ให้นักเรียนอธิบายว่าจะแสดงว่าวิธีแก้ปัญหาคืออะไรของคุณตอบโจทย์ได้อย่างไร
7. สัญลักษณ์หรือเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ใดที่สำคัญในปัญหานี้
8. นักเรียนจะตรวจสอบได้อย่างไรว่าวิธีการแก้ปัญหาคืออะไรของคุณสามารถแก้ปัญหาคือจริง

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ควรมีการวางแผนในการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ การกำหนดความคาดหวังของการแสดงออกของคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ควรทำในระดับหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งควรเป็นแผนระยะยาวเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติจนเกิดเป็นนิสัย การสอนไม่ได้มุ่งเน้นเฉพาะทักษะ แต่ควรให้ความสำคัญกับแนวทางการปฏิบัติต่าง ๆ มุ่งเน้นที่เพื่อตั้งแนวคิด ตั้งความเข้าใจของนักเรียน นอกจากนี้ครูควรให้คำแนะนำในบางโอกาสอย่างมีประสิทธิภาพ ใช้คำถามกระตุ้นอย่างเหมาะสมเพื่อให้นักเรียนแสดงออกถึงคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ที่ต้องการ

3.3 ความสัมพันธ์ของมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาและนักวิชาการ กล่าวถึง ความสัมพันธ์ของมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ปัจจุบันยังไม่มี การให้ความหมาย หลักการ แนวคิด หรือลักษณะของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ไว้อย่างชัดเจน เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความหมายของ “Habits of mind” ความหมายของจิตนิสัย ความหมายของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ลักษณะของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ไว้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.2.1 ความหมายของ “Habits of mind”

นักการศึกษาและนักวิชาการกล่าวถึงความหมายของคำว่า “Habits of mind” เป็นคำภาษาอังกฤษ ซึ่งแปลความหมายในภาษาไทยได้หลายคำ ผู้วิจัยได้รวบรวมความหมายของคำว่า “Habits of mind” ไว้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Costa, & Kallick (2000 อ้างถึงใน พงศธร มหาวิจิตร, 2559, น. 20) ได้ให้ความหมายของ “Habits of mind” คือ จิตนิสัย โดยอธิบายว่า เป็นการคิด การวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหาที่เป็นโลกจริง ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่นำไปสู่ผลลัพธ์ซึ่งมีกระบวนการแก้ปัญหาที่ดีขึ้น

Covey (2004 อ้างถึงใน วาสนา จันเสริม และญาณภัทร สีหะมงคล, 2562, น. 195) ได้ให้ความหมายของ Habits of Mind คือ อุปนิสัย ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตลอดเวลา โดยแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของแต่ละบุคคล อุปนิสัยเกิดขึ้นจากการรวมกันของความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ ทักษะและความปรารถนาเข้าด้วยกัน

Costa, & Kallick (2009 อ้างถึงใน อภาพร สิงหราช, 2563, น. 350) ให้ความหมายของ “Habits of mind” คือ นิสัยนักคิด โดยระบุว่า เป็นลักษณะที่ฉลาดของบุคคลในการเรียนรู้และทำงานโดยใช้ความคิดจนเกิดเป็นนิสัย สามารถเผชิญหน้ากับปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเสริมสังคมให้มีความเห็นอกเห็นใจและความเมตตา กรุณาต่อผู้อื่น

เปรมจิตต์ ขจรภัย ลาร์เซ็น (2561) ได้ให้ความหมายของ “Habits of mind” คือ นิสัยจิต หมายถึง การคิดทางคณิตศาสตร์และกระบวนการ ซึ่งมีจุดเน้นหลักอยู่ที่การคิดแบบคณิตศาสตร์และเข้าใจความสำคัญในทุกประเด็น

วาสนา จันเสริม และญาณภัทร สีหะมงคล (2562) กล่าวว่า ความหมายของ “Habits of mind” คือ จิตนิสัย หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่สามารถใช้วิธีการที่หลากหลายในการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ รวมทั้งเหตุผลในการแก้ปัญหา สามารถสื่อความหมายได้อย่างถูกต้อง โดยปฏิบัติจนเกิดเป็นนิสัย

ดังนั้น คำว่า “Habits of mind” จึงหมายถึง จิตนิสัย หรือ อุปนิสัย หรือ นิสัยจิต หรือ นิสัยนักคิด และเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันในงานวิจัยนี้จะใช้คำว่า “จิตนิสัย” แทน “อุปนิสัย” หรือ “นิสัยจิต” หรือ “นิสัยนักคิด”

3.2.2 ความหมายของจิตนิสัย

นักการศึกษาและนักวิชาการกล่าวถึงความหมายของจิตนิสัยดังนี้

Marzano (1992 อ้างถึงใน จุไรรัตน์ วงศ์ไชย, 2565, น. 30) ได้ให้ความหมายของจิตนิสัยว่า เป็นลักษณะของบุคคลที่ใช้ความคิดจนเป็นนิสัยอย่างอัตโนมัติในการจัดการ มีการพิจารณาตัวเลือกอย่างระมัดระวังในกระบวนการคิด มีการตรวจสอบเพื่อประเมินความเสี่ยงและประเมินถึงผลที่ตามมา

Costa, & Kallick (2000 อ้างถึงใน พงศธร มหาวิจิตร, 2559, น. 20) กล่าวว่า จิตนิสัย คือ การคิด การวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหาที่เป็นโลกจริง ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่นำไปสู่ผลลัพธ์ซึ่งมีกระบวนการแก้ปัญหาที่ดีขึ้นเมื่อพิจารณาบริบท

Costa (2008 อ้างถึงใน อนงค์นาฏ ครุณรัมย์ และณัฐพร มีสวัสดิ์, 2565, น. 95) กล่าวว่า จิตนิสัย เป็นผลการเรียนรู้ที่จะส่งผลให้นักเรียน มีคุณลักษณะของพฤติกรรมที่ชาญฉลาด นอกจากนี้ยังรวมถึงการเรียนรู้ที่จะจัดการต่อข้อมูลและการตอบสนองข้อมูล

Coats (2011 อ้างถึงใน รณชัย ปานะโปย, 2559, น. 23) กล่าวว่า คุณลักษณะปราดเปรื่องของมนุษย์ นอกจากการมีความรู้หรือข้อมูลที่เพียงพอ มนุษย์ต้องเรียนรู้ที่จะรับมือบริหารจัดการข้อมูลข่าวสารนั้น ซึ่งจิตนิสัย (Habits of Mind) เป็นคุณลักษณะสำคัญที่มนุษย์ที่ใช้ในการควบคุมพฤติกรรม ก่อให้เกิดการคิด การวิเคราะห์เพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง และนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ดีขึ้น ซึ่งคุณลักษณะที่ก่อให้เกิดจิตนิสัยแบ่งเป็น 16 คุณลักษณะ คือ

1. การมีความมุ่งมั่น (Persisting)
2. การจัดการความหุนหันพลันแล่น (Managing Impulsivity)
3. การฟังด้วยความเข้าใจและใส่ใจ (Listening to Other with Understanding and Empathy)
4. การคิดอย่างยืดหยุ่น (Thinking Flexibly)
5. การย้อนคิดเกี่ยวกับความคิดของตนเอง (Thinking about Our Thinking)
6. การมีความมุ่งมั่นเพื่อให้เกิดความถูกต้องและแม่นยำ (Striving for Accuracy and Precision)
7. การตั้งคำถามและตั้งปัญหา (Questioning and posing Problem)
8. การประยุกต์ใช้ความรู้เดิมกับสถานการณ์ใหม่ (Applying Past Knowledge to New)
9. การคิดและการสื่อสารอย่างถูกต้องและชัดเจน (Thinking and Communicating with Clarity and Precision)
10. การรวบรวมข้อมูลผ่านประสาทสัมผัสทั้งหมด (Gathering Data through All Senses)
11. การมีความคิดสร้างสรรค์ จิตนาการและนวัตกรรม (Creating, Imagining and Innovation)
12. การตอบสนองด้วยความสงสัย (Responding with Wonderment and Awe)
13. การมีความรับผิดชอบในความเสี่ยง (Tasking Responsible Risks)
14. การมีความตลกขบขัน (Finding Humor)
15. การคิดอย่างพึ่งพากันรับฟังและแลกเปลี่ยนความคิด (Thinking interdependently)
16. การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง (Learning Continuously)

จิราภรณ์ คงคุ้ม (2548 อ้างถึงใน จุไรรัตน์ วงศ์ไชย, 2565, น. 31) ได้ให้ความหมายของจิตนิสัยว่า เป็นลักษณะของบุคคลที่ใช้ความคิดในการทำงาน จนเกิดเป็นนิสัยที่สามารถเผชิญกับสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นการเตรียมพร้อมสำหรับการปรับตัวอย่างถูกต้องเหมาะสม เสริมสร้างสังคมให้มีเมตตากรุณา มีความเห็นอกเห็นใจผู้อื่น

พบพร จิตรรักษา (2554) ได้ให้ความหมายของจิตนิสัยว่า หมายถึง ลักษณะของบุคคลในการปฏิบัติเพื่อวางแผนฝึกฝนตนเอง โดยแสดงออกเป็นปกติ ประจำจนเกิดความเคยชิน จากความสัมพันธ์ที่เกิดจากความรู้ ทักษะ และความต้องการ พัฒนาสู่ผู้ประสบผลสำเร็จสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างจริงจัง

วาสนา จันเสริม และญาณภัทร สีหะมงคล (2562) กล่าวว่า จิตนิสัย คือ ลักษณะของบุคคลที่ใช้ความคิดในการทำงานอย่างเป็นประจำทำให้เกิดความเคยชิน ส่งผลให้สามารถเผชิญกับสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถฝึกฝนให้เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงได้ตามความรู้ ประสบการณ์ที่ได้รับการสั่งสมมา

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ความหมายของจิตนิสัย คือ ลักษณะของบุคคลที่เผชิญการแก้ปัญหาอย่างชาญฉลาด ปรับตัวอย่างเหมาะสมจนเกิดเป็นนิสัย การคิด การวิเคราะห์ เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหา ส่งผลให้สามารถเผชิญกับสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและปรับประยุกต์ความรู้ต่าง ๆ ได้ตามสถานการณ์ที่หลากหลาย

3.2.3 ความหมายของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาและนักวิชาการกล่าวถึงความหมายของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

Costa, & Kallick (2000 อ้างถึงใน พงศธร มหาวิจิตร, 2559, น. 20) กล่าวว่า จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่สามารถใช้วิธีการที่หลากหลายในการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ รวมทั้งเหตุผลในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สามารถสื่อความหมายได้อย่างถูกต้อง โดยปฏิบัติจนเกิดเป็นนิสัย

Harel (2008 อ้างถึงใน Lim, & Selden, 2010) กล่าวว่า จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ เป็นวิธีคิดภายใน ซึ่งมองว่าคณิตศาสตร์ประกอบด้วยชุดย่อย 2 ชุด คือ 1) วิธีทำความเข้าใจ (ways of understanding) ได้แก่ สัจพจน์ ทฤษฎีบท การพิสูจน์ ปัญหา แนวทางแก้ไขที่ได้รับการยอมรับจากชุมชนคณิตศาสตร์ 2) วิธีคิด (ways of thinking) ซึ่งเป็นเครื่องมือทางแนวคิดที่มีประโยชน์สำหรับการสร้างชุดย่อยแรก ความแตกต่างระหว่างวิธีคิดและวิธีทำความเข้าใจ เน้นย้ำให้เห็นถึงความสำคัญของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมักจะถูกกลบเกลื่อนในหลักสูตรคณิตศาสตร์แบบดั้งเดิมจากแนวคิดข้างต้น แสดงให้เห็นว่า “นักเรียนพัฒนาวิธีคิดโดยการสร้างวิธีทำความเข้าใจเท่านั้น และวิธีทำความเข้าใจที่เกิดขึ้นจะถูกกำหนดโดยวิธีคิดที่พวกเขามี” หลักการนี้เป็นสิ่งที่พิสูจน์ว่า วิธีคิดไม่

สามารถแบ่งแยกได้จากวิธีทำความเข้าใจอย่างอิสระ ดังนั้นทั้งวิธีทำความเข้าใจและวิธีคิดควรรวมไว้เป็นวัตถุประสงค์การเรียนรู้สำหรับนักเรียน

Mathematics Assessment Resource Service (2017) กล่าวว่า จิตนีสัยทางคณิตศาสตร์ในมุมมองของมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ถูกใช้เพื่ออธิบายความหมายของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์และคิดทางคณิตศาสตร์ โดยมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์มีความคาดหวังที่คล้ายคลึงกับจิตนีสัยและได้อธิบายมิติด้านจิตนีสัยของนักเรียนที่ควรพัฒนา

พงศธร มหาวิจิตร (2559) กล่าวว่า จิตนีสัยทางคณิตศาสตร์ เป็นการมองคณิตศาสตร์เสมือนสะพานที่เชื่อมโยงสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้ใช้คณิตศาสตร์ในแง่ของความคิดและมุมมอง หลายคนอาจมองว่าคณิตศาสตร์เป็นเพียงศาสตร์ ซึ่งในความเป็นจริงคณิตศาสตร์มีเนื้อหาหลายด้านที่ไม่ได้มุ่งเน้นการคำนวณเป็นสำคัญ เช่น ตรรกศาสตร์ การพิสูจน์ ทฤษฎีกราฟ ฯลฯ ดังนั้นการเรียนการสอนคณิตศาสตร์จึงควรมุ่งเน้นการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ ฝึกการแก้ปัญหา ฝึกการคิดเชื่อมโยงระหว่างองค์ความรู้ จิตนีสัยทางคณิตศาสตร์จึงเป็นสิ่งที่นักคณิตศาสตร์ให้คุณค่าและให้ความสนใจในการนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนมีวิธีคิดแบบนักคณิตศาสตร์ พงศธร มหาวิจิตร และสุนทรีย์ ปาลวัฒน์ชัย (2561) กล่าวว่า จิตนีสัยทางคณิตศาสตร์เป็นการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีมาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบอย่างรอบคอบและมีประสิทธิภาพ โดยเป็นการมองความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาความรู้ทางคณิตศาสตร์ต่าง นำไปฝึกปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอจนเกิดเป็นนิสัย

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า จิตนีสัยทางคณิตศาสตร์ เป็นการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กัน สู่การแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างรอบคอบและมีประสิทธิภาพ ซึ่งให้คุณค่ากับการนำคณิตศาสตร์มาใช้เป็นเครื่องมือทั้งด้านวิธีคิดและความเข้าใจเพื่ออธิบายความหมายของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์และคิดทางคณิตศาสตร์ เป็นพื้นฐานในการคิดแบบนักคณิตศาสตร์อย่างสม่ำเสมอ ปฏิบัติจนเกิดเป็นนิสัย

3.2.4 ลักษณะของจิตนีสัยทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาและนักวิชาการกล่าวถึงลักษณะของจิตนีสัยทางคณิตศาสตร์ดังนี้

Lim, & Selden (2010) ได้อธิบายว่า จิตนีสัยทางคณิตศาสตร์ มีลักษณะสำคัญสองประการคือลักษณะ "การคิด (thinking)" และลักษณะ "นิสัย (habituated)" นอกจากนี้ยังรวมถึงความสัมพันธ์กับการปฏิบัติในชั้นเรียนอีกด้วย ดังนั้นภาพรวมของจิตนีสัยทางคณิตศาสตร์มองถึงแนวคิดที่เกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับนิสัยของจิตใจ เช่น วิธีคิด การปฏิบัติทางคณิตศาสตร์ ความรู้ที่จะดำเนินการในขณะนั้น การจัดการทางปัญญาและแบบแผนพฤติกรรม

Cuoco, Goldenberg, & Mark (1996) กล่าวว่า หัวใจสำคัญของการจัดหลักสูตรคณิตศาสตร์ คือ การยึดจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์เป็นสำคัญ เพื่อให้ให้นักเรียนที่เรียนในระดับมัธยมศึกษาและวิทยาลัย ได้มีวิธีการในการคิดเช่นเดียวกับนักคณิตศาสตร์ จึงเป็นสิ่งที่เชื่อมประสานระหว่างผู้ใช้คณิตศาสตร์และผู้สร้าง

Mason, John, & Spence (1999) มีมุมมองว่า ลักษณะของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ เป็นรูปแบบของของความรู้ คือ การรู้ข้อเท็จจริง รู้กระบวนการ และรู้เหตุผลเบื้องลึกประกอบรวมกันเป็น การรู้เนื้อหา (knowing-about) และอีกประเภทคือ การรู้เพื่อใช้ (knowing-to) ซึ่งหมายถึง ความรู้เชิงรุกซึ่งปรากฏในช่วงเวลาที่จำเป็น เพื่อพยายามสร้างองค์ความรู้ โดยการรู้เพื่อใช้ (knowing-to) แยกส่วนจากความรู้รูปแบบอื่น กล่าวได้ว่า การรู้เพื่อใช้ (knowing-to) ขึ้นอยู่กับลักษณะของความสนใจในขณะนั้น ขึ้นอยู่กับว่าสิ่งที่เราตระหนักหรือรับรู้ (aware) คืออะไร การให้ความรู้แก่ความรู้ (awareness) กระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยการเน้นประสบการณ์ที่มีอิทธิพล และการพัฒนาการเชื่อมโยงที่หลากหลายและคล่องแคล่ว (triggers) สิ่งเหล่านี้ไม่มีใครสามารถกระทำได้นอกจากตัวผู้เรียนเอง

วาสนา จันเสริม (2562 อ้างถึงใน จุไรรัตน์ วงศ์ไชย, 2565, น. 20) ได้นำเสนอลักษณะของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 9 ลักษณะ ดังนี้

1. การถามและตั้งข้อสงสัย (Questioning and Posing Problems) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการถามคำถามเพื่อเติมเต็มในสิ่งที่ตนรู้และสิ่งใดที่ยังไม่รู้ ผู้ถามคำถามที่ดีมักจะถาม คำถามแบบครอบคลุม

2. การพยายามให้เกิดความถูกต้องแม่นยำ (Striving for Accuracy) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความพยายามในการหาวิธีการที่ใช้ตรวจสอบงานของตนเองอย่างแม่นยำ เขาจะฝึกให้ ตนเองมีความซื่อสัตย์ในการตรวจสอบงานและพร้อมที่จะแก้ไขข้อบกพร่องตลอดเวลา

3. ความสนใจใฝ่รู้ (Curiosity Quotient) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้หรือมีความสนใจซึ่งจะนำไปสู่การเสาะแสวงหาความรู้ในเรื่องนั้น ๆ เพิ่มเติมด้วยตนเองและชอบที่จะเรียนรู้ตลอดเวลา

4. มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical process skills) คือ ลักษณะของบุคคลที่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้รวมทั้งสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาและประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. การมีความยืดหยุ่นในการคิด (Thinking Flexibly) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือซ่อมแซมเพื่อที่ทำให้ตนเองเก่งขึ้น คนที่มีความคิดยืดหยุ่นจะสามารถควบคุมสถานการณ์ได้ดี เพราะสามารถเปลี่ยนแปลงความคิดตามข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติม คนที่มีความยืดหยุ่น

จะสามารถวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยมุมมองใหม่ เปลี่ยนแปลงความคิดได้ไว มีความมั่นใจในการแก้ปัญหาของตนเอง

6. การมีความรับผิดชอบต่อการตัดสินใจของตนเอง (Responsibility for own Decisions) คือ ลักษณะของบุคคลที่ยอมเอาตัวเองเข้าไปอยู่ในสถานการณ์ที่ไม่ทราบว่าผลลัพธ์จะออกมาเป็นอย่างไร ยอมรับสภาพที่วุ่นวายสับสนหรือความท้อถอยว่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ท้าทายความสามารถและมีความเจริญงอกงามของตนเอง

7. การย้อนคิดเกี่ยวกับความคิดของตน (Thinking about Thinking) หรือ เมตาคอกนิชัน (Metacognition) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการสำรวจความคิดของตนเองทำให้ทราบว่า เรารู้อะไรแล้วและยังไม่รู้อะไรบ้าง เป็นความสามารถของคนในการวางแผนเพื่อหาข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม รู้ตัวตลอดเวลาว่ากำลังทำอะไรอยู่ อยู่ในขั้นตอนใด และคอยประเมินตนเองตลอดเวลา

8. การมีความมุ่งมั่น (Persisting) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการวิเคราะห์ปัญหา จัดสร้างระบบแบบแผนและกลยุทธ์ที่จะแก้ปัญหา มีความรอบรู้พอที่จะปรับเปลี่ยนยุทธวิธีในการแก้ปัญหาและสามารถเลือกวิธีที่ดีที่สุดมาใช้หรือใช้หลาย ๆ วิธีในการแก้ปัญหา หากวิธีการใดวิธีการหนึ่งที่ไม่ประสบความสำเร็จ สามารถทราบได้ว่าเป็นเพราะเหตุใด สามารถหยิบกลวิธีอื่นมาช่วยทันที มีระบบวิธีการในการวิเคราะห์ปัญหาได้ ซึ่งทราบตั้งแต่เริ่มว่าจะทำอย่างไร ควรมีขั้นตอนอย่างไร ต้องการข้อมูลอะไรบ้าง เพราะบุคคลเหล่านี้มีความอดทนที่จะใช้เวลาในการแก้ปัญหาและไม่ตื่นตระหนกเมื่อเจอสถานการณ์ปัญหา

9. มีความรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ (Knowledge in mathematics content) หมายถึง บุคคลที่มีความรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ทั้ง 3 สาระ ตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

ขนาด เชื้อสุวรรณทวี (2561) ได้กล่าวถึงลักษณะที่จะเป็นตัวก่อให้เกิดคุณลักษณะ ของการมีจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ 6 ลักษณะ ดังนี้

1. ความสนใจใฝ่รู้ คือ คุณลักษณะของนักเรียนในการเป็นผู้ฟังที่ดี ฟังด้วยความตั้งใจ แสดงความสนใจโดยการซักถามและเชื่อมโยงในสิ่งที่ตนสงสัย อยากลองอยากแก้ปัญหา สืบเสาะแสวงหาความรู้และพัฒนาตนเองอยู่เสมอ

2. ความเพียรพยายาม คือ คุณลักษณะของนักเรียนที่มีความมุ่งมั่นและตั้งใจในการ ทำสิ่งต่าง ๆ โดยไม่ย่อท้อ

3. ความละเอียดรอบคอบในการทำงาน คือ คุณลักษณะของนักเรียนที่มีการ คิด ไตร่ตรองก่อนตัดสินใจทำงานด้วยความละเอียดรอบคอบ มีการตรวจสอบงานหรือสิ่งที่ทำและพร้อมที่จะแก้ไขปัญหาหรือข้อบกพร่อง

4. การสื่อสาร คือ คุณลักษณะของนักเรียนที่สามารถถ่ายทอดความรู้ความคิดของตนเองทั้งที่เป็นภาษาพูดและภาษาเขียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. การเชื่อมโยง คือ คุณลักษณะของนักเรียนที่สามารถปรับเปลี่ยนแนวคิดและหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธี สามารถนำความรู้และประสบการณ์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหา

6. ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น คือ คุณลักษณะของนักเรียนที่สามารถใช้ความคิดร่วมกันเป็นหมู่คณะ ยอมรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น ยอมรับผลที่จะเกิดขึ้นจากความคิด และการกระทำของตนเอง

Cuoco, Goldenberg, & Mark (1996) ได้เสนอลักษณะเฉพาะของผู้ที่มีจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ลักษณะเฉพาะของผู้ที่มีจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ 9 ลักษณะ ซึ่งจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์เหล่านี้สามารถนำไปใช้กับนักเรียนทุกระดับชั้นได้ มีรายละเอียดดังนี้ (Cuoco, Goldenberg, & Mark, 1996 ; พงศธร มหาวิจิตร, 2559)

1. นักเรียนควรเป็นผู้ค้นพบแบบแผน (Students should be pattern sniffers)

ในบริบทของคณิตศาสตร์ เราควรส่งเสริมให้นักเรียนมีความสุขในการค้นหารูปแบบที่ซ่อนอยู่ใน เช่น ตารางกำลังสองของจำนวนเต็มระหว่าง 1 ถึง 100 นักเรียนควรมองหาทางลัดที่เกิดขึ้นจากรูปแบบอยู่เสมอในการคำนวณ เช่น การสรุปเป็นอนุกรมเลขคณิต นักเรียนควรมีนิสัยชอบมองหารูปแบบเมื่อได้รับปัญหาจากคนอื่น เช่น “จำนวนเฉพาะใดคือผลรวมของสองกำลังสอง” แต่การค้นหารูปแบบนี้ควรขยายไปยังชีวิตประจำวันของพวกเขา

2. นักเรียนควรเป็นผู้ทดลอง (Students should be experimenters)

การทำการทดลองถือเป็นหัวใจสำคัญของการวิจัยทางคณิตศาสตร์ เมื่อต้องเผชิญกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนควรทำการทดลองปัญหาทางคณิตศาสตร์ทันที โดยใช้กลยุทธ์ที่เคยพิสูจน์แล้วว่าประสบความสำเร็จในอดีต นักเรียนควรทำความคุ้นเคยกับการทดลองทางความคิด เพื่อที่พวกเขาจะได้เป็นหลักฐานสำหรับคำตอบของคำถามต่าง ๆ เช่น “คุณจะได้เลขชนิดใดถ้าคุณยกกำลังสองเลขนี้”

3. นักเรียนควรเป็นนักอธิบาย (Students should be describers)

นักเรียนควรพัฒนาความเชี่ยวชาญในการใช้ภาษาคณิตศาสตร์ เนื่องจากภาษาคณิตศาสตร์เป็นภาษาที่มีโครงสร้างและสัญลักษณ์ ซึ่งจะช่วยให้สามารถสร้างคำอธิบายใหม่ ๆ ที่สื่อความหมายได้ทันที เช่น การให้คำอธิบายที่ชัดเจนเกี่ยวกับขั้นตอนสำคัญ เพื่อให้เข้าใจกระบวนการนั้นได้อย่างถูกต้อง การอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ โดยใช้คำอธิบายด้วยภาษาทั่วไปนั้นอาจไม่เพียงพอ นักเรียนควรโน้มน้าวเพื่อนร่วมชั้นให้เชื่อถึงผลลัพธ์ใด ๆ ด้วยการให้คำอธิบายที่

แม่นยำ นักเรียนควรพัฒนานิสัยในการจดบันทึกความคิด ผลลัพธ์ สมมติฐาน ข้อความ การพิสูจน์ คำถาม และความเห็นเกี่ยวกับคณิตศาสตร์เป็นประจำและควรปรับปรุงบันทึกเหล่านี้สำหรับการนำเสนอต่อผู้อื่น

4. นักเรียนควรเป็นช่างบัดกรี (Students should be tinkerers)

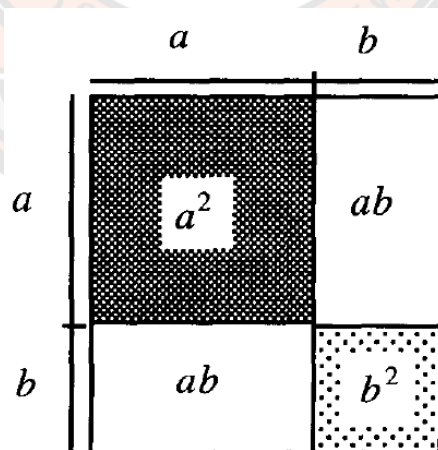
การเชื่อมผสานแนวคิดต่าง ๆ ให้เข้ากัน เป็นหัวใจสำคัญของคณิตศาสตร์ นักเรียนควรพัฒนานิสัยในการแยกความคิดออกจากกันและนำกลับมารวมใหม่ นักเรียนควรจะต้องมองเห็นว่า จะเกิดอะไรขึ้นหากมีสิ่งใดขาดหายไปหรือหากชิ้นส่วนนั้นถูกใส่กลับด้วยวิธีอื่น

5. นักเรียนควรเป็นนักประดิษฐ์ (Students should be inventors)

“การซ่อมแซมเครื่องจักรที่มีอยู่ นำไปสู่ความเชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องจักรใหม่” นักเรียนควรพัฒนานิสัยการเป็นนักสร้างหรือพัฒนาหลักการทางคณิตศาสตร์ โดยการคิดค้นหรือสร้างความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ทั้งเพื่อวัตถุประสงค์ที่เป็นประโยชน์และเพื่อความสนุกสนาน เช่น กฎสำหรับเกม ขั้นตอนในการทำสิ่งต่าง ๆ คำอธิบายการทำงานของสิ่งต่าง ๆ หรือแม้แต่สัจพจน์ของโครงสร้างทางคณิตศาสตร์

6. นักเรียนควรเป็นนักวาดภาพ (Students should be visualizers)

การแปลงข้อความปัญหาผ่านการแสดงแทนด้วยภาพจำลองจะช่วยให้ผู้เรียนมีแนวคิดในการบริหารจัดการกับปัญหาได้ เช่น การอธิบาย $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$ ผ่านการใช้แผนภาพแสดงพื้นที่



ภาพ 11 แสดงภาพจำลองพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส

ที่มา: Cuoco, Goldenberg, & Mark 1996

จากรูปภาพแสดงให้เห็นว่า พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีความยาวด้านละ $a + b$ หน่วย จะมีพื้นที่ เท่ากับ $(a + b)^2$ ตารางหน่วย ซึ่งเกิดจากพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมย่อยทั้ง 4 รูปรวมกัน
สรุปได้ว่า $(a + b)^2 = a^2 + ab + ab + b^2$
 $= a^2 + 2ab + b^2$

7. นักเรียนควรเป็นนักคาดการณ์ (Students should be conjecturers)

นิสัยในการคาดเดาที่น่าเชื่อถือต้องใช้เวลาในการพัฒนา นักเรียนควรมินิสัย สร้างข้อความคาดการณ์จากข้อมูลที่มีอยู่ได้ ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์ เช่น มองเห็นแบบรูปของจำนวน โดยหลักการสร้างข้อความคาดการณ์ขึ้นอยู่กับข้อมูลมากกว่าหลักฐานเชิงทดลอง

8. นักเรียนควรเป็นนักคาดเดา (Students should be guessers)

การคาดเดาเป็นกลยุทธ์ที่ยอดเยี่ยม การเริ่มต้นสำหรับคำตอบที่เป็นไปได้ สำหรับปัญหาและตรวจสอบความเดาของนักเรียนอยู่บ่อย ๆ ช่วยให้นักเรียนค้นพบค่าประมาณที่ใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ต้องการได้ง่ายขึ้นได้ การตรวจสอบการเดามักจะทำให้คุ้นเคยกับปัญหาที่เกิดขึ้น ในกระบวนการตรวจสอบ นักเรียนมักจะพบข้อมูลเชิงลึก (Insights) กลยุทธ์ (Strategies) และแนวทางใหม่ ๆ (Approaches)

9. นักเรียนมีแนวคิดหรือเห็นแนวทางวิธีจัดการกับปัญหาได้ เช่น การใช้แผนภาพแสดงพื้นที่อธิบายความคิดรวบยอดเกี่ยวกับผลคูณทวินาม $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$

สรุปได้ว่า จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์คือการปฏิบัติทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับนิสัยของจิตใจในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เช่น วิธีคิด การจัดการทางปัญญา แบบแผนพฤติกรรมที่มีการคิดเช่นเดียวกับนักคณิตศาสตร์ที่มีความเพียรพยายาม ในการเสาะแสวงหาความรู้ในเรื่องนั้น นำความรู้ความสามารถไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ มีความยืดหยุ่นในการคิด จัดสร้างระบบแบบแผนและกลยุทธ์ที่จะแก้ปัญหา ซึ่งมีความละเอียดรอบคอบในคิดทางคณิตศาสตร์และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์

3.2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์และมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์

Halmos (2014) กล่าวว่า คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์มีการทำงานร่วมกันเป็นคู่ของมาตรฐานเป็นชุดที่มีตัวบ่งชี้ร่วมกันเพื่อเสริมสร้างให้เกิดจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Habits of Mind) ซึ่งถูกคาดหวังว่าจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาขึ้นได้

Colen (2019) กล่าวว่า มาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นผ่านความคิด ผ่านมุมมองและการแสดงแทนทางคณิตศาสตร์

อย่างมีหลักการรวมทั้งจิตนิสัยของนักเรียน โดยคำว่า "จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์" ถูกใช้เพื่ออธิบายความหมายของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์และคิดทางคณิตศาสตร์

Levasseur, & Cuoco (2003 as cited in Colen, 2019 p. 39) กล่าวว่า จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ช่วยให้เราสามารถใช้เหตุผลเกี่ยวกับโลกในมุมมองทางปริมาณ (Quantitative perspective) และพื้นที่ (Spatial perspective) ซึ่งนิสัยเหล่านี้ช่วยให้นักเรียนใช้ทักษะการแก้ปัญหา "ที่มีประสบการณ์" เมื่อเผชิญกับปัญหา

Seeley (2014 as cited in Colen, 2019, p. 51) ระบุว่า จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์และมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์มีความคาดหวังต่อนักเรียนที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งแสดงดังตาราง 1 โดยมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์บางอย่างสอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของผู้ที่มีจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์มากกว่า 1 ลักษณะ

ตาราง 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ และมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์

มาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์	ลักษณะเฉพาะของผู้ที่มีจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์
1. ทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่นใน การแก้ปัญหา	นักเรียนควรเป็นผู้ทดลอง นักเรียนควรเป็นนักคาดการณ์ นักเรียนควรเป็นนักคาดเดา
2. ให้เหตุผลเชิงนามธรรมและเชิงปริมาณ	นักเรียนควรเป็นนักอธิบาย นักเรียนควรเป็นช่างบัตกรี
3. สร้างข้อความโต้แย้งที่สมเหตุสมผลและวิพากษ์วิจารณ์การให้เหตุผลของผู้อื่น	นักเรียนควรเป็นนักอธิบาย นักเรียนควรเป็นนักคาดการณ์
4. สร้างตัวแบบโดยใช้คณิตศาสตร์	นักเรียนควรเป็นผู้ทดลอง นักเรียนควรเป็นนักอธิบาย นักเรียนควรเป็นนักวาดภาพ
5. ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมอย่างมีกลยุทธ์	-
6. ให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ	นักเรียนควรเป็นนักอธิบาย
7. ค้นหาและใช้ประโยชน์จากโครงสร้าง	นักเรียนควรเป็นช่างบัตกรี นักเรียนควรเป็นนักประดิษฐ์
8. ค้นหาและบอกลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ	นักเรียนควรเป็นผู้ค้นพบแบบแผน นักเรียนควรเป็นนักประดิษฐ์ นักเรียนควรเป็นนักคาดเดา

3.4 เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์

คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์เป็นการฝึกปฏิบัติที่ส่งเสริมให้เกิดจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ จึงได้รวบรวมข้อมูลจากนักการศึกษาและนักวิชาการที่กล่าวถึงเกณฑ์การประเมินคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์และเกณฑ์การประเมินจิตนิสัย ดังนี้

พงศธร มหาวิทยาลัย (2559 อ้างถึงใน วรุฒิ เบ็ญธนา, 2562, น. 40) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินการแก้ปัญหาอย่างมีจิตนิสัย โดยปรับปรุงมาจากเกณฑ์ของกรมวิชาการ (2546) แสดงดังตาราง 2 มีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 2 แสดงเกณฑ์การประเมินผลจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์

คะแนน	ความหมาย	พฤติกรรมที่แสดงให้เห็นการมีจิตนิสัย
5	ดีมาก	- วิเคราะห์ วางแผน และเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลายและเป็นระบบ - ตัดสินใจเลือกยุทธวิธีที่เหมาะสมที่สุดเพื่อจัดการกับปัญหาจนได้คำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์
4	ดี	- วิเคราะห์ วางแผน และเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย - ตัดสินใจเลือกยุทธวิธีที่เหมาะสมเพื่อจัดการกับปัญหาจนได้คำตอบที่ถูกต้อง
3	ปานกลาง	- วิเคราะห์ วางแผน และเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาได้ แต่ไม่สามารถนำเสนอวิธีการได้อย่างหลากหลาย - เลือกยุทธวิธีที่เหมาะสมเพื่อจัดการกับปัญหาจนได้คำตอบที่ถูกต้อง
2	น้อย	- วิเคราะห์ วางแผน และนำองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาแต่ไม่สามารถนำเสนอวิธีการได้อย่างหลากหลายสามารถดำเนินการตามยุทธวิธีที่เลือก จัดการกับปัญหาได้ไม่สมบูรณ์แต่ได้คำตอบที่ถูกต้อง - วิเคราะห์ วางแผน และนำองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาได้ แต่ไม่สามารถนำเสนอวิธีการได้อย่างหลากหลาย สามารถดำเนินการตามยุทธวิธีที่เลือกเพื่อจัดการกับปัญหาได้ แต่มีข้อผิดพลาดในระหว่างการดำเนินการทำให้ได้คำตอบไม่ถูกต้องสมบูรณ์
1	น้อยที่สุด	- ไม่สามารถวิเคราะห์ วางแผน และเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ มาใช้แก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลายและตัดสินใจเลือกยุทธวิธีที่ไม่เหมาะสมมาใช้จัดการกับปัญหาแต่ได้คำตอบที่ถูกต้อง - ไม่สามารถวิเคราะห์ วางแผน และเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลายและตัดสินใจเลือกยุทธวิธีที่สามารถจัดการกับปัญหาได้แต่ได้คำตอบไม่ถูกต้อง

Costa, & Kallick (2008) กล่าวถึง การประเมินจิตนิสัยโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามระดับความสามารถ 4 ระดับ คือ เชี่ยวชาญ ปฏิบัติงาน ฝึกหัด มือใหม่ ซึ่งได้แบ่งการประเมินจิตนิสัยออกเป็นหมวดหมู่ตามลักษณะเฉพาะ คือ 1) เกณฑ์การประเมินความพากเพียร คือ การประเมินพฤติกรรมในการแก้ปัญหาของนักเรียน ซึ่งแสดงออกถึงความพยายามในการหาหนทางในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ อย่างหลากหลาย 2) เกณฑ์การประเมินสำหรับการจัดการความหุนหันพลันแล่น คือการประเมินพฤติกรรมในการจัดการกับสถานการณ์เพื่อแก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูล ความรู้เดิม และความสามารถในการค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อจัดการกับปัญหา อีกลักษณะหนึ่ง คือ การประเมินพฤติกรรมในการแก้ไขปัญหาที่มีการกำหนดเป้าหมาย ซึ่งนักเรียนแสดงออกผ่านวิธีการคิดหรือขั้นตอนการแก้ปัญหา โดยอธิบายได้อย่างละเอียด ถูกต้อง ครบถ้วน 3) เกณฑ์การประเมินสำหรับการยืดหยุ่นทางความคิด คือ การประเมินพฤติกรรมที่ใช้ความคิดแก้ปัญหา ซึ่งเป็น การแก้ปัญหาจากมุมมองต่าง ๆ การอธิบายวิธีการคิดในแต่ละมุมมอง รวมถึงการปรับประยุกต์นำแนวคิดต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา 4) เกณฑ์การประเมินความร่วมมือของกลุ่ม คือการประเมินพฤติกรรมในการแก้ปัญหาจากการมีส่วนร่วมของสมาชิกภายในกลุ่ม การเรียนรู้จากข้อโต้แย้ง และแสดงร่องรอยหลักฐานของการแก้ปัญหาอย่างชัดเจน เกณฑ์การประเมินจิตนิสัยของ Costa, & Kallick (2008) แสดงดังตาราง 3 – 7 ดังนี้

ตาราง 3 แสดงเกณฑ์การประเมินความพากเพียร (Rubric for Persisting)

ระดับ (Level)	เกณฑ์ (criteria)
เชี่ยวชาญ (Expert)	ไม่ยอมแพ้ ไม่ว่าวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมจะยากขนาดไหนก็ตาม วิเคราะห์และเลือกใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เพื่อทำงานให้ตรงตามเป้าหมาย
ชำนาญ (Practitioner)	ไม่ยอมแพ้ ในขณะที่พยายามหาคำตอบหรือวิธีแก้ปัญหา และยังคงติดตามงานอย่างต่อเนื่อง
พัฒนา (Apprentice)	พยายามทำงานให้เสร็จเมื่อคำตอบหรือวิธีแก้ปัญหายังไม่สามารถทำให้งานบรรลุผลสำเร็จได้ แต่ยอมแพ้เมื่องานยากเกินไป
ริเริ่ม (Novice)	ยอมแพ้ง่าย ๆ ได้ง่ายและรวดเร็ว

ตาราง 4 แสดงเกณฑ์การประเมินสำหรับการจัดการความหุนหันพลันแล่น (1) (Rubrics for Managing Impulsivity)

ระดับ (Level)	เกณฑ์ (criteria)
เชี่ยวชาญ (Expert)	ประเมินสถานการณ์อย่างรอบคอบและหาคำแนะนำจากแหล่งข้อมูลอื่นเพื่อตัดสินใจว่าจำเป็นต้องมีข้อมูลเพิ่มเติมก่อนที่จะดำเนินการหรือไม่ ค้นหาแหล่งข้อมูลที่มีประโยชน์และศึกษาข้อมูลเหล่านั้นเพื่อค้นหาข้อมูลสำคัญ
ปฏิบัติงาน (Practitioner)	ประเมินสถานการณ์เพื่อตัดสินใจว่าจำเป็นต้องมีข้อมูลเพิ่มเติมก่อนที่จะดำเนินการหรือไม่ ค้นหาข้อมูลเมื่อจำเป็น
ฝึกหัด (Apprentice)	ประเมินสถานการณ์อย่างรวดเร็วเพื่อตัดสินใจว่าจำเป็นต้องมีข้อมูลเพิ่มเติมก่อนที่จะดำเนินการหรือไม่ ค้นหาข้อมูลเฉพาะข้อมูลที่ชัดเจนที่สุดเท่านั้น
มือใหม่ (Novice)	ดำเนินการโดยใช้ข้อมูลที่ไม่เพียงพอหรือไม่สมบูรณ์และแสดงความไม่อยากหรือไม่มีความสนใจในการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อประกอบการตัดสินใจ

ตาราง 5 แสดงเกณฑ์การประเมินสำหรับการจัดการความหุนหันพลันแล่น (2) (Rubrics for Managing Impulsivity)

ระดับ (Level)	เกณฑ์ (criteria)
เชี่ยวชาญ (Expert)	กำหนดเป้าหมายอย่างชัดเจนและอธิบายขั้นตอนที่ต้องดำเนินการเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย กำหนดเวลาแต่ละขั้นตอนและติดตามความคืบหน้า
ปฏิบัติงาน (Practitioner)	กำหนดเป้าหมายอย่างชัดเจนและอธิบายขั้นตอนบางส่วนที่จำเป็นต้องทำเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย รวมทั้งเรียงลำดับบางขั้นตอน
ฝึกหัด (Apprentice)	เริ่มต้นทำงานโดยมีเป้าหมายที่ไม่ชัดเจน อธิบายแค่ขั้นตอนที่จำเป็นเพียงเล็กน้อยเพื่อการบรรลุเป้าหมาย
มือใหม่ (Novice)	เริ่มทำงานอย่างสับสนสับสนไปมาโดยไม่มีระเบียบ ไม่ชัดเจนเกี่ยวกับเป้าหมายหรือไม่สามารถระบุเป้าหมายหรือผลลัพธ์หรือขั้นตอนในการบรรลุเป้าหมายได้

ตาราง 6 แสดงเกณฑ์การประเมินสำหรับการยืดหยุ่นทางความคิด (Rubric for Thinking Flexibly)

ระดับ (Level)	เกณฑ์ (criteria)
เชี่ยวชาญ (Expert)	ใช้เวลาและทรัพยากรอย่างสร้างสรรค์เพื่อค้นหาวิธีต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ในการดูสถานการณ์ประเมินวิธีการต่าง ๆ เหล่านี้เพื่อดูว่ามีประโยชน์เพียงใด แสดงความชื่นชมในมุมมองของผู้อื่น เปลี่ยนความคิดและนำมุมมองของผู้อื่นมารวมไว้ในความคิดของตนเอง
ปฏิบัติงาน (Practitioner)	ค้นหาวิธีต่าง ๆ ในการดูสถานการณ์และประเมินว่าสถานการณ์เหล่านั้นมีประโยชน์อย่างไร อธิบายวิธีการบางอย่างที่พบในมุมมองของผู้อื่นว่าเป็นสิ่งใหม่และแตกต่างจากมุมมองของตนเอง
ฝึกหัด (Apprentice)	อธิบายวิธีต่าง ๆ ในการมองสถานการณ์จากมุมมองของตนเอง
มือใหม่ (Novice)	มองสถานการณ์ในมุมมองเพียงอย่างเดียว และมุมมองนั้นมักจะเป็นของตนเอง ไม่ไปสำรวจมุมมองอื่น ๆ แม้ว่าการทำเช่นนั้นจะเป็นประโยชน์

ตาราง 7 แสดงเกณฑ์การประเมินความร่วมมือของกลุ่ม (Rubric for Group Cooperation)

ระดับ (Level)	เกณฑ์ (criteria)
4	แสดงให้เห็นถึงการพึ่งพาอาศัยกัน แสดงการมีส่วนร่วมจากสมาชิกทุกคน แสดงให้เห็นถึงการร่วมมือกันและการทำงานเป็นทีม แสดงให้เห็นถึงการสร้างข้อตกลงร่วมกัน แสดงให้เห็นถึงความตั้งใจในการทำงาน เรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ จากข้อโต้แย้งของผู้อื่น ทำงานให้เสร็จสิ้นด้วยความแม่นยำภายในระยะเวลาที่กำหนด รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น แสดงหลักฐานของการใช้คำจำกัดความ แสดงหลักฐานของการอธิบายที่ชัดเจนและแสดงออกถึงการเข้าใจและรับฟังความรู้สึกของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล
3	เกิดข้อตกลงร่วมกันผ่านการโต้เถียงและการอภิปราย แสดงหลักฐานของการใช้คำจำกัดความ แสดงหลักฐานของการอธิบายที่ชัดเจน มีบางช่วงที่ไม่ทำตามงานที่กำหนดไว้ (Strays from task) แสดงให้เห็นว่าบางสมาชิกยังคงเงียบหรือฟุ้งอยู่โดยไม่มีส่วนร่วม
2	แสดงพฤติกรรมที่ไม่เกี่ยวข้องกับงานในบางครั้ง (off-task behavior) ทำงานอย่างรีบเร่งเพื่อทำเสร็จงานในวิธีที่รวดเร็วที่สุด เนื่องจากมีข้อจำกัดเวลา โต้แย้งหรือกระตุ้นสมาชิกให้ทำงานเสร็จสิ้นหรือเสร็จสมบูรณ์โดยเร็วที่สุด โดยไม่สนใจคุณภาพหรือรายละเอียดในการทำงาน

ระดับ (Level)	เกณฑ์ (criteria)
1	แสดงให้เห็นพฤติกรรมที่มุ่งเน้นในงานเพียงเล็กน้อย โต้เถียงและแสดงท่าที่ไม่สนใจ
0	แสดงความยุ่งเหยิง ไม่สามารถทำงานเสร็จสิ้นได้ มีการหมิ่นโทษผู้อื่น ลดขนาดของกลุ่ม เนื่องจากสมาชิกออกจากกลุ่ม ร้องเรียนเกี่ยวกับการต้องมีส่วนร่วมในงานที่ได้รับมอบหมาย

Hussain (2020) ได้ระบุว่าเกณฑ์การประเมิน (rubric) อ้างอิงตามคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ภายใต้กรอบหลักสูตรคณิตศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา Common Core State Standards for Mathematics (CCSSM) มาตรฐานสำหรับการปฏิบัติทางคณิตศาสตร์ (SMP) มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นผลลัพธ์จากการเรียนรู้แนวคิดและทักษะทางคณิตศาสตร์ และการปฏิบัติเพื่อใช้เป็นวิธีการในการเรียนรู้แนวคิดและทักษะ โดยการประเมินมีลักษณะเป็นการประเมินแบบแยกองค์ประกอบ ซึ่งใช้ลักษณะเฉพาะของคุณลักษณะการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น และการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำเป็นประเด็นในการประเมิน โดยเกณฑ์การประเมิน มี 4 ระดับ คือ เริ่มมี พัฒนา ชำนาญ เชี่ยวชาญ แสดงดังตาราง 8 -9

ตาราง 8 แสดงการประเมินคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น

	เริ่มมี	พัฒนา	ชำนาญ	เชี่ยวชาญ
การทำความเข้าใจปัญหา และมีความมานะบากบั่น	(นาน ๆ ครั้ง) Emerging (Rarely)	(บางครั้ง) Developing (Sometimes)	(บ่อยครั้ง) Proficient (Often)	(ปกติ) Advanced (Usually)
1. วิเคราะห์ข้อจำกัด สร้าง แผน และตรวจสอบคำตอบ โดยใช้วิธีการต่าง ๆ				
2. มีความมานะบากบั่นในการ แก้ปัญหาและลงมือทำสิ่ง ต่าง ๆ ผ่านความพยายาม หลายครั้ง				
3. ตรวจสอบความคืบหน้า ของตนเองและปรับเปลี่ยน วิธีการโดยขึ้นอยู่กับความ พยายามก่อนหน้านี้				

	เริ่มมี (นาน ๆ ครั้ง)	พัฒนา (บางครั้ง)	ชำนาญ (บ่อยครั้ง)	เชี่ยวชาญ (ปกติ)
การทำความเข้าใจปัญหา และมีความมั่นใจมากขึ้น	Emerging (Rarely)	Developing (Sometimes)	Proficient (Often)	Advanced (Usually)
4. ทำความเข้าใจงานที่ได้รับมอบหมายและตรวจสอบว่าวิธีแก้ปัญหาที่มีความสมเหตุสมผล				
5. ทำความเข้าใจและอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์และการเป็นตัวแทนต่าง ๆ				
6. ทำความเข้าใจวิธีแก้ปัญหาที่นำเสนอโดยผู้อื่น				

ที่มา: Hussain, 2020

เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมั่นใจมากขึ้น

เริ่มมี (Emerging) คือ นักเรียนแสดงให้เห็นพฤติกรรมเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลยในการมีส่วนร่วมในสร้างความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ผ่านคำถาม (prompts) หรือปัญหาที่ส่งเสริมการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และมีความมั่นใจมากขึ้นในการแก้ปัญหา

พัฒนา (Developing) คือ นักเรียนแสดงให้เห็นพฤติกรรมบ้าง ในการมีส่วนร่วมในสร้างความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ผ่านคำถาม (prompts) หรือปัญหาที่ส่งเสริมการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และมีความมั่นใจมากขึ้นในการแก้ปัญหา

ชำนาญ (Proficient) คือ นักเรียนแสดงให้เห็นพฤติกรรมบ่อยครั้ง ในการมีส่วนร่วมในสร้างความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ผ่านคำถาม (prompts) หรือปัญหาที่ส่งเสริมการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และมีความมั่นใจมากขึ้นในการแก้ปัญหา

เชี่ยวชาญ (Advanced) คือ นักเรียนแสดงให้เห็นพฤติกรรมทั้งหมด ในการมีส่วนร่วมในสร้างความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ผ่านคำถาม (prompts) หรือปัญหาที่ส่งเสริมการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และมีความมั่นใจมากขึ้นในการแก้ปัญหา

ตาราง 9 แสดงการประเมินคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์การให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

	เริ่มมี (นาน ๆ ครั้ง) Emerging (Rarely)	พัฒนา (บางครั้ง) Developing (Sometimes)	ชำนาญ (บ่อยครั้ง) Proficient (Often)	เชี่ยวชาญ (ปกติ) Advanced (Usually)
1. ใช้สัญลักษณ์ คำ และชื่อเรียก ที่เหมาะสมเพื่อสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ				
2. บอกความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ ระบุหน่วยวัด และเรียกชื่ออย่างถูกต้อง				
3. คำนวณอย่างถูกต้องแม่นยำและมีประสิทธิภาพ และแสดงคำตอบในระดับความแม่นยำที่เหมาะสม				
4. ทำความเข้าใจงานที่ได้รับ มอบหมายและตรวจสอบวิธีแก้ปัญหาที่มีความสมเหตุสมผล				

ที่มา: Hussain, 2020

เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ (Standards for Mathematical Practices) การให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

เริ่มมี (Emerging) คือ นักเรียนแสดงให้เห็นพฤติกรรมเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย ในการแสดงให้ถึงความแม่นยำและมีประสิทธิภาพในการสื่อสาร การคำนวณ และการแก้ปัญหา

พัฒนา (Developing) คือ นักเรียนแสดงให้เห็นพฤติกรรมบ้าง ในการแสดงให้ถึงความแม่นยำและมีประสิทธิภาพในการสื่อสาร การคำนวณ และการแก้ปัญหา

ชำนาญ (Proficient) คือ นักเรียนแสดงให้เห็นพฤติกรรมบ่อยครั้ง ในการแสดงให้ถึงความแม่นยำและมีประสิทธิภาพในการสื่อสาร การคำนวณ และการแก้ปัญหา

เชี่ยวชาญ (Advanced) คือ นักเรียนแสดงให้เห็นพฤติกรรมทั้งหมด ในการแสดงให้ถึงความแม่นยำและมีประสิทธิภาพในการสื่อสาร การคำนวณ และการแก้ปัญหา

Krall (2020) ได้เสนอร่างเกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ (A rubric to assess the Common Core State Standards of Mathematical Practice) โดยประเมินคุณลักษณะด้านด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่นในการแก้ปัญหา และการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำในกระบวนการแก้ปัญหา การอภิปรายแนวคิด วิธีการ และเหตุผล ตลอดจนการนำเสนอแนวคิดผ่านร่องรอยหลักฐาน การเขียนตอบ ซึ่งการประเมิน มี 4 ระดับ คือ เริ่มมี พัฒนา ขำนาญ เชี่ยวชาญ แสดงดังตาราง 10 – 11

ตาราง 10 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่นในการแก้ปัญหา

ระดับคุณลักษณะ	คุณลักษณะที่ปรากฏ
เชี่ยวชาญ (Advanced)	<ul style="list-style-type: none"> - พัฒนาสมมติฐานเกี่ยวกับรูปแบบของคำตอบสำหรับปัญหา - ยืนยันคำตอบผ่านวิธีการทางเลือกและกำหนดวิธีการที่ดีที่สุด - อธิบายว่าเหตุใดแนวทางแก้ไขปัญหาสองวิธีที่แตกต่างกันจึงให้ผลลัพธ์ที่เหมือนหรือคล้ายกัน - ตรวจสอบความคืบหน้าอย่างเป็นทางการหรือไม่เป็นทางการตลอดระหว่างการแก้ปัญหา
ชำนาญ (Proficient)	<ul style="list-style-type: none"> - ระบุและวิเคราะห์ข้อจำกัด ตัวแปร สมมติฐาน และการสิ่งที่กำหนดให้ - ใช้แบบจำลอง ไดอะแกรม ตาราง และเครื่องมืออื่น ๆ เพื่อพิสูจน์แนวทางการแก้ปัญหา - การแสดงคำตอบสำหรับปัญหานั้นถูกนำเสนอพร้อมกับการสนทนาหรือข้อมูลหลักฐาน
พัฒนา (Developing)	<ul style="list-style-type: none"> - ระบุข้อมูลที่สำคัญตลอดจนสิ่งรบกวนสมาธิในปัญหา - สามารถแก้ปัญหาได้โดยปราศจากการสนทนาเกี่ยวกับที่มาหรือหลักฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง
เริ่มมี (Emerging)	<ul style="list-style-type: none"> - คำนวณวิธีแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงการแปลความหมายข้อมูลที่ให้มาเพียงเล็กน้อย - เริ่มการทำงานเพื่อหาวิธีแก้ปัญหา แต่หยุดเมื่อพบกับอุปสรรค

ที่มา: Krall, 2020

ตาราง 11 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ การให้ความสำคัญ
กับความถูกต้องแม่นยำ

ระดับ คุณลักษณะ	คุณลักษณะที่ปรากฏ
เชี่ยวชาญ (Advanced)	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้คำศัพท์และคำจำกัดความที่เป็นที่ยอมรับเพื่ออธิบายวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างราบรื่น - ระบุช่วงของเงื่อนไขที่คำตอบถูกต้อง - ตรวจสอบคำตอบสุดท้ายเพื่อความเหมาะสม
ชำนาญ (Proficient)	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้หน่วยวัดที่เหมาะสมตั้งแต่ต้นจนจบงาน - ใช้ หรือพัฒนาสัญลักษณ์และคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม - การจัดระเบียบทำงานเป็นไปอย่างง่ายตามและเข้าใจได้ - วิธีแก้ปัญหา มีระดับความแม่นยำที่เหมาะสมสำหรับสถานการณ์
พัฒนา (Developing)	<ul style="list-style-type: none"> - สัญลักษณ์ ป้ายกำกับ หรือหน่วยวัด ตลอดกระบวนการแก้ปัญหา - วิธีแก้ปัญหา ทุกระบบโดยไม่มีหน่วยวัดหรืออธิบาย - วิธีแก้ปัญหา มีระดับความแม่นยำที่ไม่เหมาะสมสำหรับสถานการณ์ที่กำหนด
เริ่มมี (Emerging)	<ul style="list-style-type: none"> - ละเลยการใช้สัญลักษณ์ หน่วยวัด หรือป้ายกำกับ - งานไม่เป็นระเบียบหรือไม่ชัดเจน - ไม่สามารถแสดงให้เห็นการคิดอย่างรอบคอบตลอดการทำงาน

ที่มา: Krall, 2020

จากเกณฑ์การประเมินผล ข้างต้น สรุปได้ว่าการวัดและประเมินคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ สามารถประเมินด้วยเกณฑ์ที่แตกต่างหลากหลาย โดยในงานวิจัยนี้วัดและประเมินคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยประเมินใน 2 คุณลักษณะ มีองค์ประกอบ ดังนี้

คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น

1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้
2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้
3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนา แลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ

4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจาหรือภาพที่เป็นรูปธรรม

5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง

6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้

คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด

2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำเหมาะสมกับบริบท

โดยเกณฑ์การประเมินคุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่นปรับจากแนวคิดของ Costa and Kallick (2008) เกณฑ์การประเมินความพากเพียร (Rubric for Persisting) แสดงดังตาราง 12 ดังนี้

ตาราง 12 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น

คุณลักษณะ	ระดับ	
	คุณลักษณะ	คุณลักษณะที่ปรากฏ
1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้	เชี่ยวชาญ (Expert)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ไม่ว่าการตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาที่เหมาะสมจะยากขนาดไหนก็ตาม นักเรียนวิเคราะห์และเลือกใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เพื่ออธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองให้ตรงตามเป้าหมาย
	ปฏิบัติงาน (Practitioner)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ในการอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตนเอง ในขณะที่พยายามตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาและยังคงแสดงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง
	ฝึกหัด (Apprentice)	นักเรียนพยายามอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตนเองให้มีความถูกต้อง สมบูรณ์ เมื่อการตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหายังไม่สามารถทำให้อธิบายความหมายของปัญหาได้ แต่ยอมแพ้เมื่อยากเกินไป

คุณลักษณะ	ระดับ คุณลักษณะ	คุณลักษณะที่ปรากฏ
	มือใหม่ (Novice)	นักเรียนยอมแพ้อย่างง่ายและรวดเร็ว กับการตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา รวมถึงการอธิบายความหมายของปัญหา
2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมาย ได้	เชี่ยวชาญ (Expert)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ไม่ว่าวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายจะยากขนาดไหนก็ตาม นักเรียนวิเคราะห์และเลือกใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เพื่อหาสิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัดและเป้าหมาย
	ปฏิบัติงาน (Practitioner)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ในขณะที่พยายามวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมาย และยังคงแสดงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง
	ฝึกหัด (Apprentice)	นักเรียนพยายามวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายให้มีความถูกต้อง สมบูรณ์ แต่ยอมแพ้เมื่อยากเกินไป
	มือใหม่ (Novice)	นักเรียนยอมแพ้อย่างง่ายและรวดเร็ว กับการวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมาย
3. นักเรียนทำความเข้าใจหรือคาดการณ์วางแผนการแก้ปัญหาโดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำหรือการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ	เชี่ยวชาญ (Expert)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ไม่ว่าคาดการณ์ หรือวางแผนการแก้ปัญหา หรือ ตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบหรือแสดงท่าทางที่เหมาะสมจะยากขนาดไหนก็ตาม นักเรียนวิเคราะห์และเลือกใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เพื่อวางแผนแก้ปัญหาให้ตรงตามเป้าหมาย
	ปฏิบัติงาน (Practitioner)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ในขณะที่พยายามคาดการณ์ หรือ วางแผนการแก้ปัญหา หรือตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบหรือแสดงท่าทาง และยังคงแสดงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง
	ฝึกหัด (Apprentice)	นักเรียนพยายามคาดการณ์ หรือวางแผนการแก้ปัญหา หรือตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบหรือแสดงท่าทางให้มีความถูกต้อง สมบูรณ์ เมื่อการวางแผนการไม่สามารถอธิบายการแก้ปัญหาได้ แต่ยอมแพ้เมื่อยากเกินไป
	มือใหม่ (Novice)	นักเรียนยอมแพ้อย่างง่ายและรวดเร็ว กับการคาดการณ์ หรือวางแผนการแก้ปัญหา หรือตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบหรือแสดงท่าทาง

คุณลักษณะ	ระดับ คุณลักษณะ	คุณลักษณะที่ปรากฏ
4. นักเรียนอธิบายความ สอดคล้องของลักษณะ ปัญหาและความสัมพันธ์ ของปัญหาในคณิตศาสตร์ ที่คล้ายคลึงกัน ผ่าน คำอธิบายด้วยวาจา หรือ ภาพที่เป็นรูปธรรม	เชี่ยวชาญ (Expert)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ไม่ว่าการอธิบายความสอดคล้องของ ลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่ คล้ายคลึงกันที่เหมาะสมจะยากขนาดไหนก็ตาม นักเรียน วิเคราะห์และเลือกใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เพื่อเชื่อมโยงความรู้ในการแก้ปัญหา
	ปฏิบัติงาน (Practitioner)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ในขณะที่พยายามอธิบายความสอดคล้อง ของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ ที่คล้ายคลึงกัน และยังคงแสดงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง
	ฝึกหัด (Apprentice)	นักเรียนพยายามอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหา และความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ให้ มีความถูกต้อง สมบูรณ์ เมื่อการเชื่อมโยงความรู้ไม่สามารถ อธิบายการแก้ปัญหาได้ แต่ยอมแพ้เมื่อยากเกินไป
	มือใหม่ (Novice)	นักเรียนยอมแพ้อย่างง่ายและรวดเร็วให้กับการอธิบายความ สอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาใน คณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน
5. นักเรียนตรวจสอบ คำตอบของปัญหาโดยใช้ วิธีการอื่นได้อย่าง หลากหลายด้วยความ รอบคอบ ระมัดระวัง	เชี่ยวชาญ (Expert)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ไม่ว่าการตรวจสอบคำตอบของปัญหาอย่าง ระมัดระวัง รอบคอบ และใช้วิธีการที่หลากหลายที่เหมาะสม จะยากขนาดไหนก็ตาม นักเรียนวิเคราะห์และเลือกใช้กลยุทธ์ ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เพื่อตรวจสอบคำตอบของปัญหา
	ปฏิบัติงาน (Practitioner)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ในขณะที่พยายามตรวจสอบคำตอบของ ปัญหาอย่างระมัดระวัง รอบคอบ ใช้วิธีการที่หลากหลาย และ ยังคงแสดงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง
	ฝึกหัด (Apprentice)	นักเรียนพยายามตรวจสอบคำตอบของปัญหาอย่างระมัดระวัง รอบคอบ และใช้วิธีการที่หลากหลาย แต่ยอมแพ้เมื่อยากเกินไป
	มือใหม่ (Novice)	นักเรียนยอมแพ้อย่างง่ายและรวดเร็วให้กับการตรวจสอบ คำตอบของปัญหาอย่างระมัดระวัง รอบคอบ และใช้วิธีการที่ หลากหลาย
6. นักเรียนเข้าใจแนว ทางการแก้ปัญหาของ ผู้อื่น โดยสามารถสนทนา แลกเปลี่ยนแนวคิด โต้แย้ง หรือ สนับสนุน แนวคิดของผู้อื่นได้	เชี่ยวชาญ (Expert)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ไม่ว่าการทำความเข้าใจแนวทางการ แก้ปัญหาของผู้อื่น โดยมีส่วนร่วมในการสนทนาแลกเปลี่ยน แนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นที่เหมาะสมจะ ยากขนาดไหนก็ตาม นักเรียนวิเคราะห์และเลือกใช้กลยุทธ์ ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เพื่อเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของ ผู้อื่น

คุณลักษณะ	ระดับ คุณลักษณะ	คุณลักษณะที่ปรากฏ
	ปฏิบัติงาน (Practitioner)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ในขณะที่พยายามทำความเข้าใจแนวทางในการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยมีส่วนร่วมในการสนทนา แลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่น และยังคงแสดงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง
	ฝึกหัด (Apprentice)	นักเรียนพยายามทำความเข้าใจแนวทางในการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยมีส่วนร่วมในการสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือสนับสนุนแนวคิดของผู้อื่น แต่ยอมแพ้เมื่อยากเกินไป
	มือใหม่ (Novice)	นักเรียนยอมแพ้อย่างง่ายและรวดเร็วให้กับการทำความเข้าใจแนวทางในการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยมีส่วนร่วมในการสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือสนับสนุนแนวคิดของผู้อื่น

เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ปรับจากแนวคิดของ Costa, & Kallick (2008) เกณฑ์การประเมินความพากเพียร (Rubric for Persisting) แสดงดังตาราง 13 ดังนี้

ตาราง 13 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

คุณลักษณะ	ระดับ คุณลักษณะ	คุณลักษณะที่ปรากฏ
1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่นโดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนา กับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกัน อย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัดได้	เชี่ยวชาญ (Expert)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ไม่ว่าการสื่อสารและการแสดงร่องรอยหลักฐานเกี่ยวกับคำจำกัดความและความหมายของสัญลักษณ์ รวมถึงการระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัดตั้งแต่เริ่มจนจบกระบวนการที่ชัดเจน เหมาะสมกับบริบทจะยากขนาดไหนก็ตาม นักเรียนวิเคราะห์และเลือกใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เพื่อให้แสดงออกถึงความถูกต้องแม่นยำ
	ปฏิบัติงาน (Practitioner)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ในขณะที่พยายามสื่อสารและการแสดงร่องรอยหลักฐานเกี่ยวกับคำจำกัดความและความหมายของสัญลักษณ์ รวมถึงการระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัดตั้งแต่เริ่มจนจบกระบวนการ และยังคงแสดงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง

คุณลักษณะ	ระดับ คุณลักษณะ	คุณลักษณะที่ปรากฏ
	ฝึกหัด (Apprentice)	นักเรียนพยายามสื่อสารและการแสดงร่องรอยหลักฐานเกี่ยวกับคำจำกัดความและความหมายของสัญลักษณ์ รวมถึงการระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด ตั้งแต่เริ่มจนจบกระบวนการ แต่ยอมแพ้เมื่อยากเกินไป
	มือใหม่ (Novice)	นักเรียนยอมแพ้อย่างง่ายและรวดเร็วให้การสื่อสารและการแสดงร่องรอยหลักฐานเกี่ยวกับคำจำกัดความและความหมายของสัญลักษณ์ รวมถึงการระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด ตั้งแต่เริ่มจนจบกระบวนการ
2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำเหมาะสมกับบริบท	เชี่ยวชาญ (Expert)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ไม่ว่าการคำนวณ การแสดงคำตอบเชิงตัวเลขที่ชัดเจน เหมาะสมกับบริบทจะยากขนาดไหนก็ตาม นักเรียนวิเคราะห์และเลือกใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลายเพื่อให้คำนวณได้อย่างถูกต้องแม่นยำ
	ปฏิบัติงาน (Practitioner)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ในขณะที่พยายามคำนวณ แสดงคำตอบเชิงตัวเลขที่ชัดเจน เหมาะสมกับบริบท และยังคงแสดงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง
	ฝึกหัด (Apprentice)	นักเรียนพยายามคำนวณ การแสดงคำตอบเชิงตัวเลขที่ชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท แต่ยอมแพ้เมื่อยากเกินไป
	มือใหม่ (Novice)	นักเรียนยอมแพ้อย่างง่ายและรวดเร็วให้การคำนวณ การแสดงคำตอบเชิงตัวเลข

3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน กับการเกิดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ในแต่ละเนื้อหาการเรียนรู้อย่างประกอบด้วยเนื้อหา 6 ส่วน คือ ชนิดและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม ส่วนต่าง ๆ ของรูปสามเหลี่ยม การสร้างรูปสามเหลี่ยม ความยาวรอบรูปของรูปสามเหลี่ยม พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม และโจทย์ปัญหา จำนวน 13 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง คุณลักษณะที่วิเคราะห์คือ 1) การทำความเข้าใจปัญหา และมีความมานะบากบั่นในการแก้ปัญหาเหล่านั้น 2) การให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำโดยทำการวิเคราะห์ลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ดังนี้

ตาราง 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดกับการคิดเชิง
คณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด	คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา
<p>ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด</p>	<p>การทำความเข้าใจปัญหาและมีความมั่นใจ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้ 2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้ 3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ
<p>ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน</p>	<p>การทำความเข้าใจปัญหาและมีความมั่นใจ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้ 2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้ 3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ 4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม 5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความ รอบคอบ ระมัดระวัง 6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้ <p>การให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด

การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด	คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา
	2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท
ขั้นที่ 3 การอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน	การทำความเข้าใจปัญหาและมีความมั่นใจ
	4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม
	5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความ รอบคอบ ระมัดระวัง
	6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้
	การให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ
	1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด
	2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท
ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิด	การทำความเข้าใจปัญหาและมีความมั่นใจ
	4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม
	5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความ รอบคอบ ระมัดระวัง
	6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้
	การให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ
	1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในประเทศ

พงศธร มหาวิจิตร และสุนทรีย์ ปาลวัฒน์ชัย (2561) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีจิตินิสัยทางคณิตศาสตร์ และศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา ปีการศึกษา 2559 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียน 40 คน 1 ห้องเรียน นักเรียน 40 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่มโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม และการวิจัยนี้เป็นงานวิจัยกึ่งทดลองโดยใช้แบบแผนการทดลองแบบ One group pretest-posttest design ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีจิตินิสัยทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ 80/80 2) นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีจิตินิสัยทางคณิตศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผลการบันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพสะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนส่วนหนึ่งยังมีข้อผิดพลาดในขั้นการทำความเข้าใจปัญหา และขั้นตรวจสอบผล

วรุดิ เป็งธินา และวรินทร์ สุภาพ (2563) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาจิตินิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องการประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ผลการวิจัยจากใบบกิจกรรมพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีจิตินิสัยทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ด้านอยู่ในระดับ 3 และ 2 ผลการวิจัยจากแบบทดสอบพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีจิตินิสัยทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 3 ใน 5 ด้าน คือ ด้านรู้จักใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ ด้านใช้มุมมองที่หลากหลาย ด้านส่งเสริมการใช้ภาษา ด้านร่วมกันใช้ปัญญาค้นคิด และด้านใช้วิธีการทางพีชคณิตมาใช้ในการแก้ปัญหา และระดับ 2 ใน 3 ด้าน คือ ด้านสามารถเข้าใจกรณีทั่วไปได้โดยใช้กรณีตัวอย่างหลายกรณี ด้านคิดพิจารณาจากจุดเล็ก ๆ เพื่อนำไปสู่หลักการที่ยิ่งใหญ่ และด้านผสมผสานระหว่างวิธีการนิรนัยกับการทดลอง และผลจากการสัมภาษณ์ในด้านที่ 1 และด้านที่ 7 พบว่ามีความสอดคล้องกับแบบทดสอบในกลุ่มนักเรียนที่อยู่ในระดับ 3 และ 2 แต่นักเรียนที่อยู่ในระดับ 1 จากแบบทดสอบเมื่อทำการสัมภาษณ์พบว่านักเรียนอยู่ในระดับ 2

ทองอุ่น มั่นหมาย และคณะ (2565) ได้ศึกษาแง่มุมเชิงอารมณ์ของนิสัยการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่ใช้การศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 8 คน โรงเรียนบ้านโนนแสนคำหนองศาลาศรีสะอาด พบว่าตามแนวคิดของ Inprasitha (2011) มีการใช้การศึกษาชั้นเรียนที่ส่งเสริมแง่มุมดังกล่าวโดยการทำงานร่วมกันระหว่างผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย และครูผู้สอน การใช้วิธีการแบบเปิดทำให้เห็นนิสัยการให้เหตุผลทั้ง 4 แง่มุม ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา การนำยุทธวิธีไปใช้ การใช้การเชื่อมโยง และการสะท้อนคิดของวิธีการแก้ปัญหา โดยมีแง่มุมเชิงอารมณ์ที่เกิดขึ้นดังนี้ 1) การนำเสนอ

ปัญหาปลายเปิด นักเรียนมีปัญหาเป็นของตนเองโดยมีอารมณ์ตื่นเต้นที่ได้วิเคราะห์ปัญหา

2) การเรียนรู้ด้วยตัวเองของนักเรียน นักเรียนครุ่นคิดจากการวิเคราะห์ปัญหา ตื่นเต้นที่ได้แนวคิดจากยุทธวิธี ดีใจเมื่อเชื่อมโยงแนวคิดได้และมั่นใจที่สะท้อนคิดวิธีการแก้ปัญหาได้ด้วยตัวเอง

3) การอภิปรายของนักเรียนทั้งชั้น นักเรียนเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างของแนวคิดที่สร้างโอกาสการเรียนรู้ด้วยตัวเองกับเพื่อน ๆ มีการครุ่นคิดเมื่อวิเคราะห์ปัญหาลงหน้าชั้น ตื่นเต้นในยุทธวิธีการแก้ปัญหาทั้งชั้น และดีใจที่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดจากเพื่อนได้ 4) การสรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน นักเรียนดีใจที่สามารถสรุปเชื่อมโยงแนวคิดทั้งชั้นเพื่อเป็นวิธีการเรียนรู้ในคาบถัดไป

หนึ่งฤทัย ชูชัย และปกรณ์ ประจันบาน (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาตัวบ่งชี้คุณลักษณะจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 ผลการวิจัยพบว่า ตัวบ่งชี้คุณลักษณะจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 16 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหา การมีความหมั่นเพียรพยายามในการแก้ปัญหา การรู้จักใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ การมีความแม่นยำในเนื้อหา การมีวิธีการคิดที่หลากหลาย การร่วมกันใช้ปัญญาครุ่นคิด การผสมผสานระหว่างวิธีการนิรนัยกับการทดลอง การใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา การใช้ความรู้ที่มีใช้กับสถานการณ์ใหม่ การทดลองลงมือเชิงปฏิบัติ การเข้าใจกรณีทั่วไปได้โดยใช้กรณีตัวอย่างหลายกรณี การคิดอย่างยืดหยุ่น การมีเหตุผลในการตัดสินใจ การคิดพิจารณาจากจุดเล็กๆ เพื่อนำไปสู่หลักการที่ยิ่งใหญ่ การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการสื่อสารด้วยความชัดเจนและแม่นยำ พบว่าโมเดลการวัดคุณลักษณะจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าไคสแควร์เท่ากับ 95.29 ที่องศาอิสระ (df) เท่ากับ 76 P-value เท่ากับ 0.07 ค่า RMSEA เท่ากับ 0.025 ดัชนี CFI มีค่าเท่ากับ 0.993 ดัชนี TLI มีค่าเท่ากับ 0.989 และค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวชี้วัดคุณลักษณะจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์มีค่าระหว่าง 0.294 ถึง 0.834 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทุกค่า ซึ่งโมเดลที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ สามารถนำโมเดลไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผู้เรียนได้ โดยครูผู้สอนคณิตศาสตร์นำไปสร้างข้อคำถามเพื่อเป็นแบบวัดจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้

สุดาทิพย์ หาญเชิงชัย และประภัสสร สุขพาส (2566) ได้ศึกษาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในชั้นเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบผสมผสานด้วยวิธีการแบบเปิด ใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพโดยเน้นการสังเกตอย่างมีส่วนร่วมกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2/2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 22 คน โรงเรียนเทศบาลวัดขจรรังสรรค์ จังหวัดภูเก็ต การวิเคราะห์การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ดำเนินการตามกรอบแนวคิดของ NCTM ผลวิจัยพบว่าการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในชั้นเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบผสมผสานด้วยวิธีการแบบ

เปิด มี 4 อุปนิสัย ดังนี้ 1) อุปนิสัยการการวิเคราะห์ปัญหา 2) อุปนิสัยการนำเครื่องมือหรือวิธีการไปใช้ในการแก้ปัญหา 3) อุปนิสัยการเชื่อมโยงตัวแสดงแทนที่แตกต่างกัน และ 4) อุปนิสัยการไตร่ตรองวิธีการแก้ปัญหาโดยพิจารณาความสมเหตุสมผล

4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Capuno et al. (2019) ได้ศึกษาทัศนคติ นิสัยการเรียนและผลการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นสาขาวิชาคณิตศาสตร์ ดำเนินการในโรงเรียนมัธยมแห่งชาติของรัฐในเมืองมันดาเว เมืองเซบู ประเทศฟิลิปปินส์ ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 177 คนที่ลงทะเบียนเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เลือกโดยใช้การสุ่มตัวอย่าง เพื่อประเมินเจตคติ นิสัยการเรียน และผลการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมของรัฐในเมืองเซบู ประเทศฟิลิปปินส์ เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลคือส่วนที่ 1 รวบรวมข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 เป็นการประเมินทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ส่วนที่ 3 เป็นการประเมินพฤติกรรมการเรียนของผู้ตอบแบบสอบถาม ผลการศึกษาพบว่าทัศนคติและพฤติกรรมการเรียนของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ส่งผลต่อประสิทธิภาพทางคณิตศาสตร์ เจตคติและนิสัยการเรียนเหล่านี้จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ การมีส่วนร่วมของนักเรียนในกิจกรรมของโรงเรียนจำเป็นต้องได้รับการตรวจสอบและพิจารณา เนื่องจากอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของผู้ตอบแบบสอบถามในวิชาคณิตศาสตร์ การมีส่วนร่วมกับกิจกรรมในโรงเรียนมากเกินไปอาจส่งผลต่อในระเบียบวินัยในการเรียนหากไม่ได้รับการควบคุม บางครั้งนักเรียนขาดเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เนื่องจากการเข้าร่วมกิจกรรม

Cardona, & Descargar (2016) ได้ศึกษาการทบทวนนิสัยการเรียนและผลการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เนื่องจากคำกล่าวที่ว่า นักเรียนล้มเหลว เพราะพวกเขาไม่รู้ว่าจะเรียนอย่างไร และนิสัยการเรียนของนักเรียนเมื่อ 30 ปีที่แล้ว ยังคงเป็นจริงในทุกวันนี้ การศึกษาเชิงพรรณานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทบทวนและตรวจสอบพฤติกรรมการเรียนและผลการเรียนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสุ่มเลือกจำนวน 108 คนจากโรงเรียนรัฐบาล 3 แห่งในเขตเทศบาลซานมานูเอล เมืองอิซาเบลลา ประเทศฟิลิปปินส์ โดยใช้แบบสอบถาม การสังเกต และการสัมภาษณ์กลุ่มเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล และเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ครู 4 คนและผู้ปกครอง 70 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนรับรู้ว่ามีนิสัยการเรียน เป็นปัจจัยสำคัญในการบรรลุผลการเรียนที่ดีเยี่ยม โดยนิสัยการเรียนช่วยในการจัดการกับชั้นเรียนคณิตศาสตร์มีผลการเรียนดีเยี่ยม นิสัยเหล่านี้ ได้แก่ การอ่าน การทบทวน และการท่องจำ นิสัยการเรียนที่ดีช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนคณิตศาสตร์ และเตรียมความพร้อมนักเรียนทุกคนเพื่อมีส่วนร่วมในการอภิปรายในชั้นเรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่จะนำพวกนักเรียนไปสู่การสำเร็จการศึกษา

Norman (2022) ได้ศึกษาผลของจิตนิสัยต่อความสามารถทางคณิตศาสตร์วิธีการวิจัยที่ใช้คือ การวิจัยเชิงสำรวจ จำนวนตัวอย่างที่ผู้วิจัย คือ นักเรียน 40 คน จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 150 คน โดยใช้เทคนิคการสุ่มที่เป็นสัดส่วน การวิจัยนี้ดำเนินการในโรงเรียนประถมศึกษา Sekolah Alam ประเทศอินโดนีเซีย เครื่องมือที่ใช้เป็นเครื่องมือทดสอบข้อเขียน จำนวน 10 รายการ ผลการวิจัยพบว่า จิตนิสัยมีอิทธิพลต่อความสามารถในการเข้าใจทางคณิตศาสตร์ โดยความเข้าใจทางคณิตศาสตร์มี 3 ประเภท คือ การแปลความ การตีความ และการคาดการณ์ ซึ่งเป็นความเข้าใจในการแปล ใช้เพื่อถ่ายทอดข้อมูลในภาษาและรูปแบบอื่น การอภิปรายผ่านผลลัพธ์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการทำความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ มีการแสดงผลการคำนวณของค่าเฉลี่ย 89.4 ในขณะที่เดียวกัน ค่าเฉลี่ยของจิตนิสัยอยู่ที่ 76.8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการเข้าใจทางคณิตศาสตร์นั้นมีผลต่อจิตนิสัย เมื่อนักเรียนมีความสามารถในการเข้าใจคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้มากกว่าการที่นักเรียนยังไม่มี ความเข้าใจในคณิตศาสตร์

Fatra et al. (2022) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างนิสัยการคิดและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่อาศัยความสามารถเบื้องต้นของนักเรียนเป็นสื่อกลาง ผู้ตอบแบบสอบถามประกอบด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 385 คน รวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามผ่าน Google Forms และแบบทดสอบออนไลน์ จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด นักเรียน 124 คน ผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลโดยตรงระหว่างจิตนิสัยกับความสามารถเริ่มต้นและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน นอกจากนี้ยังมีผลกระทบทางอ้อมของจิตนิสัยต่อความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนผ่านความสามารถเริ่มต้นที่เป็นตัวกลาง ข้อค้นพบจากการศึกษาครั้งนี้ระบุว่า ยิ่งจิตนิสัยของนักเรียนดีขึ้นเท่าใด การใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถเริ่มแรกก็จะยิ่งดีขึ้นเท่านั้น

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เป็นการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เป็นผู้คิด ผู้กระทำและลงมือในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ผ่านการแลกเปลี่ยนแนวคิดจนนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ร่วมกัน ซึ่งนักเรียนเกิดทักษะการบวนการทางคณิตศาสตร์ในด้านกระบวนการแก้ปัญหา อีกทั้งพบว่า แรงจูงใจทัศนคติ เจตคติ รวมถึงจิตนิสัย เป็นแรงขับเคลื่อนภายในที่จะทำให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์และเกิดคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีจิตนิสัยเชิงคณิตศาสตร์ในการเป็นนักเรียน เป็นนักแก้ปัญหา ที่มีความมุ่งมั่นพยายามในการทำความเข้าใจวิเคราะห์ และแก้ปัญหา รวมถึงการต่อยอดคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงในหลายศาสตร์หรือศาสตร์อื่นเข้าด้วยกันนำไปสู่ผลลัพธ์ของการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริง

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาที่มีหัวข้อที่สัมพันธ์กับวิธีดำเนินงานวิจัยดังนี้

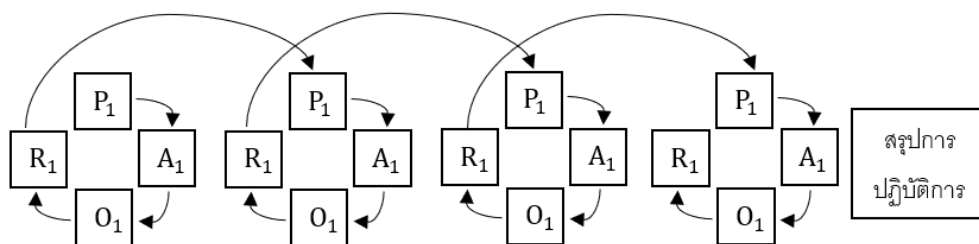
1. รูปแบบวิธีวิจัย
2. ผู้เข้าร่วมวิจัย
3. บริบทโรงเรียน
4. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย
5. เครื่องมือและการพัฒนาเครื่องมือการวิจัย
6. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย
7. การวิเคราะห์ข้อมูล

รูปแบบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (2000) เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติต่อเนื่องกัน ซึ่งแต่ละวงจรประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Act) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นสะท้อนผล (reflect) ตามลำดับ โดยผู้วิจัยนำข้อมูลจากการสะท้อนผลมาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติต่อไปจนครบตามจำนวนวงจรปฏิบัติการที่กำหนด

ผู้วิจัยผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ทั้งหมด 4 วงจร ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

- วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 – 3 เรื่อง ชนิดและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม
- วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 – 6 เรื่อง ส่วนต่าง ๆ ของรูปสามเหลี่ยม
- วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 – 9 เรื่อง การสร้างรูปสามเหลี่ยม
- วงจรที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 – 13 เรื่อง ความยาวรอบรูปสามเหลี่ยม พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม โจทย์ปัญหาความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม



ภาพ 12 แสดงวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ที่มา: ปรับจากแนวคิดของ Kemmis and McTaggart, 2000

วงจรปฏิบัติการมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

1. ศึกษาหลักสูตร คู่มือการจัดการเรียนรู้ แบบเรียนและโครงสร้างเนื้อหาผลการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ประถมศึกษาปีที่ 6 ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) วิเคราะห์หลักสูตรของสาระมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับขั้นตอนและลักษณะของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด

3. วางแผนและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 13 แผน 3 วงจรปฏิบัติการ แบบสังเกต และแบบทดสอบ

4. เตรียมเอกสารและอุปกรณ์ประกอบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ได้แก่ สื่อ ใบกิจกรรม เครื่องมือวัดและประเมินผล

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act)

ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ตามวงจรปฏิบัติการ 3 วงจร แยกตามเนื้อหา ดังนี้

วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 – 3 เรื่อง ชนิดและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม

วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 – 6 เรื่อง ส่วนต่าง ๆ ของรูปสามเหลี่ยม

วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 – 9 เรื่อง การสร้างรูปสามเหลี่ยม

วงจรที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 – 13 เรื่อง ความยาวรอบรูปสามเหลี่ยม พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม โจทย์ปัญหาความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม

โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด 4 ขั้นตอน ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ขั้นที่ 3 การอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

ผู้วิจัยสังเกตการณ์และบันทึกผลในแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เพื่อประเมินพฤติกรรมนักเรียนในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด 4 ขั้นตอน ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ขั้นที่ 3 การอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (reflect)

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาและใบกิจกรรม มาวิเคราะห์ถึงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ปัญหา อุปสรรค เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติต่อไป โดยทำซ้ำทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ

เมื่อทำซ้ำครบ 4 วงจรปฏิบัติการแล้ว ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลจากแบบทดสอบคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาและสรุปผลการวิจัยเปรียบเทียบระหว่างกับหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยในการทำวิจัยครั้งนี้ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 3 คน

บริบทโรงเรียน

ผู้วิจัยได้เริ่มทำการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ณ โรงเรียนขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร เปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาล ถึงระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นโรงเรียนที่มีการสอนควบชั้นเรียนในบางภาคเรียน สื่อและอุปกรณ์ เช่น คอมพิวเตอร์ โปรเจคเตอร์ ยังมีความขาดแคลน นักเรียนบางส่วนมีความบกพร่องทางด้านการเรียนรู้ซึ่งได้รับการรับรองจากแพทย์ แต่นักเรียนทั้งชั้นเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยเก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อาคารเรียนเป็นอาคารเรียน สปช.103/26 จำนวน 6 ห้องเรียน ขนาดห้องเรียน 6.5 เมตร x 9 เมตร มีโต๊ะเรียนเพียงพอกับจำนวนนักเรียน บรรยากาศของห้องเรียนปลอดโปร่ง มีแสงสว่างเพียงพอ การทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง ที่ผ่านมานักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ DLTV โดยครูปลายทางจะเตรียม สื่อ ใบงาน เพื่อให้ให้นักเรียน

ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับ DLTV และครูปลายทางอธิบาย บรรยายเพิ่มเติมในบางกรณี นักเรียนได้รับการเรียนการสอนโดยให้ปฏิบัติตาม และตอบคำถามจากกิจกรรมที่กำหนดให้ ผู้เรียนคิด เพื่อหาคำตอบจากคำถาม ไม่ได้เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ใช้กระบวนการกลุ่ม หรือ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในชั้นเรียน การเรียนการสอนจึงไม่ได้เน้นที่กระบวนการแก้ปัญหา

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด
2. คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา (Mathematical Habits of Mind and Problem Solving)

เครื่องมือและการพัฒนาเครื่องมือ

1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด
2. แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
3. แบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา
4. แบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด

แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 13 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง ใช้เวลาทั้งหมด 13 ชั่วโมง โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 สัปดาห์

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับขั้นตอนและลักษณะของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ซึ่งขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด คือ ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา ครูให้คำแนะนำช่วยเหลือในการทำความเข้าใจปัญหา และให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน คือ นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนมาใช้ในการวางแผน เชื่อมโยง ให้เหตุผลในการแก้ปัญหา นักเรียนสื่อสารแนวคิดด้วยวิธีการที่หลากหลาย ร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม และนำไปสู่ข้อสรุป โดยครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก สังเกตการแก้ปัญหาของนักเรียน ช่วยเหลือและสนับสนุนอย่างเหมาะสม

ขั้นที่ 3 การอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน คือ เป็นการนำเสนอแนวคิดของตนเอง หน้าชั้นเรียน โดยมีการอภิปรายโต้แย้งหรือสนับสนุนแนวคิดต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล การจัดลำดับการนำเสนอแนวคิดจากแนวคิดพื้นฐานไปสู่แนวคิดที่สอดคล้อง เพื่อให้นักเรียนเห็นกระบวนการและวิธีที่หลากหลายในการหาคำตอบ

ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน คือ ครูและนักเรียนร่วมกันวิเคราะห์แนวคิด วิธีการ ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนร่วมประเมินและตัดสินคุณค่าของวิธีการที่มีประสิทธิภาพ สร้างข้อสรุปและตีความผลลัพธ์ร่วมกัน นำไปสู่สิ่งที่ได้เรียนรู้ในชั้นเรียน

1.2 ศึกษาหลักสูตร คู่มือการจัดการเรียนรู้ แบบเรียนและโครงสร้างเนื้อหาผลการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ประถมศึกษาปีที่ 6 ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.3 วิเคราะห์หลักสูตรของสาระมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ดังแสดงในตาราง 15

ตาราง 15 แสดงการวิเคราะห์สาระมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ ต้องการวัดและนำไปใช้	ป.6/1 แสดงวิธีหาคำตอบของ โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับปริมาตร ของรูปเรขาคณิตสามมิติที่ ประกอบด้วยทรงสี่เหลี่ยมมุม ฉาก	ปริมาตรและความจุ - ปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่ประกอบด้วยทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก - การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่ประกอบด้วยทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก
	ป.6/2 แสดงวิธีหาคำตอบของ โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาว รอบรูปและพื้นที่ของรูปหลาย เหลี่ยม	รูปเรขาคณิตสามมิติ - ความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม - มุมภายในของรูปหลายเหลี่ยม - ความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม - การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต	ป.6/1 จำแนกรูปสามเหลี่ยมโดยพิจารณาจากสมบัติของรูป	รูปเรขาคณิตสองมิติ
ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้	ป.6/2 สร้างรูปสามเหลี่ยมเมื่อ กำหนดความยาวของด้านและขนาดของมุม	- ชนิดและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม - การสร้างรูปสามเหลี่ยม - ส่วนต่าง ๆ ของวงกลม

1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง รูปสามเหลี่ยมกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วยเนื้อหา 6 ส่วน คือ ชนิดและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม ส่วนต่าง ๆ ของรูปสามเหลี่ยม การสร้างรูปสามเหลี่ยม ความยาวรอบรูปของรูปสามเหลี่ยม พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม โจทย์ปัญหา จำนวน 13 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง ใช้เวลาทั้งหมด 13 ชั่วโมง ดังแสดงในตาราง 16

ตาราง 16 แสดงรายละเอียดของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง รูปสามเหลี่ยม

วงจร	แผน	เนื้อหา	เรื่อง	ชื่อกิจกรรม	เวลา (ชม.)
1	1		การจำแนกชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยพิจารณาจากความยาวของด้าน	ไม้ไอติมหลากสีกับรูปสามเหลี่ยมของฉันทน์	1
	2	ชนิดและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม	การจำแนกชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยพิจารณาจากขนาดของมุม	นักสำรวจ	1
	3		การจำแนกชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยพิจารณาจากมุมและด้าน	มหัศจรรย์ประณีตศิลป์แห่งสยาม	1
2	4		ส่วนประกอบของรูปสามเหลี่ยม	บ้านพักตากอากาศ	1
	5	ส่วนต่าง ๆ ของรูปสามเหลี่ยม	ส่วนสูงของรูปสามเหลี่ยม	ดูยังใจ อันไหนสูง	1
	6		มุมภายในของรูปสามเหลี่ยม	รวมกันได้เท่าไรนะ	1

วงจร	แผน	เนื้อหา	เรื่อง	ชื่อกิจกรรม	เวลา (ชม.)
3	7	การสร้างรูปสามเหลี่ยม	การสร้างรูปสามเหลี่ยม	การสร้างรูปสามเหลี่ยม	1
	8		เมื่อกำหนดความยาวของด้าน 3 ด้าน	เมื่อกำหนดความยาวของด้าน 3 ด้าน	1
	9		เมื่อกำหนดความยาวของด้าน 2 ด้าน และขนาดของมุม 1 มุม	เมื่อกำหนดความยาวของด้าน 2 ด้าน และขนาดของมุม 1 มุม	1
4	10	ความยาวรอบรูปของรูปสามเหลี่ยม	การสร้างรูปสามเหลี่ยม	การสร้างรูปสามเหลี่ยม	1
	11		เมื่อกำหนดความยาวของด้าน 1 ด้าน และขนาดของมุม 2 มุม	เมื่อกำหนดความยาวของด้าน 1 ด้าน และขนาดของมุม 2 มุม	1
	12		ความยาวรอบรูปของรูปสามเหลี่ยม	ติดยางกันบาด เพิ่มความปลอดภัย	1
	13		พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม	พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม	1
4	12	โจทย์ปัญหา	โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่และความยาวรอบรูปของรูปสามเหลี่ยม	ฟาร์มวัว	1
	13		โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่และความยาวรอบรูปของรูปสามเหลี่ยม	ศรีธัญชัย	1

1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง รูปสามเหลี่ยม กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

- ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้มาตรฐานการเรียนรู้
- ตัวชี้วัด
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- สาระสำคัญ
- ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
- คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

- สื่อการเรียนรู้
- กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
 - ชี้แนะเสนอสถานการณ์ปัญหา
 - ชี้แนะนักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง
 - ชี้แนะอภิปรายทั้งชั้นเรียน
 - ชี้แนะสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน
- การวัดและประเมินผล

1.5 ใบกิจกรรมสร้างพร้อมกับแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อเป็นสถานการณ์ปัญหาในการเรียนการสอน โดยในการจัดการเรียนรู้ ครูใช้คำถามกระตุ้นควบบคู่กับการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนแสดงคุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น เช่น นักเรียนค้นพบวิธีการหรือแนวทางในการแก้ปัญหาอะไรบ้าง การแก้ปัญหานี้ นักเรียนต้องรู้อะไร คำตอบนี้สมเหตุสมผลหรือไม่ และคุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ เช่น นักเรียนจะเขียนอธิบายวิธีการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างไร นักเรียนจะอธิบายในภาษาคณิตศาสตร์อย่างไร ซึ่งเป็นกรรวบรวมแนวคิดและคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ แสดงในตารางที่ 16

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง รูปสามเหลี่ยม กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อปรับปรุงแก้ไข

1.7 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแบบเปิด เรื่อง รูปสามเหลี่ยม กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินและพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 ด้าน

ด้านที่ 1 ด้านจุดประสงค์

ด้านที่ 2 ด้านสาระสำคัญ

ด้านที่ 3 ด้านการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด

ด้านที่ 4 ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้

ด้านที่ 5 ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

โดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน คือ อาจารย์มหาวิทยาลัยประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ 1 ท่าน คือ อาจารย์มหาวิทยาลัยประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ภาควิชาวิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ 1 ท่าน คือ ครูประจำการวิชาคณิตศาสตร์
วิทยฐานะครูชำนาญการ

ผู้วิจัยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบมาตราส่วน
ประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตามแบบของลิเคิร์ต (Likert) ให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นใน
แบบประเมิน มีเกณฑ์การให้คะแนนความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

เหมาะสมมากที่สุด ให้คะแนน 5 คะแนน

เหมาะสมมาก ให้คะแนน 4 คะแนน

เหมาะสมปานกลาง ให้คะแนน 3 คะแนน

เหมาะสมน้อย ให้คะแนน 2 คะแนน

เหมาะสมน้อยที่สุด ให้คะแนน 1 คะแนน

หลังจากนั้นนำผลการประเมินความเหมาะสมของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มา
คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละรายการ แล้วนำไปเทียบเกณฑ์การแปล
ความหมาย (รัตนะ บัวสนธ์, 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 และส่วนเบี่ยงเบน
มาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม โดยผลการประเมินความ
เหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิง
คณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านสาระการเรียนรู้
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้ และด้านการวัดผลและประเมินผล พบว่า
มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.59 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.37 ซึ่งถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้
ดังกล่าวมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ได้ โดยผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการ
จัดการเรียนรู้แสดงในภาคผนวก ข

1.7 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง รูปสามเหลี่ยม
ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน คือ ปรับเกณฑ์การประเมินจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านความรู้
1 คะแนน คือ ผ่าน 0 คะแนน คือ ไม่ผ่าน และ ปรับการใช้คำสั่งในสถานการณ์ปัญหา ศรีธัญชัยผู้
ฉลาด โดยปรับจาก “ศรีธัญชัยผู้ฉลาด ต้องการใช้เชือกล้อมพื้นที่เป็นรูปสามเหลี่ยมให้มีพื้นที่
250 ตารางวา พื้นที่รูปสามเหลี่ยมนั้นจะมีลักษณะอย่างไร” แก้ไขเป็น “ศรีธัญชัยผู้ฉลาด ต้องการ

สร้างพื้นที่เป็นรูปสามเหลี่ยมให้มีพื้นที่ 300 ตารางเมตร แล้วจึงใช้เชือกล้อมรั้ว พื้นที่รูปสามเหลี่ยม นั้นจะมีลักษณะอย่างไร”

1.8 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญบัณฑิตบัณฑิต เพื่อนำไปใช้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนต่อไป

2. แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตจะบันทึกประเด็นปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยในวงจรปฏิบัติการถัดไป โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

2.1 กำหนดขอบเขตการบันทึกการสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2.2 สร้างแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีลักษณะเป็นแบบเขียนบันทึกตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด 4 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นการกำหนดปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นการอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน

ขั้นที่ 4 ขั้นการสรุปและเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์

2.3 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาและตรวจสอบความเหมาะสมของภาษาที่ใช้กับประเด็นการสะท้อนผลตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน คือ อาจารย์มหาวิทยาลัยประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ 1 ท่าน คือ อาจารย์มหาวิทยาลัยประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ภาควิชาวิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ 1 ท่าน คือ ครูประจำการวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาลัยครูชำนาญการ

2.4 ปรับปรุงให้ได้แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ในการบันทึกข้อมูลจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้งต่อไป นอกจากนี้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด 4 ขั้นตอน ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตใช้แบบสังเกตเพื่อประเมินคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ผู้วิจัยบันทึกวิดิทัศน์และเสียงระหว่างการจัดการเรียนรู้ เพื่อเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้และประเมินคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

3. แบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลคุณลักษณะ ขณะนักเรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้เป็นรายบุคคล โดยบันทึกผลการวิจัยในแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ระหว่างนักเรียนขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้เป็นรายบุคคล ซึ่งมีขั้นตอนการสร้งดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะการคิดทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบไป 2 คุณลักษณะ คือ การทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น การให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

3.2 สร้างแบบสังเกต และเกณฑ์การประเมินแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubrics) โดยปรับจากเกณฑ์การประเมินความพากเพียร (Rubric for Persisting) ของ Costa and Kallick (2008) โดยเกณฑ์การให้ประเมินคุณลักษณะการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น ดังแสดงในตาราง 12 และเกณฑ์การให้ประเมินคุณลักษณะการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ดังแสดงในตาราง 13

3.3 นำแบบสังเกตที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน

ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน คือ อาจารย์มหาวิทยาลัยประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ 1 ท่าน คือ อาจารย์มหาวิทยาลัยประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ภาควิชาวิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ 1 ท่าน คือ ครูประจำการวิชาคณิตศาสตร์ วิทยฐานะครูชำนาญการ

เพื่อพิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องของประเด็นที่สังเกตกับจุดประสงค์ โดยใช้ดัชนีวัดความสอดคล้อง IOC (Index of objective congruence) มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+ 1 หมายถึง แนใจว่าประเด็นที่สังเกตนั้นใช้วัดพฤติกรรมบ่งชี้ได้

0 หมายถึง ไม่แนใจว่าประเด็นที่สังเกตนั้นใช้วัดพฤติกรรมบ่งชี้ได้

-1 หมายถึง แนใจว่าประเด็นที่สังเกตนั้นใช้วัดพฤติกรรมบ่งชี้ไม่ได้

พิจารณาประเด็นในการสังเกตที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป มาสร้างแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างประเด็นที่สังเกตกับจุดประสงค์ของแบบสังเกต พบว่า มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ โดยผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างประเด็นที่สังเกตกับจุดประสงค์ของแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาแสดงในภาคผนวก ค

3.4 ปรับปรุงแก้ไขแบบสังเกตตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ปรับปรุงเกณฑ์การประเมินให้มีความชัดเจนของพฤติกรรมในแต่ละระดับคุณลักษณะมากยิ่งขึ้นให้ได้แบบสังเกตที่พร้อมนำไปใช้

4. แบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยมีข้อสอบจำนวน 12 ข้อ เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ เติมคำตอบ จำนวน 3 ข้อ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

4.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและเอกสาร งานวิจัยและเกณฑ์การประเมินที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

4.2 วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จุดประสงค์ของการเรียนรู้ สารการเรียนรู้ เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

4.3 ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา และใช้เกณฑ์การให้คะแนนเช่นเดียวกับแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ดังแสดงในตาราง 12 และ ตาราง 13 โดยปรับจากแนวคิดเกณฑ์การประเมินความพากเพียร (Rubric for Persisting) ของ Costa and Kallick (2008) ซึ่งเป็นเกณฑ์การประเมินแบบแยกองค์ประกอบ

ผู้วิจัยได้มีการออกแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยมีประเด็นในการพิจารณาแต่ละตัว ดังแสดงในตาราง 17 ซึ่งคุณลักษณะที่หายไปจะถูกประเมินด้วยแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เนื่องจากต้องประเมินผ่านพฤติกรรมของนักเรียน

ตาราง 17 แสดงคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาที่ประเมินผ่านแบบทดสอบ

คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น	
(ข้อ)	คุณลักษณะที่ประเมินผ่านแบบทดสอบ
1) นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้	การตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา
2) นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้	การวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้

คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น	
(ข้อ)	คุณลักษณะที่ประเมินผ่านแบบทดสอบ
3) นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ การตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบหรือแสดงท่าทางประกอบ	การร่างแผนการคร่าว ๆ การตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ
4) นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม	การอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายหรือภาพที่เป็นรูปธรรม
5) นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความ รอบคอบ ระมัดระวัง	-
6) นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือสนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้	-
คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ	
(ข้อ)	คุณลักษณะที่ประเมินผ่านแบบทดสอบ
1) นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนาเกี่ยวกับเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด	การระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ และ ความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด
2) นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท	การคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท

ตาราง 18 แสดงความสัมพันธ์ของการสร้างแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ดังนี้

ตาราง 18 แสดงการสร้างแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

เรื่อง	สร้าง (ข้อ)	คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา					
		การทำความเข้าใจปัญหา และมีความมั่นใจกับ (ข้อ)				การให้ความสำคัญกับ ความถูกต้องแม่นยำ (ข้อ)	
		1	2	3	4	1	2
การจำแนกชนิดของรูปสามเหลี่ยม โดยพิจารณาจากความยาวของด้าน							
การจำแนกชนิดของรูปสามเหลี่ยม โดยพิจารณาจากขนาดของมุม	1					✓	
การจำแนกชนิดของรูปสามเหลี่ยม โดยพิจารณาจากมุมและด้าน							
ส่วนประกอบของรูปสามเหลี่ยม							
ส่วนสูงของรูปสามเหลี่ยม	1			✓			
มุมภายในของรูปสามเหลี่ยม	2				✓		
การสร้างรูปสามเหลี่ยม เมื่อกำหนด ความยาวของด้าน 3 ด้าน							
การสร้างรูปสามเหลี่ยม เมื่อกำหนด ความยาวของด้าน 2 ด้าน และ ขนาดของมุม 1 มุม	1					✓	
การสร้างรูปสามเหลี่ยม เมื่อกำหนด ความยาวของด้าน 1 ด้าน และ ขนาดของมุม 2 มุม							
ความยาวรอบรูปของรูปสามเหลี่ยม							
พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม	2						✓
โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่ของรูป สามเหลี่ยม	2	✓	✓				
โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบ รูปของรูปสามเหลี่ยม	3	✓	✓	✓			
รวม	12						

4.4 นำแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน คือ อาจารย์มหาวิทยาลัยประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ 1 ท่าน คือ อาจารย์มหาวิทยาลัยประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ภาควิชาวิชาการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ 1 ท่าน คือ ครูประจำการวิชาคณิตศาสตร์ วิทยฐานะครูชำนาญการ

เพื่อพิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องของประเด็นที่สังเกตกับจุดประสงค์ โดยใช้ดัชนีวัดความสอดคล้อง IOC (Index of objective congruence) มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+ 1 หมายถึง แนใจว่าข้อคำถามนั้นใช้วัดพฤติกรรมบ่งชี้ได้

0 หมายถึง ไม่แนใจว่าข้อคำถามนั้นใช้วัดพฤติกรรมบ่งชี้ได้

- 1 หมายถึง แนใจว่าข้อคำถามนั้นใช้วัดพฤติกรรมบ่งชี้ไม่ได้

พิจารณาค่า IOC ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป มาสร้างแบบทดสอบคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบ พบว่า มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ โดยผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาแสดงในภาคผนวก ง

4.5 ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ได้แก่ การปรับภาพประกอบและสัญลักษณ์ต่าง ๆ ให้มีความถูกต้องเหมาะสม ปรับคำถามที่ใช้ให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

4.6 จัดทำแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาคบสมบูรณ์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด 4 ขั้นตอน สรุปและรวบรวมข้อมูล แล้วนำมาวิเคราะห์ตามวงจรของวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) 4 วงจร โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ในการสังเกตการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยดำเนินการ

เก็บรวบรวมข้อมูลร่วมกับผู้สังเกตชั้นเรียน 1 คน ซึ่งเป็นครูคณิตศาสตร์ วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ และทำการทดสอบนักเรียน เมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้ ทั้ง 13 ชั่วโมง มีการดำเนินการดังนี้

1. ปฐมนิเทศและชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ให้กับนักเรียนที่เป็นผู้เข้าร่วมวิจัยและผู้ร่วมสังเกตชั้นเรียน

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด จำนวน 13 ชั่วโมง โดยระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด 4 ขั้นตอน ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตชั้นเรียนใช้แบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาเพื่อประเมินระดับคุณลักษณะของนักเรียน และบันทึกผลในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นอกจากนี้ผู้วิจัยบันทึกวิดีโอทัศนและเสียง เพื่อสังเกตข้อมูลเพิ่มเติมภายหลัง การสังเกตคุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น ประกอบด้วย 6 คุณลักษณะย่อย และคุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ประกอบด้วย 2 คุณลักษณะย่อย โดยวงจรปฏิบัติการที่ 1 ไม่ทำการสังเกตคุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ในคุณลักษณะย่อยที่ 2 เนื่องจากยังไม่มีคำถาม ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตทำการสังเกตและรวบรวมข้อมูล สรุปผลในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ซึ่งเนื้อหา แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องย่อย และลำดับวงจรปฏิบัติการ แสดงดังตาราง 16 แล้วนำข้อมูลมาสรุป รวบรวม และวิเคราะห์ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

3. เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้จบหน่วยการเรียนรู้ทั้ง 13 ชั่วโมง ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบเพื่อวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลที่เก็บได้ นำมาวิเคราะห์ผลเชิงคุณภาพ ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยคัดกรองข้อมูลที่เป็นประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เพื่อปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไปให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

2. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสังเกตการคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น 6 คุณลักษณะย่อย และด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ 2 คุณลักษณะย่อย ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูล สรุปและวิเคราะห์ข้อมูลตามระดับความสามารถ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ริเริ่ม พัฒนา ชำนาญ และเชี่ยวชาญ ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

3. วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดในภาพรวมในทุกวงจรปฏิบัติการ เปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาในแต่ละวงจรปฏิบัติการ หากระดับของคุณลักษณะสูงขึ้นแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดสามารถส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาได้

4. ผู้วิจัยตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้า (Triangulation) แบบ Resource Triangulation (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557) ซึ่งได้จากแหล่งข้อมูลตั้งแต่ 2 แหล่งขึ้นไป โดยนำข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ข้อมูลจากแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา และร่องรอยหลักฐานในใบกิจกรรม ที่ได้จากผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ นำมาวิเคราะห์และสรุปผลการดำเนินการจัดการเรียนรู้ว่าให้ข้อมูลประเด็นที่สอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

5. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบ ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลร่องรอยหลักฐานจากแบบทดสอบคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพของคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น และด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำในภาพรวม ตรวจและวิเคราะห์การเขียนตอบ โดยให้คะแนนตามเกณฑ์การประเมิน และสรุประดับความสามารถ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ริเริ่ม พัฒนา ชำนาญ และเชี่ยวชาญ

7. เมื่อดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสังเกตและแบบทดสอบเรียบร้อยแล้ว พิจารณาผลของคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาของนักเรียนว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ ผลจากแบบสังเกตและแบบทดสอบมีความเหมือนความต่างกันอย่างไรร

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง รูปสามเหลี่ยม มี 4 ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 1 ชั่วโมง คือ ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิดกับนักเรียน ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการแก้ปัญหา ขั้นที่ 3 การอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน ขั้นที่ 4 การสรุปเชื่อมโยงแนวคิด ดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติต่อเนื่องกัน ซึ่งแต่ละวงจรประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Act) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นสะท้อนผล (reflect) ทั้งหมด 4 วงจร มีการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 13 ชั่วโมง โดยมีการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติ ดังนี้ วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 – 3 เรื่อง ชนิดและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 – 6 เรื่อง ส่วนต่าง ๆ ของรูปสามเหลี่ยม วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 – 9 เรื่อง การสร้างรูปสามเหลี่ยม วงจรที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 – 13 เรื่อง ความยาวรอบรูปสามเหลี่ยมและพื้นที่ของรูป ผู้วิจัยจะแสดง 1) ผลจากวงจรปฏิบัติการ โดยสะท้อนประเด็นสำคัญที่ต้องแก้ไขหรือสนับสนุน ซึ่งนำผลที่ได้ไปปรับปรุงการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา 2) ผลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา และแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยแต่ละวงจรปฏิบัติมีรายละเอียดดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

ตาราง 19 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดของวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นวางแผน	ขั้นปฏิบัติการ	ขั้นสังเกตการณ์	ขั้นสะท้อนผล
พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) - วางแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 เรื่อง ชนิดและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม	ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาปลายเปิด กิจกรรมที่ 1 - ไม้ไอติม หลากสีกับรูปสามเหลี่ยมของฉันทัน	- นักเรียนยังขาดการตีความการทำความเข้าใจปัญหาก่อนเริ่มการแก้ปัญหา - นักเรียนไม่ได้มีการสนทนาถึงแผนการหรือ	- ครูควรเน้นย้ำถึงความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์และคำสั่งก่อนการเรียนรู้ด้วย

ชั้นวางแผน	ชั้นปฏิบัติการ	ชั้นสังเกตการณ์	ชั้นสะท้อนผล
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 คือ การจำแนกชนิดของ รูปสามเหลี่ยมโดย พิจารณาจากความยาว ของด้าน	- นักสำรวจ กิจกรรมที่ 3 - มหัศจรรย์ประณีต ศิลป์แห่งสยาม ชั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วย ตนเองของนักเรียน	การคาดการณ์แนวคิดที่ เป็นไปได้ การแก้ปัญหา จึงไม่สอดคล้องกับ เป้าหมาย - นักเรียนมีส่วนร่วมใน การอภิปรายเพียง	ตนเองของนักเรียน - ครูควรกระตุ้นนักเรียน ด้วยคำถาม “นักเรียน ค้นพบวิธีการ หรือ ความสัมพันธ์ หรือ คุณสมบัติ หรือ องค์ประกอบ หรือแนวทาง ในแก้ปัญหาอะไรบ้าง”
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 คือ การจำแนกชนิดของ รูปสามเหลี่ยมโดย พิจารณาจากขนาดของมุม	ชั้นที่ 3 การอภิปราย ร่วมกันทั้งชั้นเรียน ชั้นที่ 4 การสรุปโดย การเชื่อมโยงแนวคิด ของนักเรียน	เล็กน้อยหรือไม่มีเลย	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 คือ การจำแนกชนิดของ รูปสามเหลี่ยมโดย พิจารณาจากมุมและด้าน			

ตาราง 19 แสดงประเด็นสำคัญที่ต้องปรับปรุงแก้ไข คือ การสร้างความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหา โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความเข้าใจคำสั่งก่อนการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน การใช้คำถามของครู “นักเรียนค้นพบวิธีการ หรือความสัมพันธ์ หรือคุณสมบัติ หรือองค์ประกอบ หรือแนวทางในแก้ปัญหาอะไรบ้าง” เพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิด

ตาราง 20 แสดงผลการสังเกตรายบุคคลของวงจรปฏิบัติการที่ 1

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการแก้ปัญหา	ระดับคุณลักษณะ			
	เริ่มมี	พัฒนา	ชำนาญ	เชี่ยวชาญ
คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมั่นใจ (ข้อ)				
1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเอง ได้	-	1 (33.33%)	2 (66.67%)	-
2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้	-	1 (33.33%)	1 (33.33%)	1 (33.33%)
3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์วางแผน การแก้ปัญหา โดยมีกระบวนการแลกเปลี่ยนความ	-	2 (66.67%)	1 (33.33%)	-

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการแก้ปัญหา	ระดับคุณลักษณะ			
	เริ่มมี	พัฒนา	ชำนาญ	เชี่ยวชาญ
คิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการ คร่าว ๆ หรือการตั้งสมมติฐานผ่านภาพประกอบ หรือ แสดงท่าทางประกอบ				
4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหา และความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่ คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็น รูปธรรม	-	3 (100%)	-	-
5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่น ได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบ ะมัดระวัง	1 (33.33%)	1 (33.33%)	1 (33.33%)	-
6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้	1 (33.33%)	2 (66.67%)	-	-
คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ (ข้อ)				
1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจน ในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบาย ซึ่งกันและ กันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของ สัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด	-	3 (100%)	-	-
2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิง ตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท	-	-	-	-

ตาราง 20 แสดงจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา พบว่า คุณลักษณะส่วนใหญ่ปรากฏขึ้นในระดับพัฒนา ด้านการทำความเข้าใจปัญหา และมีความมานะบากบั่น ระดับคุณลักษณะสูงสุด ปรากฏในระดับเชี่ยวชาญร้อยละ 33.33 คือ การวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมาย ด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ระดับคุณลักษณะสูงสุดปรากฏในระดับพัฒนา ร้อยละ 100 คือ การสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แสดงภาพตัวอย่างผลงานนักเรียน 1 คน ในกิจกรรม “ไม่ไอติมหลากหลายสีกับรูปสามเหลี่ยมของฉัน” ซึ่งแสดงให้เห็นถึงระดับของคุณลักษณะ

การคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น และด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



สถานการณ์ปัญหา : นักเรียนมีไม้ไอติมหลากสีที่มีขนาดแตกต่างกัน คือ สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน โดยแต่ละสีมี 15 อัน หากนักเรียนต้องการนำไม้ไอติมมาสร้างเป็นรูปสามเหลี่ยม จะสร้างได้แบบใดบ้าง

คำสั่ง 1 : ให้นักเรียนนำไม้ไอติมที่มีความยาวแตกต่างกัน สร้างรูปสามเหลี่ยมอย่างหลากหลายรูปแบบ แล้วติดลงบนกระดาษสามเหลี่ยม จะสร้างได้แบบใดบ้าง

คำสั่ง 2 : ให้นักเรียนจัดกลุ่มรูปสามเหลี่ยมที่ได้จากการสร้าง โดยระบุจำนวนกลุ่มและเขียนอธิบายเหตุผลในการจัดกลุ่ม

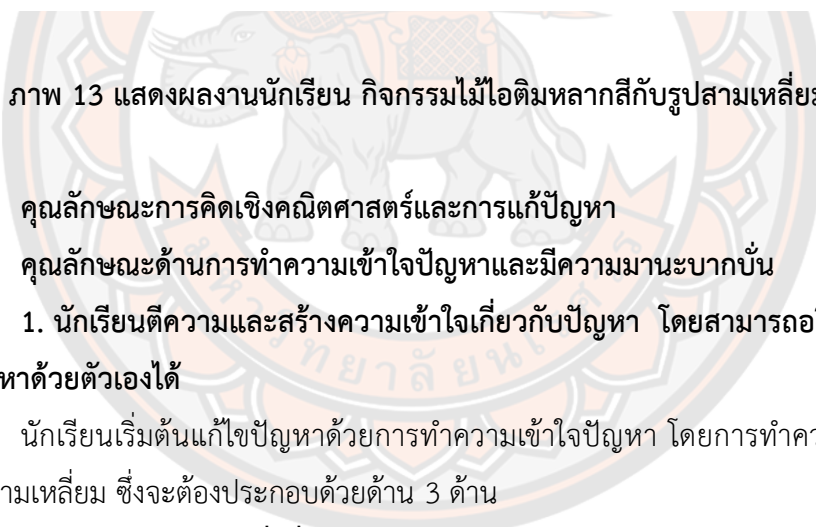
กลุ่มที่ 1 สีแดง 3 อัน สีเหลือง 3 อัน และสีน้ำเงิน 3 อัน เพราะถ้าแต่ละรูปสีไม้ไอติม
สร้างสีเหลืองก็ 6 สีแดงก็ 6 ถึง 3 รูป



กลุ่มที่ 2 สีน้ำเงิน 1 อัน สีแดง 2 อัน และสีเหลือง 1 อัน สีเหลือง 2 อัน เพราะว่าทั้ง 2 รูปสีไม้ไอติมสีน้ำเงิน
เป็น 3 อัน 6 สีแดงก็ 6

กลุ่มที่ 3 สีน้ำเงิน 1 อัน สีเหลือง 1 อัน และ สีแดง 1 อัน ไม่เหลืออันกับรูปไหน เพราะว่าเป็นรูปได้ยอดที่คล้ายสี

กลุ่มที่ 4



ภาพ 13 แสดงผลงานนักเรียน กิจกรรมไม้ไอติมหลากสีกับรูปสามเหลี่ยมของฉันทัน

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น

1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้

นักเรียนเริ่มต้นแก้ไขปัญหาด้วยการทำความเข้าใจปัญหา โดยการทำความเข้าใจลักษณะของรูปสามเหลี่ยม ซึ่งจะต้องประกอบด้วยด้าน 3 ด้าน

2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้

นักเรียนได้สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ไม้ไอติมที่เป็นสื่อในการเรียนคือสิ่งที่จะนำมาแทนด้านของรูปสามเหลี่ยม โดยเงื่อนไขในการสร้างคือ 1 รูป จะใช้ไม้ไอติม 3 อัน มีเป้าหมายคือความหลากหลายของรูปสามเหลี่ยมในแบบต่าง ๆ

3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนา แลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการวางแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ

นักเรียนได้วางแผนแก้ปัญหา โดยทดลองการสร้างรูปสามเหลี่ยม ซึ่งแนวคิดแรกนักเรียนใช้ไม้ไอติมหลายอันในการแทน 1 ด้านของรูปสามเหลี่ยม แต่เมื่อมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ ได้มีข้อสรุปในการสร้าง คือ ไม้ไอติม 1 อันในการแทน 1 ด้านของรูปสามเหลี่ยม

4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม

นักเรียนอธิบายให้เห็นถึงกรณีที่ซ้ำกัน เช่น รูปสามเหลี่ยมที่มีด้านเป็น แดง แดง เหลือง คือรูปเดียวกันกับรูปสามเหลี่ยมที่มีด้านเป็น แดง เหลือง แดง

นักเรียนอธิบายให้เห็นถึงเกณฑ์ในการจัดกลุ่มรูปสามเหลี่ยมโดยสังเกตลักษณะที่มีร่วมกัน นั่นคือความเหมือนและความต่างของสีไม้ไอติม โดยแนวคิดนักเรียน คือ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ไม้ไอติมสีเหมือนกัน กลุ่มที่ 2 มีสีน้ำเงินเป็นฐานเหมือนกัน กลุ่มที่ 3 ไม้ไอติมสีต่างกัน เมื่อดำเนินการสู่การอภิปรายทั้งชั้นเรียน นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ของปัญหา โดยมองความเหมือนและความต่างของสีไม้ไอติม ดังนั้น การจัดกลุ่มที่ 2 จึงเป็นกลุ่มที่ไม้ไอติมเหมือนกัน 2 สี



ภาพ 14 แสดงการจัดกลุ่มรูปสามเหลี่ยม

5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง

Item 31 S2: ครบยัง มีอย่างอื่นอีกมั้ย

Item 32 S1: ไหนลองวางดู อันนี้สีเดียวกัน อันนี้สีไม่เหมือนกัน (จัดระเบียบงาน)

Item 33 S2: เหลืออะไรยังไม่ทำ

ภาพ 15 แสดงตัวอย่างการสนทนาของนักเรียนในการวางแผนการแก้ปัญหา

นักเรียนร่วมกันตรวจสอบผลงาน ให้มีความครบถ้วน สมบูรณ์ โดยการตรวจสอบเพื่อระวังความซ้ำซ้อนของงาน อีกทั้งในการจัดกลุ่มรูปสามเหลี่ยม นักเรียนตรวจสอบลักษณะที่สอดคล้องกับเกณฑ์อย่างละเอียด รอบคอบ เนื่องจากกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่มีสีน้ำเงินเป็นฐานเหมือนกัน จึงทำให้รูปสามเหลี่ยมบางรูปไม่เข้าเงื่อนไข

6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิด ได้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้

นักเรียนได้อธิบายแนวคิดในการจัดกลุ่มซึ่งคือการใช้สีของไม้ไอติมเป็นเกณฑ์ เนื่องจากการพิจารณาความเหมือน และความต่าง จึงทำให้การจัดกลุ่มที่ 2 เปลี่ยนเป็นกลุ่มที่ไม้ไอติมเหมือนกัน 2 สี ดังนั้นรูปสามเหลี่ยมบางรูปไม่เข้าเงื่อนไขนำมาจัดอยู่ในกลุ่มที่ 2

คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด

นักเรียนสนทนา แลกเปลี่ยนแนวคิดภายในชั้นเรียน จากความรู้ในการจัดกลุ่มสู่การใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนทั้งด้านการใช้สัญลักษณ์และคำนิยาม โดยไม้ไอติมที่สีเหมือนกัน มีความยาวเท่ากัน จึงได้ว่า คือ รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า เป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีด้านทั้งสามยาวเท่ากัน รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว เป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีด้านยาวเท่ากันสองด้าน รูปสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า เป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีด้านทั้งสามยาวไม่เท่ากัน เมื่อตั้งคำถามทบทวนความเข้าใจ นักเรียนสามารถตอบได้อย่างแม่นยำ

วงจรถูกปฏิบัติที่ 2

ตาราง 21 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดของวงจรถูกปฏิบัติที่ 2

ชั้นวางแผน	ชั้นปฏิบัติการ	ชั้นสังเกตการณ์	ชั้นสะท้อนผล
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 – 6 เรื่อง ส่วนต่างๆ ของรูปสามเหลี่ยม โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 คือ ส่วนประกอบของรูปสามเหลี่ยม แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 คือ ส่วนสูงของรูปสามเหลี่ยม แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 คือ มุมภายในของรูปสามเหลี่ยม	<p>ชั้นที่ 1 การนำเสนอ ปัญหาปลายเปิด กิจกรรมที่ 4 - บ้านพักตากอากาศ กิจกรรมที่ 5 - ดูying ใจ อันไหนสูง กิจกรรมที่ 6 - กิจกรรม รวมกันได้เท่าไรนะ ตามลำดับ</p> <p>ชั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน</p> <p>ชั้นที่ 3 การอภิปราย ร่วมกันทั้งชั้นเรียน</p> <p>ชั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน</p>	<p>- นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปรายและ แลกเปลี่ยนแนวคิด เล็กน้อย ยังไม่เกิดความพยายามในการอธิบาย และให้เหตุผลถึงองค์ความรู้ และหลักฐาน ต่าง ๆ ที่จะนำมาสู่การโต้แย้งหรือการสนับสนุนแนวคิด</p> <p>- นักเรียนยังมี ข้อบกพร่องเรื่อง คำจำกัดความและสัญลักษณ์ต่างๆ ซึ่งนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำในใช้งาน แต่ บางครั้งการนำมาใช้และการใช้อย่างถูกต้องยังไม่สม่ำเสมอ</p>	<p>- ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างองค์ความรู้ เหตุผล หรือหลักฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง อภิปราย ร่วมกัน โดยแสดงให้เห็นถึงการให้เหตุผล พร้อมเปรียบเทียบวิธีการ หรือแนวคิดต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปของวิธีการหรือแนวคิดที่ดีที่สุด</p> <p>- ครูทบทวน คำจำกัดความ ความหมายของสัญลักษณ์ ในชั้นของการทบทวน หรือชั้นการนำเสนอปัญหาปลายเปิด เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้อง</p>

ตาราง 21 แสดงประเด็นสำคัญที่ต้องปรับปรุงแก้ไข คือ ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างองค์ความรู้ เหตุผล หรือหลักฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง ครูควรทบทวน คำจำกัดความ ความหมายของสัญลักษณ์ และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดขึ้นด้วยการใช้คำถาม เช่น “สัญลักษณ์หรือเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญในปัญหานี้คืออะไร” “สิ่งที่นักเรียนอธิบายนั้นในภาษาคณิตศาสตร์เรียกว่าอะไร”

ตาราง 22 แสดงผลการสังเกตรายบุคคลของวงจรปฏิบัติการที่ 2

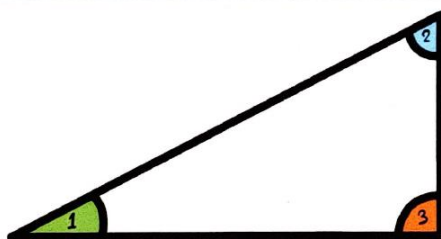
คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการแก้ปัญหา	ระดับคุณลักษณะ			
	เริ่มมี	พัฒนา	ชำนาญ	เชี่ยวชาญ
ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น (ข้อ)				
1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้			3 (100%)	
2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้			3 (100%)	
3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ		1 (33.33%)	2 (66.67%)	
4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกันผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม		1 (33.33%)	2 (66.67%)	
5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง		1 (33.33%)	1 (33.33%)	1 (33.33%)
6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิด ได้แย้ง หรือสนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้			3 (100%)	
ด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ (ข้อ)				
1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด		2 (66.67%)	1 (33.33%)	
2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท		1 (33.33%)	2 (66.67%)	

ตาราง 22 แสดงจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับคุณลักษณะของการสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาพบว่า ระดับคุณลักษณะของคุณลักษณะส่วนใหญ่ ปรากฏ

ขึ้นในระดับชำนาญ ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น ระดับคุณลักษณะสูงสุด ปรากฏในระดับเชี่ยวชาญร้อยละ 33.33 คือ นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง ด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ระดับคุณลักษณะสูงสุดปรากฏในระดับพัฒนา ร้อยละ 66.67 คือ นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แสดงภาพตัวอย่าง ผลงานนักเรียน 1 คน ในกิจกรรม “รวมกันได้เท่าไรนะ” ซึ่งแสดงให้เห็นถึงระดับของคุณลักษณะ การคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น และ ด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



ใบกิจกรรม เรื่อง รวมกันได้เท่าไรนะ
สถานการณ์ปัญหา : รูปสามเหลี่ยมทุกรูป จะมีผลรวมของมุมภายในรวมกันได้ 180 องศา
คำสั่ง : ให้นักเรียนอธิบายวิธีการในการพิสูจน์หรือแสดงให้เห็นว่าผลรวมของมุมภายในรูปสามเหลี่ยมคือ 180 องศา โดยไม่ใช้การวัดขนาดของมุม



ภาพ 16 แสดงผลงานนักเรียน กิจกรรมรวมกันได้เท่าไรนะ

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น

1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้

นักเรียนอธิบายแนวทางในการที่จะพิสูจน์ผลรวมของมุมภายในของรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าเท่ากับ 180 องศา แนวคิดของนักเรียน คือ นำมุมทั้ง 3 มุมมารวมกันให้ได้ 180 องศา ซึ่งนักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับมุม 180 องศาที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง จึงมีแนวคิดในการนำมุมมาต่อกันเป็นเส้นตรง

2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้

นักเรียนวิเคราะห์ได้ถึงสิ่งที่กำหนดให้ คือ มุมของรูปสามเหลี่ยม 3 มุม ซึ่งข้อจำกัด คือ มุมภายในของรูปสามเหลี่ยมจะต้องรวมกันได้ 180 องศา โดยมีเป้าหมาย คือ รวมกัน ต่อกันเป็นมุมตรง มีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งมีลักษณะเหมือนครึ่งวงกลม

3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนา แลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการวางแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ

นักเรียนวางแผนในการกำหนดชื่อมุม และวัดขนาดของมุมเพื่อตรวจสอบ จากนั้นแสดงแผนการหรือการคาดการณ์ในการนำมุมมาของรูปสามเหลี่ยมรวมกัน โดยแสดงท่าทางชี้ที่มุมทั้ง 3 มุม ในรูปสามเหลี่ยม เพื่อนำมุมมาต่อกันเป็นเส้นตรง

Item 152 S2: มุมของรูปสามเหลี่ยมอยู่ตรงนี้

Item 153 T1: ตรงไหนคะ

Item 154 S2: (นักเรียนชี้ที่มุม) เอามาต่อกันเป็นเส้นตรง

ภาพ 17 แสดงตัวอย่างการสนทนาของนักเรียนในการวางแผนการแก้ปัญหา

4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม

นักเรียนได้ร่วมพูดคุยกับสนทนาในชั้นเรียนเกี่ยวกับมุมที่มีขนาด 180 องศา นักเรียนได้ทำมือกางแขนออกเป็นเส้นตรงเพื่อแสดงให้เห็นว่ามุม 180 องศา นั้นมีลักษณะเป็นเส้นตรง แสดงท่าทางภาพประกอบภาพ และแสดงความหมายของมุมที่เริ่มตั้งแต่ 0 องศา 90 องศา 180 องศา แสดงให้เห็นถึงจุดที่เป็นเสมือนจุดหมุนของมุม นั้นเรียกว่า จุดยอดมุม นักเรียนได้มองเห็นความสอดคล้องในการรวมกันของมุม และสรุปว่า มุม 180 องศา มีลักษณะเป็นมุมตรงซึ่งมีความคล้ายกับครึ่งวงกลม

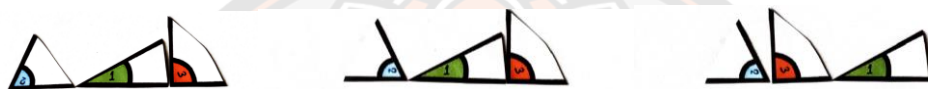
5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง

นักเรียนใช้การวัดมุมเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง นอกจากนี้ นักเรียนได้เชื่อมโยงมโนทัศน์ของมุม 180 องศา เพื่อเป็นการตรวจสอบการรวมกันของมุมว่ามีลักษณะเป็นเส้นตรงหรือไม่ มีลักษณะเป็นครึ่งวงกลมหรือไม่

6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้

นักเรียนสนทนากันเกี่ยวกับการหาผลรวมของมุมภายใน ซึ่งนักเรียนได้อธิบายถึงความสอดคล้องระหว่างมุมตรงกับการนำมุมภายในของรูปสามเหลี่ยมมาต่อกันเป็นเส้นตรง นักเรียนลองคิดลองทำอย่างหลากหลาย

แนวคิดที่ 1 นักเรียนได้ตัดด้านของรูปสามเหลี่ยมซึ่งติดกับมุมมาต่อกันเป็นเส้นตรง ซึ่งเมื่อต่อแล้วนักเรียนได้มองและพิจารณาว่ายังไม่ใช้ลักษณะของมุม 180 องศาหรือมุมตรงนักเรียนจึงเริ่มมองหาแนวคิดใหม่



ภาพ 18 แสดงแนวคิดที่ 1 ในกิจกรรมรวมกันได้เท่าไรนะ

แนวคิดที่ 2 นักเรียนเปลี่ยนแนวคิดในการแก้ปัญหาจากการต่อเป็นเส้นตรง เป็นการนำของรูปสามเหลี่ยมรวมกันเป็นลักษณะครึ่งวงกลมมุมรวม โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิด อธิบายถึงความสอดคล้องของกระบวนการแก้ปัญหาและผลลัพธ์

Item 162 T1: นักเรียนต้องการที่จะทำอะไร ? อะไรคือเป้าหมายของนักเรียน ?

Item 163 S2: ต้องการเอามารวมกันเป็นมุมตรง

Item 164 T1: มุมตรงนั้นมันมีลักษณะเป็นอย่างไร ?

Item 165 S2: เป็นแบบนี้ (นักเรียนได้ขีดเส้นตรงขึ้น และชี้ที่มุมตรง)

Item 166 S2: อ้อมันเป็นครึ่งวงกลม ครึ่งวงกลมรวมกันได้ 180 องศา

ภาพ 19 แสดงตัวอย่างการสนทนาของนักเรียนในแลกเปลี่ยนแนวคิด



ภาพ 20 แสดงแนวคิดที่ 2 ในกิจกรรมรวมกันได้ทำไรนะ

แนวคิดที่ 3 นักเรียนสนทนาภายในกลุ่ม แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำมุมมาต่อกัน หรือรวมกัน ซึ่งได้มีการโต้แย้งเกิดขึ้น เนื่องจากลักษณะไม่สอดคล้องกับมุมเส้นตรง หรือครึ่งวงกลม นักเรียนแลกเปลี่ยนแนวคิด นำสู่เป้าหมาย

Item 180 T1: นักเรียนต้องการที่จะทำอะไรคะ?

Item 181 S2: มุมเส้นตรง หรือมุมครึ่งวงกลม

Item 182 S3: อันนี้มันแหลมออกมาจากเส้นตรง (นักเรียนคัดค้านแล้วชี้ที่มุม)

Item 183 S1: อันนี้ไม่เหมือนครึ่งวงกลม (นักเรียนคัดค้านแล้วชี้ที่มุม)

Item 184 T1: ครึ่งวงกลมเป็นแบบไหนคะ?

Item 185 S2: นักเรียนทำทำทาง กางแขนตั้งฉาก และกางออกเป็นครึ่งวงกลม

ภาพ 21 แสดงตัวอย่างการสนทนาของนักเรียนในแลกเปลี่ยนแนวคิด



ภาพ 22 แสดงแนวคิดที่ 3 ในกิจกรรมรวมกันได้ทำไรนะ

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมั่นใจ

1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด

นักเรียนระบุสัญลักษณ์และการเขียนได้อย่างแม่นยำ นักเรียนมีความเข้าใจที่ชัดเจนในนิยามของมุมตรง ซึ่งมุมตรง มีขนาด 180 องศา โดยนักเรียนมีการสนทนาภายในกลุ่มเกี่ยวกับสัญลักษณ์ของมุมฉากและมุมตรง

2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำเหมาะสมกับบริบท

นักเรียนแสดงขนาดของมุมแต่ละมุมได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งหาผลรวมของมุมภายในซึ่งรวมกันได้ 180 องศา

วงจรถูกปฏิบัติที่ 3

ตาราง 23 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดของวงจรถูกปฏิบัติที่ 3

ชั้นวางแผน	ชั้นปฏิบัติการ	ชั้นสังเกตการณ์	ชั้นสะท้อนผล
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 – 9 เรื่อง การสร้างรูปสามเหลี่ยม โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 คือ การสร้างรูปสามเหลี่ยม เมื่อกำหนดความยาวของด้าน 3 ด้าน	ชั้นที่ 1 การนำเสนอ ปัญหาปลายเปิด การสร้างรูปสามเหลี่ยม กิจกรรมที่ 7 - กำหนดความยาวของด้าน 3 ด้าน กิจกรรมที่ 8 - กำหนดความยาวของด้าน 2 ด้าน และขนาดของมุม 1 มุม กิจกรรมที่ 9	- นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมเพื่อปรับประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้ นักเรียนบางคนยังคงพยายามอย่างต่อเนื่อง แต่บางคนยอมแพ้ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อนักเรียนไม่มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดภายในกลุ่ม ไม่พูดคุยสนทนากัน	- ครูควรทบทวนและยกตัวอย่างการใช้เครื่องมือให้เหมาะสม สอดคล้องกับลักษณะของสถานการณ์ปัญหา - ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนมีความกล้าที่จะเผชิญการแก้ปัญหาและมองหาแนวทางที่หลากหลาย เมื่อแนวคิดเดิมไม่ประสบความสำเร็จ - ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนแนวคิดภายในกลุ่ม ไม่

ชั้นวางแผน	ชั้นปฏิบัติการ	ชั้นสังเกตการณ์	ชั้นสะท้อนผล
การสร้างรูปสามเหลี่ยม	ตามลำดับ		พูดคุยสนทนาการถึงการ
เมื่อกำหนดความยาว	ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วย		แก้ปัญหา
ของด้าน 1 ด้าน และ	ตนเองของนักเรียน		
ขนาดของมุม 2 มุม	ขั้นที่ 3 การอภิปราย		
	ร่วมกันทั้งชั้นเรียน		
	ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการ		
	เชื่อมโยงแนวคิดของ		
	นักเรียน		

ตาราง 23 แสดงประเด็นสำคัญที่ต้องปรับปรุงแก้ไข คือ ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนมีความกล้าที่จะเผชิญการแก้ปัญหาและมองหาแนวทางที่หลากหลาย เมื่อแนวคิดเดิมไม่ประสบความสำเร็จ ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนแนวคิดภายในกลุ่ม

ตาราง 24 แสดงผลการสังเกตรายบุคคลของวงจรปฏิบัติการที่ 3

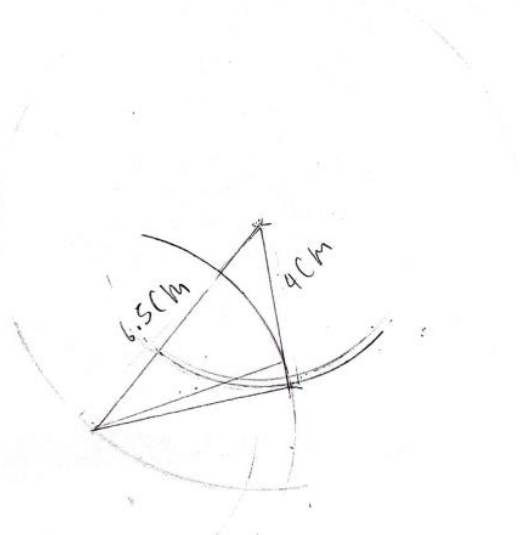
คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการแก้ปัญหา	ระดับคุณลักษณะ			
	เริ่มมี	พัฒนา	ชำนาญ	เชี่ยวชาญ
คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมั่นใจ (ข้อ)				
1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้		1 (33.33%)		2 (66.67%)
2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้			1 (33.33%)	2 (66.67%)
3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการ แก้ปัญหา โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการวางแผนการ คร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือ แสดงท่าทางประกอบ		1 (33.33%)	2 (66.67%)	
4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหา และความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่ คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็น รูปธรรม		1 (33.33%)		2 (66.67%)

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการแก้ปัญหา	ระดับคุณลักษณะ			
	เริ่มมี	พัฒนา	ชำนาญ	เชี่ยวชาญ
5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่น ได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง			1 (33.33%)	2 (66.67%)
6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดย สามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้				3 (100%)
คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ (ข้อ)				
1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจน ในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและ กันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของ สัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด			1 (33.33%)	2 (66.67%)
2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิง ตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท		1 (33.33%)		2 (66.67%)

ตาราง 24 แสดงจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับคุณลักษณะของการสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาพบว่า ระดับคุณลักษณะของคุณลักษณะส่วนใหญ่ ปรากฏขึ้นในระดับเชี่ยวชาญ ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น ระดับคุณลักษณะสูงสุด ปรากฏในระดับเชี่ยวชาญร้อยละ 100 คือ นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้ ด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ระดับคุณลักษณะสูงสุดปรากฏในระดับพัฒนา ร้อยละ 66.67 คือ นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แสดงภาพตัวอย่างผลงานนักเรียน 1 คน ในกิจกรรม “การสร้างรูปสามเหลี่ยม เมื่อกำหนดความยาวของด้าน 3 ด้าน” ซึ่งแสดงให้เห็นถึงระดับของคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น และด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



สถานการณ์ปัญหา สร้าง $\triangle ABC$ ที่มีด้าน AB ยาว 6.5 เซนติเมตร ด้าน BC ยาว 5 เซนติเมตร และด้าน AC ยาว 4 เซนติเมตร
คำสั่ง: ให้นักเรียนสร้างรูปสามเหลี่ยมจากเงื่อนไขที่กำหนดให้



ภาพ 23 แสดงผลงานนักเรียน กิจกรรมการสร้างรูปสามเหลี่ยม
เมื่อกำหนดความยาวของด้าน 3 ด้าน (1)

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมั่นใจ

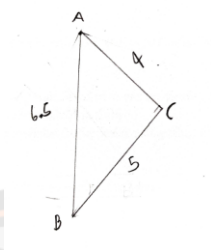
1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้

นักเรียนทำความเข้าใจปัญหาและสามารถที่จะลงข้อสรุปได้ว่าสถานการณ์ปัญหานั้นต้องการที่จะให้นักเรียนสร้างรูปสามเหลี่ยมให้มีความยาวด้านเป็นไปตามที่กำหนด

2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้

นักเรียนวิเคราะห์ได้ว่า $\triangle ABC$ ประกอบด้วยด้าน AB ยาว 6.5 เซนติเมตร ด้าน BC ยาว 5 เซนติเมตร และด้าน AC ยาว 4 เซนติเมตร ซึ่งสามเหลี่ยมนั้นจะต้องมี 3 ด้าน 3 มุม โดยมีลักษณะเป็นรูปปิด

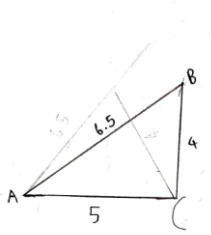
3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนา แลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ



ภาพ 24 แสดงผลงานนักเรียน กิจกรรมการสร้างรูปสามเหลี่ยม
เมื่อกำหนดความยาวของด้าน 3 ด้าน (2)

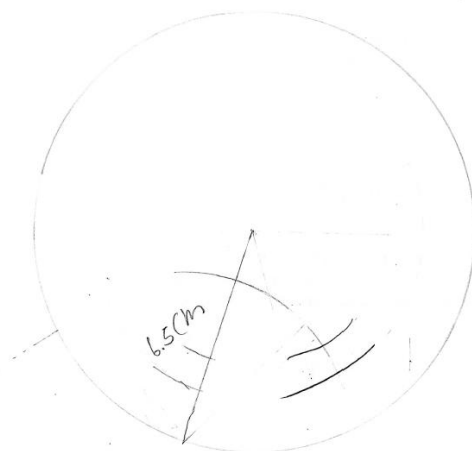
นักเรียนได้ลงมือแก้ปัญหาโดยที่มีการร่างภาพคร่าว ๆ ก่อนที่จะลงมือปฏิบัติ โดยนักเรียนสามารถระบุชื่อของรูปสามเหลี่ยม และความยาวด้านที่สอดคล้องกับเงื่อนไขได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม



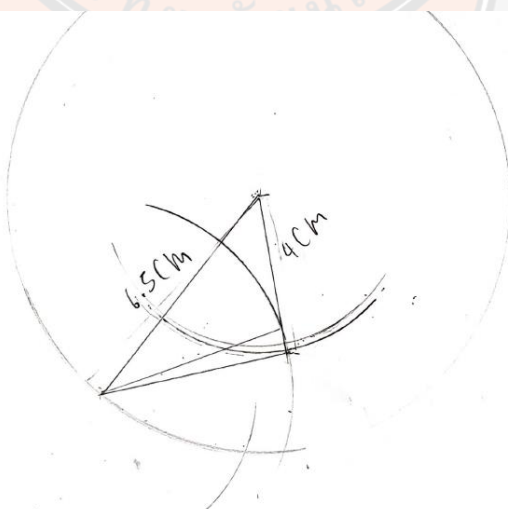
ภาพ 25 แสดงผลงานนักเรียน กิจกรรมการสร้างรูปสามเหลี่ยม
เมื่อกำหนดความยาวของด้าน 3 ด้าน (3)

นักเรียนแสดงให้เห็นถึงความรู้ที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา คือ รูปสามเหลี่ยมนั้นจะต้องมี 3 ด้าน 3 มุม เป็นรูปปิด นักเรียนสร้างรูปสามเหลี่ยมนักเรียนโดยใช้ไม้บรรทัด นักเรียนได้ปรับแก้หลายครั้งและในที่สุดสร้างรูปสามเหลี่ยมที่มีความยาวได้ตามที่ต้องการ



ภาพ 26 แสดงผลงานนักเรียน กิจกรรมการสร้างรูปสามเหลี่ยม
เมื่อกำหนดความยาวของด้าน 3 ด้าน (4)

นักเรียนพยายามปรับประยุกต์แนวคิดในการใช้วงเวียนสำหรับสร้างเส้นตรงที่มีความยาวตามที่กำหนด โดยที่นักเรียนสร้างฐานขึ้นมา และพยายามที่จะนำวงเวียนมาใช้ในการสร้างความยาวใน 2 ด้านที่เหลือ นักเรียนใช้วงเวียนในการสร้างส่วนโค้งได้ แต่นักเรียนยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของการหมุนกับเส้นรอบวงว่าจะมีระยะที่เท่ากันเสมอไม่ว่าจะลากออกไปด้านใดๆ ดังนั้นการเชื่อมโยงแนวคิดจึงยังไม่ประสบความสำเร็จ



ภาพ 27 แสดงผลงานนักเรียน กิจกรรมการสร้างรูปสามเหลี่ยม
เมื่อกำหนดความยาวของด้าน 3 ด้าน (5)

นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของความหมายของรูปสามเหลี่ยมและคุณสมบัติของการใช้เครื่องมือ จึงได้ปรับแนวคิดในการสร้างรูปสามเหลี่ยมและทดลองแก้ปัญหาจนนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ

5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง

Item 352 T1: นักเรียนสร้างรูปสามเหลี่ยมอย่างไร ?

Item 353 S2: ลากเส้นไปที่จุดตัดของวงเวียน

Item 354 T1: ตรวจสอบแล้วเป็นอย่างไรบ้าง ?

Item 355 S2: ความยาวด้านไม่ใช่ 4 เซนติเมตร

(นักเรียนชี้ตำแหน่งที่วัดระยะได้ 4 เซนติเมตร)

Item 356 T1: แล้วเป็นเพราะอะไรคะ ระยะทาง 4 เซนติเมตรเท่ากัน

จึงไม่ใช่ตำแหน่งเดียวกัน ?

Item 357 S2: ระยะทางวงเวียนคาดเคลื่อนค่ะ

ภาพ 28 แสดงตัวอย่างการสนทนาของนักเรียนในการตรวจสอบคำตอบของปัญหา

นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการตรวจสอบความถูกต้องโดยการใช้ไม้บรรทัดวัดความยาว ซึ่งนักเรียนพบว่าเมื่อขีดแย้งจึงดำเนินการปรับปรุงแก้ไข โดยสร้างรูปสามเหลี่ยมที่ถูกต้องขึ้น แต่ยังไม่สามารถหาสาเหตุของความผิดพลาดได้ ครูจึงใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตจากภาพ นักเรียนจึงได้ทบทวนและแก้ไขให้ถูกต้อง

6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้

นักเรียนได้สรุปวิธีการในการสร้างรูปสามเหลี่ยมโดยใช้วงเวียนเมื่อกำหนดความยาวด้าน 3 ด้าน ซึ่งเริ่มต้นจากการเขียนความยาวฐานตามที่ต้องการ คือ 6.5 เซนติเมตร หลังจากนั้น กางวงเวียนตามความยาวที่กำหนดคือ 4 เซนติเมตรและ 5 เซนติเมตร ตามลำดับและใช้ฐานทั้งสองเป็นจุดหมุนในการวงเวียนจะทำให้ได้ความยาวตามที่กำหนด และนักเรียนได้ร่วมกันเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของการสร้างรูปสามเหลี่ยมโดยใช้ไม้บรรทัดและวงเวียนว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร

คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด

นักเรียนร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและขั้นตอนในการสร้างและแสดงออกผ่านสัญลักษณ์ ดังนี้ ขั้นที่ 1 เขียน \overline{AB} ยาว 6.5 เซนติเมตร ขั้นที่ 2 กางวงเวียนรัศมี 4 เซนติเมตร แล้วใช้จุด A เป็นจุดศูนย์กลาง เขียนส่วนโค้ง และกางวงเวียนรัศมี 5 เซนติเมตร แล้วใช้จุด B เป็นจุดศูนย์กลาง เขียนส่วนโค้งให้ตัดกับส่วนโค้งแรกที่จุด C ขั้นที่ 3 เขียน \overline{AC} และ \overline{BC} จะได้ $\triangle ABC$ มีความยาวของด้าน 3 ด้านตามต้องการ นักเรียนใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง

2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำเหมาะสมกับบริบท

นักเรียนสร้างรูปสามเหลี่ยม เมื่อกำหนดความยาวของด้าน 3 ด้าน ได้สอดคล้องตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งพิสูจน์โดยไม้บรรทัดวัดความยาว และวงเวียน

วงจรปฏิบัติการที่ 4

ตาราง 25 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดของวงจรปฏิบัติการที่ 4

ขั้นวางแผน	ขั้นปฏิบัติการ	ขั้นสังเกตการณ์	ขั้นสะท้อนผล
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 – 13 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 คือ ความยาวรอบรูปของรูปสามเหลี่ยม	ขั้นที่ 1 การนำเสนอ ปัญหาปลายเปิด	- นักเรียนมีกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นระบบมากขึ้น	- นักเรียนมีการคิดที่เป็นระบบมากขึ้น มีการวางแผนและทำความเข้าใจองค์ประกอบต่าง ๆ
จัดการเรียนรู้ที่ 11 คือ พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม	กิจกรรมที่ 10 - ติดยางกันบาด เพิ่มความปลอดภัย	ขั้น นักเรียนคิด ดีความ ปัญหา วิเคราะห์ องค์ประกอบต่าง ๆ ก่อนลงมือแก้ปัญหา	วางแผนและทำความเข้าใจองค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อนำมาเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา
จัดการเรียนรู้ที่ 12 คือ โจทย์ปัญหาตามลำดับ	กิจกรรมที่ 11 - พื้นที่ของรูป	- นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องโดยการคิดทางตรงและคิดย้อนกลับ	- นักเรียนมีการคิดที่หลากหลาย มองหาแนวทางในการ
12 คือ โจทย์ปัญหาตามลำดับ	กิจกรรมที่ 12 - ฟาร์มวัว	ถูกต้องโดยการคิดทางตรงและคิดย้อนกลับ	หลากหลาย มองหาแนวทางในการ
	กิจกรรมที่ 13 - กิจกรรม ศรีธัญชัย		

ขั้นวางแผน	ขั้นปฏิบัติการ	ขั้นสังเกตการณ์	ขั้นสะท้อนผล
เกี่ยวกับพื้นที่และความยาวรอบรูปของรูปสามเหลี่ยม	ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน	- นักเรียนมีแนวคิดที่หลากหลาย มองหาแนวทางหรือวิธีคิดที่ดีที่สุด	แก้ปัญหาอื่น ๆ และสรุปความคิดรวบยอด
จัดการเรียนรู้ที่ 13 คือ โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่และความยาวรอบรูปของรูปสามเหลี่ยม	ขั้นที่ 3 การอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน	จากวิธีการต่าง ๆ	วิเคราะห์ สังเคราะห์
	ขั้นที่ 4 การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน		แนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดได้

ตาราง 25 แสดงประเด็นสำคัญที่ควรสนับสนุน คือ นักเรียนควรมีการวางแผนและทำความเข้าใจองค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อนำมาเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา นักเรียนควรมีแนวคิดที่หลากหลาย มองหาแนวทางในการแก้ปัญหาอื่น ๆ และสรุปความคิดรวบยอดโดยวิเคราะห์ สังเคราะห์ แนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดได้

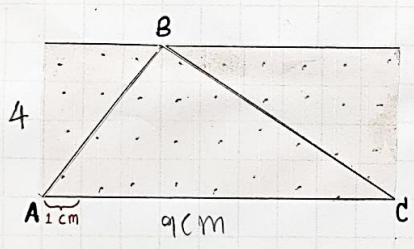
ตาราง 26 แสดงผลการสังเกตรายบุคคลของวงจรปฏิบัติการที่ 4

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา	ระดับคุณลักษณะ			
	เริ่มมี	พัฒนา	ชำนาญ	เชี่ยวชาญ
คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น (ข้อ)				
1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้			1 (33.33%)	2 (66.67%)
2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้			1 (33.33%)	2 (66.67%)
3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ			1 (33.33%)	2 (66.67%)
4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกันผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม				3 (100%)
5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง			1 (33.33%)	2 (66.67%)

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการแก้ปัญหา	ระดับคุณลักษณะ			
	เริ่มมี	พัฒนา	ชำนาญ	เชี่ยวชาญ
6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิด ได้แย้ง หรือสนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้			1 (33.33%)	2 (66.67%)
คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ (ข้อ)				
1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกัน อย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด			1 (33.33%)	2 (66.67%)
2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท				3 (100%)

ตาราง 26 แสดงจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับคุณลักษณะของการสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาพบว่า ระดับคุณลักษณะของคุณลักษณะส่วนใหญ่ ปรากฏขึ้นในระดับเชี่ยวชาญ ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น ระดับคุณลักษณะสูงสุด ปรากฏในระดับเชี่ยวชาญ ร้อยละ 100 คือ นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม ด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ระดับคุณลักษณะสูงสุดปรากฏในระดับเชี่ยวชาญ ร้อยละ 66.67 คือ นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แสดงภาพตัวอย่างผลงานนักเรียน 1 คน ในกิจกรรม “พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม” ซึ่งแสดงให้เห็นถึงระดับของคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น และด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สถานการณ์ปัญหา รูปสามเหลี่ยมรูปหนึ่งมีขนาดดังรูป กำหนดความยาวแต่ละช่องเท่ากับ 1 cm
คำสั่ง: ให้นักเรียนอธิบายวิธีการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม



พื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า = กว้าง \times ยาว
 $= 4 \times 9$
 $= 36 \text{ cm}^2$
 ดังนั้นพื้นที่รูปสามเหลี่ยม $= 36 \div 2 = 18 \text{ cm}^2$
 ตอบ 18 cm^2
 และการจับช่วงรอยได้คำตอบ 36 ส่วน 2 = 18 cm^2

ภาพ 29 แสดงผลงานนักเรียน กิจกรรมพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น

1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้

จากภาพ 29 นักเรียนสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยอธิบายการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมผ่านการสร้างภาพประกอบ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดในการแก้ปัญหา

2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้

จากภาพ 29 นักเรียนวิเคราะห์ได้ถึงสิ่งที่เงื่อนไขสำคัญของการแก้ปัญหา คือ การเริ่มต้นแก้ปัญหาโดยการหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม คือ ความกว้าง \times ความยาว ซึ่งเกิดจากการรวมกันของพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม 2 รูป โดยมีเป้าหมาย คือ การหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม

3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าวๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ

จากภาพ 29 นักเรียนวางแผนแก้ปัญหาโดยใช้ภาพประกอบเพื่อทำความเข้าใจ เริ่มต้นด้วยการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมที่เกิดจากพื้นที่ของสามเหลี่ยมสองรูป จากนั้นแสดงวิธีการหาพื้นที่ของสามเหลี่ยม

4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม

Item 611 S2: ตรงนี้ 1 ช่องคือ 1 ตารางเซนติเมตร เรานับเอาก็ได้
 Item 612 S1: แล้วที่ไม่เต็มละ (นักเรียนชี้ช่องที่มีพื้นที่ครึ่งหนึ่ง)
 Item 613 S2: ไม่เต็มก็นับเป็นครึ่ง ครึ่ง + ครึ่ง ได้ 1 ตารางเซนติเมตร

ภาพ 30 แสดงตัวอย่างการสนทนาของนักเรียน

จากภาพ 30 แสดงให้เห็นว่านักเรียนได้ร่วมพูดคุยกับสนทนาการนับพื้นที่ซึ่งไม่เต็ม 1 ตารางเซนติเมตร โดยเชื่อมโยงความรู้เรื่องเศษส่วนและพื้นที่ได้ ซึ่งวิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหา คือ การนับช่องตารางที่มีขนาดช่องละ 1 ตารางเซนติเมตร เพื่อหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม

5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง

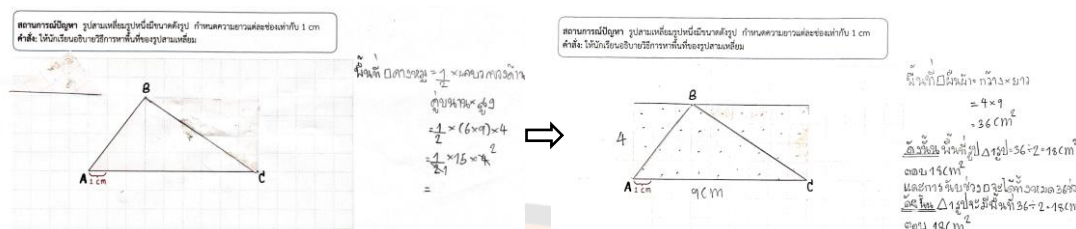
จากภาพ 29 นักเรียนตรวจสอบผลลัพธ์ในการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมโดยใช้สูตรการคำนวณและการนับช่องตารางซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ตรงกัน ดังนั้น พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมต้องเป็นครึ่งหนึ่งของรูปสี่เหลี่ยม นั่นคือ พื้นที่จะมีขนาดเท่ากับ 18 ตารางเซนติเมตรเสมอ

6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้

Item 642 S1: แล้วขึ้นนี้ไม่เอามาต่อหรือ?
 Item 643 S2: ต่อแค่ขึ้นเดียวก็เป็นรูปสี่เหลี่ยมแล้วก็หาพื้นที่ได้เหมือนกัน
 Item 644 S1: 15×2 เท่ากับ 30 แต่ไม่ได้ 36
 (นักเรียนสังเกตการแก้ปัญหา)
 Item 644 S2: อ้อ ใช่ เพราะเอาพื้นที่มาไม่หมด
 (นักเรียนปรับแก้และคำนวณใหม่)

ภาพ 31 แสดงตัวอย่างการสนทนาของนักเรียน

จากภาพ 31 แสดงให้เห็นว่านักเรียนในกลุ่มมีการสนทนาถึงข้อโต้แย้งในการแก้ปัญหา โดยช่วงแรกนักเรียนได้แก้ปัญหาด้วยแนวคิดของตนเองแต่เมื่อพบอุปสรรค จึงพยายามทำความเข้าใจแนวคิดของผู้อื่น โดยการนำข้อโต้แย้งมาปรับใช้ในแก้ปัญหาจนนำไปสู่คำตอบที่ต้องการ



ภาพ 32 แสดงการปรับแนวคิดในการแก้ปัญหา

จากภาพ 32 แสดงให้เห็นว่าการแก้ปัญหของนักเรียนผ่านการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ นักเรียนได้ทดลองเพื่อพิสูจน์ความถูกต้องของแนวคิดในการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม เมื่อแนวคิดเดิมไม่ประสบความสำเร็จ จึงได้นำแนวคิดที่เกิดขึ้นจากข้อโต้แย้งของผู้อื่นมาปรับใช้ในการแก้ปัญหาอย่างถูกต้อง

คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด

Item 665 S1: เราจะหาพื้นที่รูปสามเหลี่ยมอย่างไร?

Item 666 S2: เราสามารถหาพื้นที่ได้ โดยปรับจากรูปสามเหลี่ยมเป็นรูปสี่เหลี่ยม สังเกตได้ว่าพื้นที่ที่มีขนาดเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า เพราะเรานำรูปสามเหลี่ยมอีกรูปตัดแบ่ง แล้วเอาไปต่อกันกับรูปเดิมจึงกลายเป็นรูปสี่เหลี่ยม

Item 667 S1: อ้อ รูปสี่เหลี่ยมรูปนี้จะมีพื้นที่เป็น 2 เท่าของรูปสามเหลี่ยม (นักเรียนชี้ที่รูป)

ภาพ 33 แสดงตัวอย่างการสนทนาของนักเรียน

จากภาพ 33 นักเรียนมีการสื่อสารความเข้าใจที่ชัดเจนในมโนทัศน์รูปสี่เหลี่ยม สามารถระบุชนิดของรูปสี่เหลี่ยมได้อย่างถูกต้อง นักเรียนสื่อสารแนวคิดด้วยคำจำกัดความที่ชัดเจน คือ ความกว้าง ความยาว นักเรียนอธิบายเหตุผลและใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง

2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท

จากภาพ 32 นักเรียนแสดงวิธีการหาพื้นที่รูปสามเหลี่ยมได้อย่างถูกต้อง เขียนอธิบายวิธีคิดได้อย่างชัดเจน โดยแสดงให้เห็นถึงการหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม จากการการนับช่องตารางและคำนวณจะได้ว่ามีพื้นที่ 36 ตารางเซนติเมตร เมื่อนำมาแบ่งครึ่งแสดงวิธีคิดโดยนำ $36 \div 2$ จะได้ว่ารูปสามเหลี่ยมมีพื้นที่ 18 ตารางเซนติเมตร

ตาราง 27 แสดงจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา													
คุณลักษณะ	ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น									ด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ			
	(ข้อ)	1	2	3	4	5	6	รวม	ร้อยละ	1	2	รวม	ร้อยละ
วงจรมุ่งปฏิบัติที่ 1	ริเริ่ม	0	0	0	0	1	1	2	11.11	0	-	0	0.00
	พัฒนา	1	1	2	3	1	2	10	55.56	3	-	3	100
	ชำนาญ	2	1	1	0	1	0	5	27.78	0	-	0	0.00
	เชี่ยวชาญ	0	1	0	0	0	0	1	5.56	0	-	0	0.00
วงจรมุ่งปฏิบัติที่ 2	ริเริ่ม	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
	พัฒนา	0	0	1	1	1	0	3	16.67	2	1	3	50.00
	ชำนาญ	3	3	2	2	1	3	14	77.78	1	2	3	50.00
	เชี่ยวชาญ	0	0	0	0	1	0	1	5.56	0	0	0	0.00
วงจรมุ่งปฏิบัติที่ 3	ริเริ่ม	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
	พัฒนา	1	0	1	1	0	0	3	16.67	0	1	1	16.67
	ชำนาญ	0	1	2	0	1	0	4	22.22	1	0	1	16.67
	เชี่ยวชาญ	2	2	0	2	2	3	11	61.11	2	2	4	66.67

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา													
คุณลักษณะ	ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น									ด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ			
	(ข้อ)	1	2	3	4	5	6	รวม	ร้อยละ	1	2	รวม	ร้อยละ
วงจรถูกปฏิบัติที่ 4	ริเริ่ม	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
	พัฒนา	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
	ชำนาญ	1	1	1	0	1	1	5	27.78	1	0	1	16.67
	เชี่ยวชาญ	2	2	2	3	2	2	13	72.22	2	3	5	83.33
การทดสอบ	ริเริ่ม	0	0	0	0	-	-	0	0.00	0	0	0	0.00
	พัฒนา	1	0	0	1	-	-	2	16.67	1	0	1	16.67
	ชำนาญ	1	2	2	0	-	-	5	41.67	1	1	2	33.33
	เชี่ยวชาญ	1	1	1	2	-	-	5	41.67	1	2	3	50.00

ตาราง 27 แสดงจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา พบว่าในวงจรถูกปฏิบัติที่ 1 คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น ส่วนใหญ่อยู่ในระดับพัฒนา ร้อยละ 55.56 คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับพัฒนา ร้อยละ 100 วงจรถูกปฏิบัติที่ 2 คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น ส่วนใหญ่อยู่ในระดับชำนาญ ร้อยละ 77.78 คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับพัฒนาและชำนาญ ร้อยละ 50 วงจรถูกปฏิบัติที่ 3 คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ ร้อยละ 61.11 คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ ร้อยละ 66.67 วงจรถูกปฏิบัติที่ 4 คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ ร้อยละ 72.22 คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ ร้อยละ 83.33 นักเรียนมีการพัฒนาคุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น ในระดับเชี่ยวชาญ เพิ่มขึ้นในวงจรถูกปฏิบัติที่ 3, 4 ตามลำดับ นักเรียนมีการพัฒนาคุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ในระดับเชี่ยวชาญ เพิ่มขึ้นในวงจรถูกปฏิบัติที่ 2, 3, 4 ตามลำดับ ผลจากแบบทดสอบคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา แสดงให้เห็นว่าคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น ส่วนใหญ่อยู่

ระดับชำนาญและเชี่ยวชาญ ร้อยละ 41.67 ด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ ร้อยละ 50 แสดงให้เห็นว่า ในวงจรปฏิบัติที่ 4 ร้อยละของนักเรียนมีคุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น และด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ในระดับเชี่ยวชาญสูงกว่าผลจากแบบทดสอบ วงจรปฏิบัติที่ 4 ไม่พบคุณลักษณะในระดับพัฒนา แต่ผลจากแบบทดสอบ พบคุณลักษณะในระดับพัฒนา และพบว่าคุณลักษณะในระดับชำนาญปรากฏขึ้นทั้งในวงจรปฏิบัติที่ 4 และผลจากแบบทดสอบ

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างผลการทดสอบคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยให้นักเรียนแทนรหัสด้วย S1, S2, S3 โดยแสดงตัวอย่างผลจากแบบทดสอบคุณลักษณะอย่างละ 1 ข้อ ในด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่นและด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ดังนี้

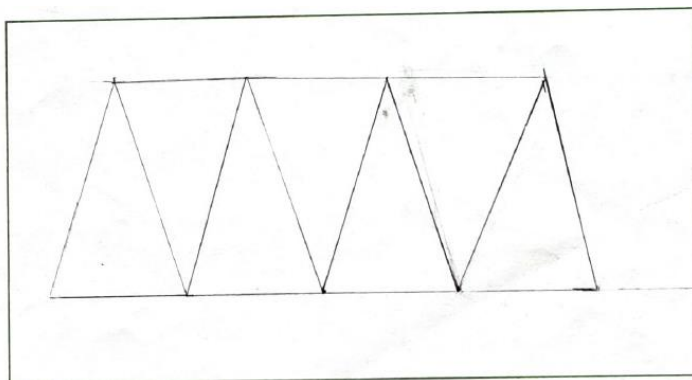
1. ผลการทดสอบคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น

ผู้วิจัยวัดและประเมินการทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ ซึ่งคุณลักษณะที่ประเมินผ่านแบบทดสอบคือ การร่างแผนการคร่าว ๆ การตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

11. บีมต้องการทำธงรวางานวัด ซึ่งแต่ละสายต้องประกอบ ธงรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว ฐานยาว 15 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ถ้ากระดาษแผ่นใหญ่ รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความยาว 1.2 เมตร กว้าง 1 เมตร จะตัดธงได้ทั้งหมดกี่ผืน

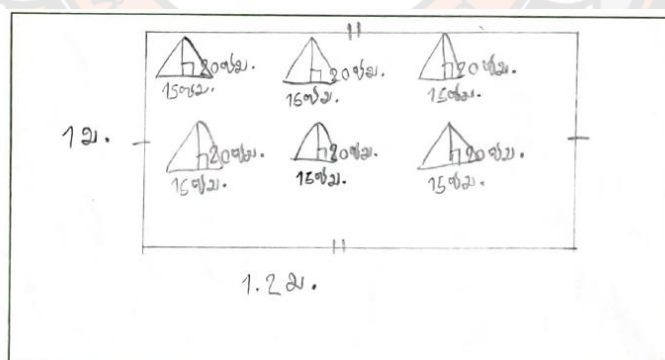
คำสั่ง : ให้นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด เป้าหมายของปัญหา
ให้นักเรียนร่างภาพประกอบการแก้ปัญหา
ให้นักเรียนแสดงวิธีคิดอย่างละเอียดและหาคำตอบ

ภาพ 34 แสดงสถานการณ์ปัญหาการร่างแผนการคร่าว ๆ
หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ



ภาพ 35 แสดงการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบของนักเรียน (S1)

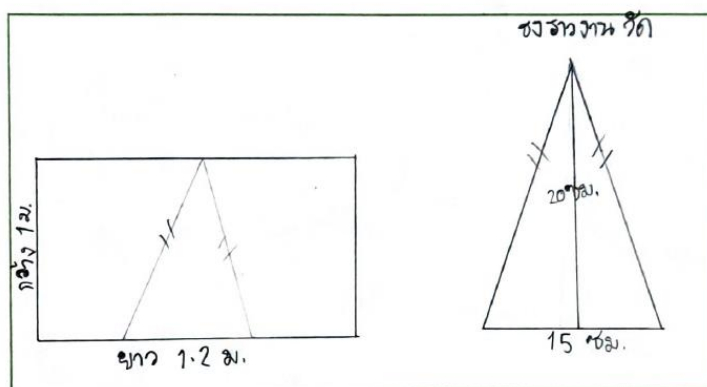
นักเรียน (S1) ร่างภาพโดยแสดงให้เห็นถึงการตัดตรงรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว โดยเรียงชิดติดกัน ซึ่งมีความสอดคล้องกับสถานการณ์จริงในการตัดตรงรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่มีความคุ้มค่าต่อการใช้พื้นที่ แต่ในการร่างภาพของนักเรียนนั้นไม่ได้มีการระบุถึงความกว้าง ความยาว ความสูงหรืออัตราส่วนต่าง ๆ ที่ชัดเจน การร่างภาพยังไม่ได้เกิดการเชื่อมโยงให้เห็นถึงการตัดตรงรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วจากกระดาษแผ่นใหญ่ที่มีความยาว 1.2 เมตร และความกว้าง 1 เมตร นักเรียนแสดงให้เห็นอย่างคร่าว ๆ ถึงรูปแบบและวิธีการในการตัดตรงรูปสามเหลี่ยม ดังนั้นนักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับชำนาญ



ภาพ 36 แสดงการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบของนักเรียน (S2)

นักเรียน (S2) ร่างภาพโดยแสดงให้เห็นถึงการสร้างตรงรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่ปรากฏขึ้นภายในรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ารูปใหญ่ โดยนักเรียนได้ระบุถึงความกว้างและความยาวของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งมีความกว้าง 1 เมตร ความยาว 1.2 เมตร และระบุสัญลักษณ์ของความเท่ากันของด้านไปอย่างชัดเจน นักเรียนร่างภาพนั้นแสดงให้เห็นถึงการตัดตรงรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่มีความยาวฐาน

15 เซนติเมตร และความสูง 20 เซนติเมตร ซึ่งสามารถตัดได้หลายชิ้นจากกระดาษรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ารูปใหญ่ ดังนั้นนักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับเชี่ยวชาญ



ภาพ 37 แสดงการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบของนักเรียน (S3)

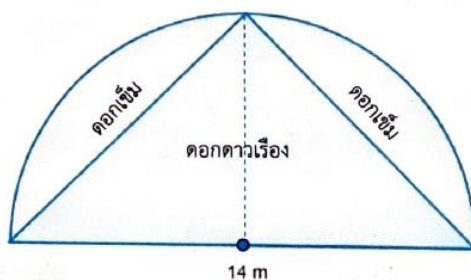
นักเรียน (S3) การร่างภาพของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงการตัดตรงรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วออกจากกระดาษแผ่นใหญ่ที่มีความกว้าง 1 เมตรและความยาว 1.2 เมตร นักเรียนสามารถระบุสัญลักษณ์ของความเท่ากันของความยาวด้านของรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วได้ ในการสร้างรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วนั้น การกำหนดอัตราส่วนของภาพของนักเรียนยังไม่มี ความเหมาะสม เนื่องจากรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่นักเรียนทราบมีความสูง 20 เซนติเมตร แต่เมื่อนำไปเทียบกับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ารูปใหญ่ที่มีความกว้าง 1 เมตร มีความยาวที่เท่ากันซึ่งยังไม่มี ความสอดคล้อง ดังนั้นนักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับชำนาญ

2. ผลการทดสอบคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

ผู้วิจัยวัดและประเมินการสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด ซึ่งคุณลักษณะที่ประเมินผ่านแบบทดสอบ คือ ด้านการคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำเหมาะสมกับบริบท ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4. คนจัดสวนต้องการปลูกดอกเข็มและดอกดาวเรืองดังรูป บริเวณที่ปลูกดอกเข็มมีพื้นที่เท่าไร

$$\left(\text{กำหนด } = \frac{22}{7}\right)$$



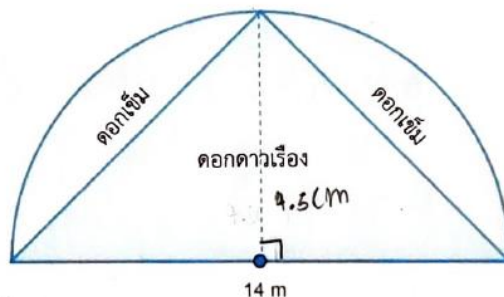
$$\begin{aligned} \text{พื้นที่วงกลม} &= \pi r^2 \\ &= \pi \times r \times r \\ &= \frac{22}{7} \times 7 \times 7 \\ &= 154 \text{ ตร.ม.} \\ \text{พื้นที่รูป } \Delta &= \frac{1}{2} \times \text{ความยาวฐาน} \times \text{ความสูง} \\ &= \frac{1}{2} \times 14 \times 7 \\ &= 49 \text{ ตร.ม.} \\ \text{ดังนั้น บริเวณที่ปลูกดอกเข็มมีพื้นที่ } &154 - 49 = 105 \text{ ตร.ม.} \\ \text{ตอบ } &105 \text{ ตร.ม.} \end{aligned}$$

ภาพ 38 แสดงผลการคำนวณ การแสดงคำตอบเชิงตัวเลข ของนักเรียน (S1)

นักเรียน (S1) คำนวณหาพื้นที่วงกลมได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ โดยนักเรียน สามารถระบุได้ถึงรายละเอียดของการคำนวณ แสดงร่องรอยหลักฐานได้อย่างชัดเจน ในการแก้ปัญหา นักเรียนยังไม่มี ความแม่นยำในการพิจารณาบริบท เนื่องจากพื้นที่มีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม แต่เมื่อพิจารณา การแสดงผลของการคำนวณ นักเรียนสามารถคำนวณได้ถูกต้อง ดังนั้นนักเรียนจึงมีความสามารถอยู่ในระดับเชี่ยวชาญ

4. คนจัดสวนห้อมต้องการปลูกดอกเข็มและดอกดาวเรืองดังรูป บริเวณที่ปลูกดอกเข็มมีพื้นที่เท่าไร

$$\left(\text{กำหนด } = \frac{22}{7}\right)$$



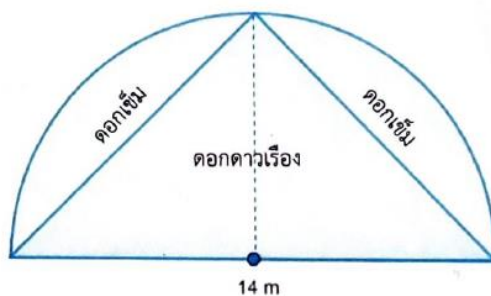
วิธีทำ พื้นที่ที่ใช้ปลูกดอกเข็มและดอกดาวเรืองมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม
 ที่มีความยาว 14 = 7 cm
 พื้นที่วงกลม = πr^2
 $\frac{22}{7} \times 7 \times 7$
 $= 154 \text{ cm}^2$
 ดังนั้นพื้นที่ที่ใช้ปลูกดอกเข็มและดอกดาวเรืองมีพื้นที่ $154 = 77 \text{ cm}^2$
 พื้นที่ที่ใช้ปลูกดอกดาวเรืองมีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีความยาว
 14 cm และมีความสูง 4.5 cm ดังนั้นพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม
 พื้นที่รูป A = $\frac{1}{2} \times \text{ความยาว} \times \text{ความสูง}$
 $= \frac{1}{2} \times 14 \times 4.5$
 $= 31.5 \text{ cm}^2$
 ดังนั้นพื้นที่ที่ใช้ปลูกดอกเข็มมีพื้นที่ $77 - 31.5 = 45.5 \text{ cm}^2$
 ตอบ 45.5 cm²

ภาพ 39 แสดงผลการคำนวณ การแสดงคำตอบเชิงตัวเลข ของนักเรียน (S2)

นักเรียน (S2) แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์ ได้อย่างถูกต้อง โดยอธิบายให้เห็นถึงรายละเอียดต่าง ๆ แสดงร่องรอยหลักฐานของการคำนวณได้อย่างชัดเจน การแก้ปัญหาค้างนี้ นักเรียนยังมีความบกพร่องในเรื่องหน่วยของการวัด เนื่องจากนักเรียนใช้หน่วยเป็นเซนติเมตร แต่เนื่องจากการวัดผลเป็นการวัดความแม่นยำในการคำนวณ การแสดงคำตอบเชิงตัวเลข ซึ่งนักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เมื่อพิจารณาแบบทดสอบ ดังนั้นนักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับเชี่ยวชาญ

4. คนจัดสวนหย่อมต้องการปลูกดอกเข็มและดอกดาวเรืองดังรูป บริเวณที่ปลูกดอกเข็มมีพื้นที่เท่าไร

(กำหนด $\pi = \frac{22}{7}$)



วิธีทำ พื้นที่รูปวงกลม = πr^2
 $= \frac{22}{7} \times 7 \times 7$
 $= 154 \text{ ตร.ม.}$
 ดังนั้น พื้นที่รูปวงกลม $154 \div 2 = 77 \text{ ตร.ม.}$
 พื้นที่รูปสามเหลี่ยม = $\frac{1}{2} \times \text{ความยาวฐาน} \times \text{ความสูง}$
 $= \frac{1}{2} \times 14 \times 7$
 $= 49 \text{ ตร.ม.}$
 ดังนั้น พื้นที่รูปสามเหลี่ยม $49 \times 2 = 98 \text{ ตร.ม.}$
 จะได้ว่า คนจัดสวนหย่อมมีบริเวณที่ปลูกดอกเข็ม $98 - 77 = 21 \text{ ตร.ม.}$
 ตอบ ๒๑ ตารางเมตร

ภาพ 40 แสดงผลการคำนวณ การแสดงคำตอบเชิงตัวเลข ของนักเรียน (S3)

นักเรียน (S3) นักเรียนสามารถแสดงการคำนวณพื้นที่ของครึ่งวงกลมได้อย่างถูกต้อง โดยมีการระบุวิธีคำนวณและร่องรอยหลักฐานที่ชัดเจน สมบูรณ์ แต่นักเรียนมีข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม นักเรียนพิจารณาการคำนวณพื้นที่สามเหลี่ยมโดยแบ่งเป็นรูปสามเหลี่ยม 2 รูป ซึ่งจากร่องรอยหลักฐานแสดงให้นักเรียนถึงข้อผิดพลาดในการระบุความยาวฐานคือ 14 เมตร ผลของการคำนวณจึงมีข้อผิดพลาด ส่งผลให้การดำเนินการแก้ปัญหาในการแสดงคำตอบเชิงตัวเลขที่ไม่สอดคล้องบริบท ดังนั้นนักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับชำนาญ

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ซึ่งการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ มีจุดมุ่งหมายของการวิจัยเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 3 คน เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง รูปสามเหลี่ยมตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จำนวน 13 ชั่วโมง โดยเนื้อหาประกอบด้วย 1) ชนิดและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม 2) ส่วนต่าง ๆ ของรูปสามเหลี่ยม 3) การสร้างรูปสามเหลี่ยม 4) ความยาวรอบรูปของรูปสามเหลี่ยม 5) พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม 6) โจทย์ปัญหา รูปแบบของการวิจัยเป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ ทั้งหมด 4 วงจร ตามแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้ วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 – 3 เรื่อง ชนิดและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 – 6 เรื่อง ส่วนต่าง ๆ ของรูปสามเหลี่ยม วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 – 9 เรื่อง การสร้างรูปสามเหลี่ยม วงจรที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 – 13 เรื่อง ความยาวรอบรูปสามเหลี่ยม พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม โจทย์ปัญหาความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม เครื่องมือที่ใช้วิจัยได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด 2) แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3) แบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา 4) แบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยมีผลการวิจัยดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผลการวิจัย
3. ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยจากแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา
คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น พบว่า

1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมาย
ของปัญหาด้วยตัวเอง ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 66.67 มีความสามารถอยู่ใน
ระดับชำนาญ เมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ครบทั้ง 4 วงจรปฏิบัติ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่
ร้อยละ 66.67 มีความสามารถอยู่ในระดับเชี่ยวชาญ

2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้ ในวงจร
ปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับพัฒนา ชำนาญ เชี่ยวชาญ เท่ากันเฉลี่ยร้อยละ
33.33 เมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ครบทั้ง 4 วงจรปฏิบัติ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ
66.67 มีความสามารถอยู่ในระดับเชี่ยวชาญ

3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนา
แลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้ง
สมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่
ร้อยละ 66.67 มีความสามารถอยู่ในระดับพัฒนา เมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ครบทั้ง
4 วงจรปฏิบัติ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 66.67 มีความสามารถอยู่ในระดับเชี่ยวชาญ

4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาใน
คณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม ในวงจรปฏิบัติการที่
1 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 100 มีความสามารถอยู่ในระดับพัฒนา เมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบ
เปิด ครบทั้ง 4 วงจรปฏิบัติ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 100 มีความสามารถอยู่ในระดับ
เชี่ยวชาญ

5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความ
รอบคอบ ระมัดระวัง ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับริเริ่ม พัฒนา ชำนาญ
เท่ากันเฉลี่ยร้อยละ 33.33 เมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ครบทั้ง 4 วงจรปฏิบัติ พบว่า
นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 66.67 มีความสามารถอยู่ในระดับเชี่ยวชาญ

6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยน
แนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ
66.67 มีความสามารถอยู่ในระดับพัฒนา เมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ครบทั้ง 4 วงจรปฏิบัติ
พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 66.67 มีความสามารถอยู่ในระดับเชี่ยวชาญ

สรุปได้ว่าวงจรถอบปฏิบัติที่ 1 คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น ส่วนใหญ่อยู่ในระดับพัฒนา ร้อยละ 55.56 วงจรถอบปฏิบัติที่ 4 คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ ร้อยละ 72.22

คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด ในวงจรถอบปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 100 มีความสามารถอยู่ในระดับพัฒนา เมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ครบทั้ง 4 วงจรถอบปฏิบัติ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 66.67 มีความสามารถอยู่ในระดับเชี่ยวชาญ

2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำเหมาะสมกับบริบท ในวงจรถอบปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 66.67 มีความสามารถอยู่ในระดับชำนาญ เมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ครบทั้ง 4 วงจรถอบปฏิบัติ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 100 มีความสามารถอยู่ในระดับเชี่ยวชาญ

สรุปได้ว่าวงจรถอบปฏิบัติที่ 1 คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับพัฒนา ร้อยละ 100 วงจรถอบปฏิบัติที่ 4 คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ ร้อยละ 83.33

ผลการวิจัยจากแบบทดสอบคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น พบว่า

1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเอง พบว่านักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับพัฒนา ชำนาญ เชี่ยวชาญ เท่ากัน เฉลี่ยร้อยละ 33.33

2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 66.67 มีความสามารถอยู่ในระดับชำนาญ

3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 66.67 มีความสามารถอยู่ในระดับชำนาญ

4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 66.67 มีความสามารถอยู่ในระดับเชี่ยวชาญ

คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ พบว่า

1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ พบว่า นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับพัฒนา ชำนาญ เชี่ยวชาญ เท่ากันเฉลี่ยร้อยละ 33.33

2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำเหมาะสมกับบริบท พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 50 มีความสามารถอยู่ในระดับเชี่ยวชาญ

สรุปได้ว่าผลจากแบบทดสอบคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา แสดงให้เห็นว่าคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ด้านการทำความเข้าใจปัญหา และมีความมานะบากบั่น ส่วนใหญ่อยู่ระดับชำนาญและเชี่ยวชาญ ร้อยละ 41.67 ด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ ร้อยละ 50

การวิเคราะห์ข้อมูลในการสังเกตการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 4 และ ผลของแบบทดสอบคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา พบว่า ในวงจรปฏิบัติที่ 4 ร้อยละของนักเรียนมีคุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น และด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ในระดับเชี่ยวชาญสูงกว่าผลจากแบบทดสอบ วงจรปฏิบัติที่ 4 ไม่พบคุณลักษณะในระดับพัฒนา แต่ผลจากแบบทดสอบ พบคุณลักษณะในระดับพัฒนา และพบว่าคุณลักษณะในระดับชำนาญปรากฏขึ้นทั้งในวงจรปฏิบัติที่ 4 และผลจากแบบทดสอบ

อภิปรายผล

การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น

1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการอธิบายความเข้าใจเกี่ยวกระบวนการหรือขั้นตอนในแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้เพื่อไปสู่เป้าหมายได้ เนื่องจากขั้นตอนการนำเสนอปัญหาปลายเปิด ครูให้นักเรียนอภิปรายแลกเปลี่ยนความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการหรือกระบวนการแก้ปัญหาที่จะนำไปสู่เป้าหมายของสถานการณ์ปัญหา วิเคราะห์ปัญหาอย่างรอบด้าน ในมุมมองหรือในมิติต่าง ๆ ด้วยความมานะพยายาม ครูกระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามปลายเปิด เช่น “นักเรียนค้นพบวิธีการ ความสัมพันธ์ คุณสมบัติ องค์ประกอบ หรือแนวทางในแก้ปัญหาอะไรบ้าง” สอดคล้องกับปาริฉัตร ทับทิมหิน และน้ำทิพย์ งามอรรถวิชัย (2566) กล่าวว่า การทำความเข้าใจปัญหามีความสำคัญมาก เนื่องจากต้องคิดวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาอย่างรอบด้านเพื่อทำความเข้าใจ

ปัญหา ก่อนที่จะวางแผนและลงมือแก้ปัญหาด้วย ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์หรือ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ครูได้ยกตัวอย่างทั่วไป ประกอบเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2565) กล่าวว่า การยกตัวอย่างควรเป็นตัวอย่างที่ไม่จำกัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับปัญหา

2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา เงื่อนไข ข้อจำกัด และเป้าหมายได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากชั้นการนำเสนอปัญหาปลายเปิด ครูให้นักเรียนร่วมกันอ่าน อย่างละเอียด โดยพยายามสืบเสาะและวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา เงื่อนไข ข้อจำกัด และ เป้าหมาย โดยตั้งคำถามกับนักเรียนว่า “การแก้ปัญหานี้ นักเรียนต้องรู้อะไร” และชั้นการเรียนรู้ด้วย ตนเองของนักเรียน ครูให้นักเรียนได้เป็นผู้คิด ผู้ค้นพบด้วยตนเอง โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความ คิดเห็นร่วมกัน สอดคล้องกับวีริยุท ด้วงโย (2566) กล่าวว่า การได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างกระตือรือร้น (Active) โดยมีการอธิบายวิเคราะห์ปัญหาร่วมกัน จะทำให้สามารถแก้ปัญหา ร่วมกันได้ และสะท้อนความคิดร่วมกันจะนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ได้

3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนา แลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้ง สมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ นักเรียน แสดงให้เห็นถึงการคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหาอธิบายถึงกระบวนการตั้งแต่เริ่มจนจบ กระบวนการได้อย่างถูกต้อง โดยสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม หรือตั้งสมมุติฐาน แสดงออกผ่านการสนทนา ตัวอย่างแนวคิด ภาพร่างหรือภาพประกอบ นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการ เชื่อมโยงองค์ความรู้ต่าง ๆ เพื่อเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา นำมากำหนดกรอบแนวคิดหรือทางใน การแก้ปัญหาได้ เนื่องจากการนำเสนอปัญหาปลายเปิด ครูให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา คณิตศาสตร์ แปลความหมายของปัญหาเป็นภาษาที่ให้ง่ายขึ้น ครูให้นักเรียนร่างภาพที่เป็นรูปธรรม หรือแนวทางในการแก้ปัญหอย่างคร่าว ๆ ชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ครูให้นักเรียนทำ ความเข้าใจแนวคิดของผู้อื่น และสนทนาร่วมกันเกี่ยวกับวิธีการที่จะนำไปสู่จุดมุ่งหมาย ครูให้นักเรียน อธิบายขั้นตอนต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหาตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงปัจจุบัน และให้นักเรียนอธิบายขั้นตอน ถัดไปเพื่อไปสู่เป้าหมาย สอดคล้องกับสิรินทิพย์ ญาณะพันธ์ และสิรินภา กิจเกื้อกูล (2564) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา มีแนวทางการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การทำความเข้าใจปัญหา 2) การทำปัญหา ให้ง่ายขึ้น 3) การคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ 4) การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ 5) การแปลความหมาย และการตรวจสอบความเหมาะสม 6) การนำเสนอ ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริม ความสามารถในการแก้ปัญหาได้

4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ นักเรียนแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการปรับประยุกต์การแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมจากแนวทางหรือวิธีการที่ได้เรียนรู้ เนื่องจากขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ครูให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิม ทบทวนและยกตัวอย่างการใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสม นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงแนวคิดต่าง ๆ จากการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน สรุปเป็นองค์ความรู้ได้ถูกต้อง เนื่องจากขั้นการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียนและขั้นการสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน ครูให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาประเด็นสำคัญ โดยสังเกตความเหมือน ความแตกต่างของแนวคิด มีเป้าหมายคือการสรุปและเชื่อมโยงความรู้ในการแก้ปัญหา สอดคล้องกับลักษณะ คณาศรี และสัมพันธ์ ถิ่นเวียงทอง (2563) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด นักเรียนสามารถระลึกถึงแนวคิดหรือใช้แนวคิดที่เคยใช้ในการแก้ปัญหามาเป็นจุดเริ่มต้นในการวิเคราะห์ปัญหา นักเรียนสามารถหาความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดในคาบเรียนก่อนหน้า แนวคิดที่เกิดขึ้นจากการแก้ปัญหาในคาบเรียนปัจจุบัน และสรุปพร้อมกันถึงวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้

5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ ทฤษฎี มโนทัศน์ และนิยามได้อย่างถูกต้อง สมบูรณ์ เนื่องจากขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ขั้นการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน ขั้นการสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิด ครูได้มีการกำหนดช่วงเวลาเฉพาะ โดย “หยุดคิด” เพื่อให้เวลากับนักเรียนได้มีโอกาสทบทวนและตรวจสอบวิธีการในการแก้ปัญหา ครูให้นักเรียนคิดย้อนกลับระหว่างผลลัพธ์และวิธีการ สะท้อนคิดร่วมกันถึงเหตุผลต่าง ๆ โดยครูให้นักเรียนตั้งคำถามกับตนเองอยู่เสมอว่า “สิ่งนี้สมเหตุสมผลหรือไม่” “มีวิธีการอื่น ๆ ที่นักเรียนสามารถใช้ในการตรวจสอบได้อีกหรือไม่” สอดคล้องกับ Krulik, & Rudnick (1993 อ้างถึงใน นิวัฒน์ สาระพันธ์, 2564, น. 205) กล่าวว่า การคิดทบทวนถึงความถูกต้องเหมาะสม หรือความสมเหตุสมผลในกระบวนการแก้ปัญหา เป็นการคิดอย่างมีวิจารณญาณหรือการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ (Critical thinking) ซึ่งเป็นการคิดโดยใช้เหตุและผล รวมทั้งเป็นการเชื่อมโยงวิเคราะห์ เพื่อหาคำตอบที่สมเหตุสมผล

6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการคัดค้าน โต้แย้ง และการสนับสนุนแนวคิดที่ถูกต้อง นักเรียนมีการตั้งคำถามที่แสดงถึงความเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น เช่น “ทำไม” “รู้ได้อย่างไร” “มันมาจากไหน” นอกจากนี้ นักเรียนแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยการสรุปและอธิบายสิ่งนั้นด้วยตนเองได้ เนื่องจากขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ครูให้นักเรียนได้เป็นผู้คิด ผู้ลงมือแก้ปัญหา

ด้วยตนเอง นำไปสู่การอภิปรายเปรียบเทียบแนวคิดภายในกลุ่ม สอดคล้องกับมณีรัตน์ หงส์โสภา สมวงษ์ แปลงประสพโชค และพรสิน สุภาวาลย์ (2562) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการสร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน มีการเรียนรู้ที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติจริงจากสื่อการสอนที่เป็นรูปธรรมจากการทำกิจกรรม จะทำให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ และหาข้อสรุปที่เป็นองค์ความรู้ได้ ขั้นการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน ขั้นการสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิด ครูให้นักเรียนเชื่อมโยงระหว่างองค์ความรู้ เหตุผล หรือหลักฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง อภิปรายร่วมกัน พร้อมเปรียบเทียบวิธีการ หรือแนวคิดต่าง ๆ ได้แย้ง และสนับสนุนประเด็นที่สำคัญที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปของวิธีการหรือแนวคิดที่ดีที่สุด สอดคล้องกับธนวิทย์ วรโพธิ์ และนิศากร บุญเสนา (2566) กล่าวว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง ก่อให้เกิดประเด็นการโต้แย้งของนักเรียนทั้งด้านประเด็นและเหตุผลที่หลากหลาย อีกทั้งในขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ได้ให้อิสระนักเรียนในอภิปรายแนวคิดที่เกิดขึ้นเพื่อให้เหตุผลและพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดที่แตกต่างในการแก้ปัญหา ทั้งในรูปแบบที่เป็นทางการและไม่เป็นทางการ ซึ่งประเด็นที่เหมือนกัน อาจเกิดจากเหตุผลที่แตกต่างกัน และการโต้แย้งที่เกิดขึ้นมีส่วนทำให้สมาชิกภายในกลุ่มสลับบทบาทหน้าที่ต่าง ๆ ส่งผลให้ให้พบมุมมองที่หลากหลาย นักเรียนสามารถใช้เหตุผลของตนเองจากการแก้ปัญหาเพื่อพิสูจน์แนวคิดที่แตกต่างกันได้

คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการสื่อสารที่ถูกต้องผ่านร่องรอยหรือหลักฐานที่ชัดเจน นักเรียนอธิบายและสื่อสารแนวคิดโดยอ้างอิงถึงเหตุผล หลักฐาน ทฤษฎี กฎ สูตร บทนิยามที่ถูกต้อง เนื่องจากขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ครูกระตุ้นนักเรียนว่า “นักเรียนจะเขียนอธิบายวิธีการแก้ปัญหาอย่างไรให้ผู้อื่นเข้าใจ” ขั้นการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน ครูกระตุ้นให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันในการอธิบายแนวคิดและคำจำกัดความต่าง ๆ ครูทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุนให้มีความชัดเจน โดยใช้คำถามว่า “สัญลักษณ์หรือเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญในปัญหานี้คืออะไร” “สิ่งที่นักเรียนอธิบายนั้นในภาษาคณิตศาสตร์เรียกว่าอะไร” เพื่อทำให้การสื่อสารของนักเรียนเชื่อมโยงสู่โลกคณิตศาสตร์และมีความสมเหตุสมผล สอดคล้องกับ Chanaram (2018) ที่กล่าวว่า การอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ถึงแนวคิดและวิธีการที่แตกต่าง ทำให้เกิดการเปรียบเทียบแนวคิด และการยอมรับฟังแนวคิดของผู้อื่น ซึ่งจะสามารถเชื่อมโยงให้เห็นถึงเหตุผลที่ดีที่สุดสมเหตุสมผลมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสอดคล้องกับ ปภณ ตั้งประเสริฐ สุวีรัตน์ อารีรักษ์ สกกุลก้องโลก และวินิจ เทือกทอง (2566) กล่าวว่า วิธีการสอนแบบเปิดสามารถพัฒนาใช้ภาษาทั่วไปัจฉนภาษาทาง

คณิตศาสตร์ภาษาสัญลักษณ์การแสดงแทนด้วยภาพและการสร้างข้อตกลงเบื้องต้นเพื่อการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ผ่านการพูดและการเขียน โดยมีพัฒนาการที่ดีขึ้นในแต่ละวงจรได้ เนื่องจากวิธีการสอนแบบเปิดในทุกชั้นตอนนั้น เปิดโอกาสให้นักเรียนสื่อสารด้วยภาษาที่เข้าใจง่าย ผ่านการพูดและเขียน นักเรียนลงมือแก้ปัญหา ได้แลกเปลี่ยนแนวคิดภายใต้กระบวนการกลุ่ม ดังนั้นการสอนด้วยวิธีการแบบเปิดจึงเอื้ออำนวยต่อการพัฒนาความสามารถด้านการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง

2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำเหมาะสมกับบริบท ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเชี่ยวชาญ นักเรียนแสดงให้เห็นถึงคำตอบเชิงตัวเลข ร่องรอยหรือหลักฐานได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน สมบูรณ์ เนื่องจากชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ครูให้นักเรียนสลับบทบาทภายในกลุ่มระหว่างผู้คิดและผู้ตรวจสอบ ชั้นการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน ครูให้นักเรียนร่วมกันทำความเข้าใจและตรวจสอบการคำนวณและคำตอบเชิงตัวเลขต่าง ๆ อย่างรอบคอบ สอดคล้องกับประภัสสร เพชรสุ่ม อภินิหาร สถิติภาคีกุล และกตัญญูตา บางโท (2560) กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มี 5 ขั้นตอน โดยขั้นที่ 5 คือ ขั้นการทบทวนและขยายผล นักเรียนแสดงพฤติกรรมตรวจสอบคำตอบการขยายแนวคิดผ่านกิจกรรมการนำเสนอ การอภิปรายร่วมกับเพื่อนและครู ซึ่งเป็นการฝึกการคิดอย่างรอบคอบ อีกทั้งยังสอดคล้องกับสุวรรณีย์ เปลี่ยนรัมย์ และเกษม เปรมประยูร (2563) กล่าวว่า นักเรียนสามารถยืนยันความถูกต้องของวิธีการและคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ คิดเป็นร้อยละ 83.33 สะท้อนให้เห็นว่าชั้นเรียนที่ใช้วิธีการแบบเปิด มีวิธีการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย นักเรียนสามารถเขียนอธิบายวิธีการได้อย่างสมเหตุสมผล และสามารถตรวจสอบเพื่อยืนยันความถูกต้องคำตอบได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ครูควรตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียนที่ตรงประเด็นกับคุณลักษณะที่ต้องการส่งเสริมให้เกิดขึ้นกับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้แสดงออกถึงคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ในวงจรปฏิบัติการแรกๆ ควรกำหนดระยะเวลาให้เพียงพอสำหรับชั้นการนำเสนอปัญหาปลายเปิดและชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดและแนวทางในการปฏิบัติเพื่อให้เกิดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เมื่อนักเรียนมีการปฏิบัติจนเกิดเป็นจิตนิสัยแล้วจึงบริหารจัดการเวลาให้เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งถัดไป

ควรศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ในกลุ่มการให้เหตุผลและการอธิบายให้ตนเองรวมถึงผู้อื่นเข้าใจ ประกอบด้วย 2 คุณลักษณะ คือ การให้เหตุผลเชิงนามธรรมและเชิงปริมาณ การสร้างข้อความโต้แย้งที่สมเหตุสมผล และวิพากษ์วิจารณ์การให้เหตุผลของผู้อื่น เนื่องจากการแลกเปลี่ยนแนวคิดของนักเรียน การโต้แย้งหรือสนับสนุนแนวคิด เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนที่ใช้วิธีการแบบเปิด ซึ่งการเชื่อมโยงความรู้เดิมเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องนำมาเป็นพื้นฐานหรือเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ การให้เหตุผลจึงมีความสำคัญ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดน่าจะส่งเสริมคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ในกลุ่มการให้เหตุผลและการอธิบายให้ตนเองรวมถึงผู้อื่นเข้าใจได้



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้
คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน
พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- คณะอนุกรรมการปฏิรูปการเรียนรู้. (2543). *ปฏิรูปการเรียนรู้ ผู้เรียนสำคัญที่สุด (พิมพ์ครั้งที่ 3)*.
กรุงเทพฯ: พิมพ์ดี.
- คำราม เดชมา. (2563). *เจตคติของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในชั้นเรียนที่ใช้วิธีการแบบ
เปิด (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท)*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. สืบค้น 25
มีนาคม 2566, จาก <http://kkuir.kku.ac.th/jspui/handle/123456789/1640>
- จุไรรัตน์ วงศ์ไชย. (2565). *ผลการใช้รูปแบบการสอนโดยใช้วิจัยเป็นฐาน (RBL) เพื่อยกระดับจิตนิสัย
ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านเจน (เจนจันทรานุกูล)
(วิทยานิพนธ์ปริญญาโท)*. พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา.
- ชมนาด เชื้อสุวรรณทวิ. (2561). *การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 1)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์
แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2557). *ศิลปะการสอนเพื่อผู้เรียนในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: วีพริ้นท์.
- ทองอ่อน มั่นหมาย, ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, และนฤมล ช่างศรี. (2022). *แง่มุมเชิงอารมณ์ของนิสัยการ
ให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่ใช้การศึกษาชั้นเรียนและ
วิธีการแบบเปิด. วารสาร มจร บาลีศึกษาศาสตร์, 8(1), 271-287.*
- เที่ยง อินทร์ปัญญา. (2554). *การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ระหว่างครูกับนักเรียนในชั้นเรียนที่ใช้วิธีการ
แบบเปิด (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท)*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ธนวิทย์ วรโพธิ์, และนิศากร บุญเสนา. (2566). *การโต้แย้งของนักเรียนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่มีการ
ใช้การศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด. วารสาร มจร พุทธปัญญาปริทรรศน์, 8(4), 218-
228.*
- นฤมล อินทร์ประสิทธิ์. (2552) การศึกษาชั้นเรียน (Lesson Study): นวัตกรรมเพื่อพัฒนาครูและ
นักเรียน. มหาวิทยาลัยขอนแก่น/ขอนแก่น. DOI: [https://doi.nrct.go.th/ListDoi/
listDetail?Resolve_Doi=10.14457/KKU.the.2009.253](https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?Resolve_Doi=10.14457/KKU.the.2009.253)
- นิวัฒน์ สาระพันธ์. (2564). *สอนอย่างไรให้นักเรียนเกิดทักษะและกระบวนการทาง
คณิตศาสตร์. Journal of Roi Kaensam Academi, 6(4), 202-218.*

- ประภัสสร เพชรสุ่ม, อภินันท์พร สถิตภาคี กุล, และกตัญญูตา บางโท. (2560). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *Ratchaphruek Journal*, 15(1), 80-87.
- ประภัสสร เพชรสุ่ม, อภินันท์พร สถิตภาคีกุล, และกตัญญูตา บางโท. (2560). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *Ratchaphruek Journal*, 15(1), 80-87.
- ปาริฉัตร ทับทิมหิน, และน้ำทิพย์ ่องอาจวานิชย์. (2566). การพัฒนาตัวชี้วัดจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสาร มจร อุบลปริทรรศน์*, 8(3), 1563-1576.
- เปรมจิตต์ ขจรภัย ลาร์เซ่น. (2561). ส่งเสริมการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนตามแนวของบอยเลอร์. *Valaya Alongkorn Review*, 8(2), 157-172.
- พงศธร มหาวิจิตร, และสุนทรีย์ ปาลวัฒน์ชัย. (2561). การพัฒนาชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหามีจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา. *วารสารปัญญาภิวัฒน์*, 10(1), 209-21.
- พงศธร มหาวิจิตร. (2559). จิตพิสัยทางคณิตศาสตร์. *นิตยสาร สสวท*, 44(201), 20-23.
- พบพร จิตรรักษา. (2554). *การสร้างแบบวัดอุปนิสัยแห่งความสำเร็จสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. สืบค้น 25 มีนาคม 2566, จาก <https://ir.swu.ac.th/jspui/handle/123456789/99732>
- มณีนรัตน์ หงษ์โสภณา, สมวงษ์ แผลงประสพโชค, และพรสิน สุภวาลัย. (2562). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัสที่เน้นการให้เหตุผลแบบอุปนัย และนิรนัยสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนปราโมชวิทยารามอินทรา. *วารสารวิจัยรำไพพรรณี*, 13(2), 171-180.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2549). *การปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาด้วยยุทธวิธีปัญหาปลายเปิด* (รายงานผลการวิจัย). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. DOI: 10.14457/KKU.res.2006.11
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2559). การวิจัยและการพัฒนาการสอนคณิตศาสตร์แนวใหม่. *KKU: Research*, 2. 2-9.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2565). *กระบวนการแก้ปัญหาในคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ไอ-ปริ้นท์ ดีไซน์.
- ยุพาพัทธ์ สะเดา. (2555). พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การสอนภาษาไทยด้วยกระบวนการ Lesson Study พรรณานำพา OPEN Approach. *วารสารวิชาการ*, 15(3), 25-35.

- รณชัย ปานะโปย. (2559). คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์. *นิตยสาร สสวท*, 44(199), 19–24.
- รัตน์ะ บัวสนธ์. (2556). *วิจัยเชิงคุณภาพทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ลักขณา คณาศรี, และสัมพันธ์ ถิ่นเวียงทอง. (2563). การเชื่อมโยงโดยใช้วิธีการของนักเรียนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีการแบบเปิด. *วารสาร มจร พุทธปัญญาปริทรรศน์*, 7(2), 69-80.
- วณิชชากร ลักษณะ. (2565). *การส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด ร่วมกับเทคนิคคิด พูด เขียน เรื่อง ร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5* (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วรวิฑูมิ เป็งธินา, และวณินทร สุภาพ. (2563). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว (The Effects of Open Approach Learning Activities on Mathematical Habits of Mind in the Topic of Application of Linear Equation with one Variable for Students in Grade 8). *Silpakorn Educational Research Journal*, 12(1), 218–31.
- วรวิฑูมิ เป็งธินา. (2562). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เพื่อพัฒนาจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วาสนา จันเสริม, และญาณภัทร สีหะมงคล. (2562). การพัฒนาตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *Journal of Educational Measurement Mahasarakham University*, 25(2), 193-210.
- วาสุกรี ใจจันทร์. (2555). *การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนภายใต้บริบทของการศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วิจารณ์ พานิช. (2557). *Open Approach-วิธีประยุกต์การจัดการเรียนรู้แบบ Active Learningสู่การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. สืบค้น 15 กันยายน 2566, จาก https://www.gotoknow.org/posts/568714#google_vignette
- วีรยุทธ ด้วงโย. (2566). ผลการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาโดยใช้การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(1), 119-135.

- ศาสตรา หล้าอ่อน. (2555). *แนวทางการสอนด้วยวิธีการแบบเปิดของนักศึกษาปฏิบัติการสอนในสถานศึกษา* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. สืบค้น 25 มีนาคม 2566, จาก <http://kkuir.kku.ac.th/jspui/handle/123456789/2178>
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2567). *O-NET (ค่าสถิติพื้นฐานทั่วประเทศ) สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ* (องค์การมหาชน). สืบค้น 31 มีนาคม 2567, จาก <https://www.niets.or.th/th/catalog/view/2989>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *PISA 2021 กับการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์*. สืบค้น 31 มีนาคม 2567, จาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/infographics-issue-2020-53/>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2566). *ผลการประเมิน PISA*. สืบค้น 31 มีนาคม 2567, จาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa-results/>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สัมพันธ์ ถิ่นเวียงทอง, ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, และสุดิดา ลอยฟ้า. (2561). ความสามารถในการใช้การสื่อสารกลุ่มย่อยทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนในชั้นเรียนที่ใช้การศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ*, 18(1), 97–107.
- สำรวย หาญห้าว. (2560). ปัจจัยที่มีผลต่อเจตคติและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง. *วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ ศรีนครินทรวิโรฒ*, 18(1), 142–158.
- สิรินทิพย์ ญาณะพันธ์, และสิรินภา กิจเกื้อกูล. (2564). การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง ปริมาตรและความจุของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก สำหรับนักเรียนชนเผ่าลาหู่ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*, 16(2), 221–230.
- สุดาทิพย์ หาญเชิงชัย, และประภัสสร สุขพาส. (2566). การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในชั้นเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบผสมผสานด้วยวิธีการแบบเปิด. *Narkbhutparitat Journal Nakhon Si Thammarat Rajabhat University*, 15(2), 95–105.
- สุดิดา ลอยฟ้า, และไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2547). การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดในชั้นเรียนญี่ปุ่น. *KKU Journal of Mathematics Education*, 1(1), 1–15.

- สุวรรณณี เปลี่ยนรัมย์, และเกษม เปรมประยูร. (2563). ความคล่องแคล่วเชิงกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีการแบบเปิด. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 31(1), 85-98.
- สุวรรณณี เปลี่ยนรัมย์. (2556). *การใช้หนังสือเรียนคณิตศาสตร์ของครูในบริบทการศึกษาระดับชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาคุุณศึกษบัณฑิต) ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุวัฒนา อุทัยรัตน์. (2545). *วิธีและเทคนิคการสอนคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- หนึ่งฤทัย ชูชัย, และปรกรณ์ ประจัญบาน. (2564). การพัฒนาตัวบ่งชี้คุณลักษณะจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40. *JOURNAL OF EDUCATION NARESUAN UNIVERSITY*, 23(2), 322-335.
- อนงค์นาฏ คุรุณรัมย์, และณัฐพร มีสวัสดิ์. (2565). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม: Effect of Learning the Stem Education to Enhance the Stem Habits of Mind. *SOCIAL SCIENCES RESEARCH AND ACADEMIC JOURNAL*, 18(2), 93-108.
- อัมพร ม้าคอง. (2553). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์:การพัฒนาเพื่อการพัฒนา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อาภาพร สิงห์ราช. (2563). การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและนิสัยนักคิดสำหรับ นักศึกษาระดับปริญญาตรีคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม. *Journal of Education Rajabhat Maha Sarakham University*, 17(1), 349-360.
- Billings, E. M., Coffey, D. C., Golden, J., & Wells, P. J. (2013). Teaching with the mathematical practices in mind. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 19(2), 100-107. <https://doi.org/10.5951/mathteachmidscho.19.2.0100>
- Capuno, R., Necesario, R., Olores Etcuban, J., Espina, R., Padillo, G., & Manguilimotan, R. (2019). Attitudes, Study Habits, and Academic Performance of Junior High School Students in Mathematics. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 14(3), 547-561.
- Cardona, R., & Descargar, A. (2016). Revisiting the Study Habits and Performance in Math of Grade 7 Students: A Basis for a Proposed Enhancement Program. *Researchers World: Journal of Arts, Science and Commerce*, 7(2), 77-82.

- Chanaram, C. (2018). A development of open approach learning activity to enhance competence on mathematical reasoning for grade 8 students. *Journal of Faculty of Education Pibulsongkram Rajabhat University*, 6(1), 118-133.
- Charles, A. (2024). *Standard 1: Make Sense of Problems & Persevere in Solving Them / Inside Mathematics*. Retrieved January 21, 2024, from <https://www.insidemathematics.org/common-core-resources/mathematical-practice-standards/standard-1-make-sense-problems-persevere-solving-them>
- Colen, J. (2019). *Elementary school teachers' conceptions of the common core state standards for mathematical practice* (Order No. 13917982). Available from Publicly Available Content Database. (2244370710). Retrieved from <https://www.proquest.com/dissertations-theses/elementary-school-teachers-conceptions-common/docview/2244370710/se-2>
- Costa, A. L. (2008). Describing the Habits of Mind. In Perkins, D., Costa, A. L., & Kallick, B. (Eds.), *Learning and Leading with Habits of Mind: 16 Essential Characteristics for Success* (pp. 15-38). USA: ASCD.
- Costa, A. L., & Kallick, B. (Eds.). (2008). Assessing Habits of Mind. *Learning and Leading with Habits of Mind: 16 Essential Characteristics for Success* (pp. 190-220). USA: ASCD.
- Cuoco, A., Goldenberg, E. P., & Mark, J. (1996). Habits of mind: An organizing principle for a mathematics curriculum. *Journal of Mathematical Behavior*, 15(4), 375-402.
- Education Development Center. (2023). *MP6 Attend to Precision – Elementary Math*. Retrieved January 23, 2024, from <https://Elementarymath.edc.org/resources/mp6-attend-to-precision/>
- Eric, K. (2023). *MP1 Make sense of problems and persevere in solving them – Elementary Math*. Retrieved January 23, 2024, from <https://Elementarymath.edc.org/resources/make-sense-of-problems-and-persevere-in-solving-them/>

- Fatra, M., Sihombing, A. A., Aprilia, B., & Atiqoh, K. S. N. (2022). The impact of habits of mind on students' mathematical reasoning: The mediating initial ability. *Beta: Jurnal Tadris Matematika*, *15*(2), 118-132. <https://doi.org/10.20414/betajtm.v15i2.540>
- Halmos, P. (2014). Message 31 developing mathematical habits of mind. In Seeley, C. L. (Eds.), *Smarter Than We Think: More Messages About Math, Teaching and Learning in the 21st Century- A Resource for Teachers, Leaders, Policy Makers and Families* (pp. 247 - 259). Math Solutions.
- Hussain, F. (2020). *Standards for Mathematical Practices*. Retrieved October 8, 2023, from <https://www.corelearn.com/resource-posts/standards-for-mathematical-practices/>
- Inprasitha, M. (2011). One Feature of Adaptive Lesson Study in Thailand: Designing a Learning Unit. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, *34*(1), 47-66.
- Isoda, M. (2010). Lesson Study: Problem solving approach in mathematics education as a Japanese Experience. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, *92*(11), 17-27
- Joyce, B., & Weil, M. (1996). *Models of teaching* (5th ed.). New York: Allyn and Bacon.
- 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.
- Krall, G. (2020). *A rubric to assess the eight Common Core State Standards of Mathematical Practice*. Retrieved October 2, 2023, from <https://emergentmath.com/2020/07/08/a-draft-rubric-to-assess-the-common-core-state-standards-of-mathematical-practice/>
- Lim, K., & Selden, A. (2010). *MATHEMATICAL HABITS OF MIND*. *31st Annual Conference of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Georgia State University, Atlanta, Georgia. Retrieved January 10, 2023, from https://www.researchgate.net/publication/256441764_MATHEMATICAL_HABITS_OF_MIND

- Mason, J., & Spence, M. (1999). Beyond Mere Knowledge of Mathematics: The Importance of Knowing-to Act in the Moment. *Educational Studies in Mathematics* 38(1):135–61. Doi.10.1023/A:1003622804002.
- Mateas, V. (2016). Debunking Myths about the Standards for Mathematical Practice. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 22(2), 92–99. <https://doi.org/10.5951/mathteachmidscho.22.2.0092>
- Mathematics Assessment Resource Service. (2015). *Mathematical Practices*. Retrieved October 17, 2023, from https://www.mathnrc.org/tools/03_practices.html
- Max, B., & Welder, R. M. (2020). Mathematics teacher educators' addressing the common core standards for mathematical practice in content courses for prospective elementary teachers: A focus on critiquing the reasoning of others. *The Mathematics Enthusiast*, 17(2), 843-881.
- McCallum, W. (2011). Standards for mathematical practice. *Tools for the Common Core Standards (blog)*. accessed June, 7, 2011. https://static.pdesas.org/content/documents/M3-grouping_mathematical_practices.pdf
- Michelle L. S, (2014). Establishing Standards for Mathematical Practice. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 19(9), 532–538. <https://doi.org/10.5951/mathteachmidscho.19.9.0532>
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2014). *Principles to actions*. Reston, VA: Author
- National Governors Association Center for Best Practices & Council of Chief State School Officers (2010). *Common Core State Standards for Mathematics*. Washington DC: Authors.
- National Research Council. (2001). *Adding it: Up Helping children learn mathematics*. National Academies Press.
- Nohda, N. (1986). A study of “open-approach” method in school mathematics teaching on mathematical problem-solving actives. *Tsukuba Journal of Educational Study in Mathematics*. 5, 19-31.

- Nohda, N. (2000). Teaching by open-approach method in Japanese mathematics classroom. In T. Nakahara, & M. Koyama (Eds.), *Proceedings 24th of the Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 1, 39-53.
- Norman, R. (2022). Habits of Mind effect on Mathematical Comprehension Ability. *International Journal of Social Service and Research*, 2(7), 620–624. <https://doi.org/10.46799/ijssr.v2i7.138>
- Russell, S. J. (2012). CCSSM: Keeping teaching and learning strong. *Teaching Children Mathematics*, 19(1), 50-56. <https://doi.org/10.5951/teacchilmath.19.1.0050>
- Shimizu, Y. (1999). Aspects of Mathematics Teacher Education in Japan: Focusing on Teachers' Roles. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 2(1), 107 – 116.
- Suh, J. M., & Seshaiyer, P. (2014). Developing strategic competence by teaching using the Common Core Mathematical Practices. *Annual Perspectives in Mathematics Education*, 77-87.
- Tangprasroet, P., Konglok, S. A., & Thueakthong, V. (2023). Developing Mathematics Problem Solving and Mathematics Communication Ability by Using Open Approach in the Topic of Time for Grade 3 Students at Chumchon Ban Thung School in Lampang Province. *STOU Education journal*, 16(1), 157-175.
- Tejima, K. (1997). Open-ended Approach and Improvement of classroom Teaching. In Tejima Katsuo. (ED.), *Rethinking Lesson Organization in School Mathematics*. (247-250) JAPN: Japan Society Of Mathematics Education.
- The Centre for Teaching-Learning of Mathematics. (2021). *Attend to precision – Mathematicsforall*. Retrieved January 24, 2024, from <https://mathematicsforall.org/attend-to-precision/>



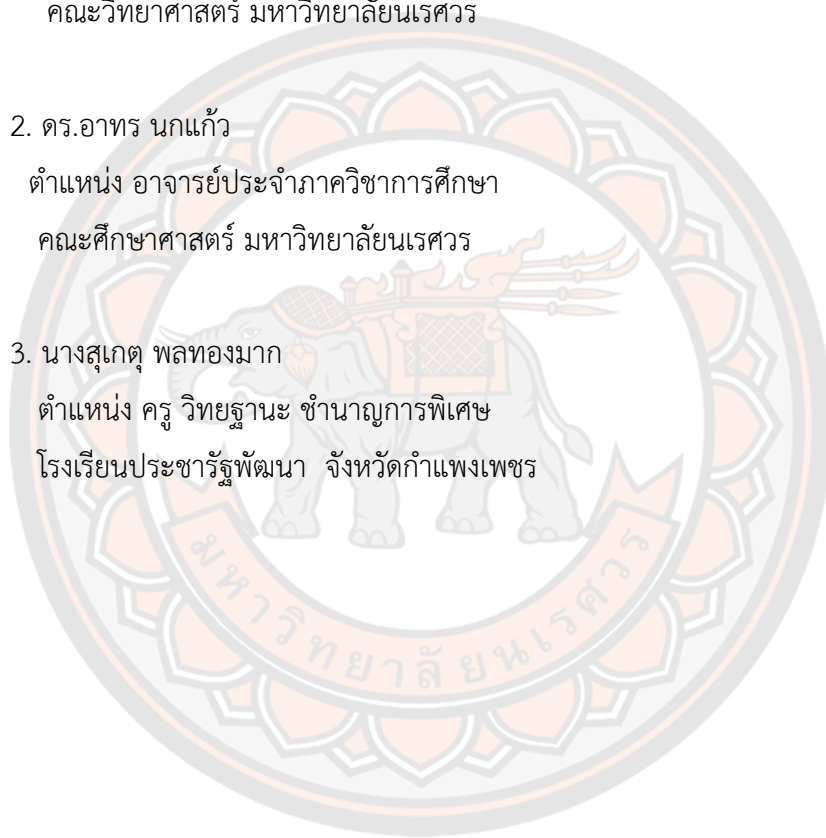
ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย การค้นคว้าอิสระ เรื่อง การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา มีรายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1. รองศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษ กลิ่นเอี่ยม
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. ดร.อาทร นกแก้ว
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. นางสุเกตุ พลทองมาก
ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนประชารัฐพัฒนา จังหวัดกำแพงเพชร



ภาคผนวก ข ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ตาราง 28 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	\bar{x}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้			
1. สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	4.67	0.48	มากที่สุด
2. ชัดเจน นำไปสู่การจัดการเรียนรู้ได้	4.72	0.46	มากที่สุด
3. ชัดเจน นำไปสู่การวัดและประเมินผลได้	4.67	0.48	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.68	0.47	มากที่สุด
ด้านสาระสำคัญ			
1. สอดคล้องกับสาระสำคัญ	4.92	0.27	มากที่สุด
2. เหมาะสมกับระดับชั้นเรียนของนักเรียน	4.72	0.46	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.82	0.36	มากที่สุด
การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด			
1. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.92	0.27	มากที่สุด
2. กิจกรรมสอดคล้องกับวิธีการแบบเปิด	4.72	0.46	มากที่สุด
3. เหมาะสมกับระดับชั้นเรียน	4.41	0.50	มาก
4. ส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา	4.38	0.49	มาก
5. กิจกรรมมีความเหมาะสมกับเวลา	4.54	0.51	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.59	0.44	มากที่สุด

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	\bar{x}	S.D.	ระดับ ความเหมาะสม
ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้			
1. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.92	0.27	มากที่สุด
2. สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.69	0.47	มากที่สุด
3. ส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา	4.33	0.48	มาก
เฉลี่ย	4.65	0.41	มากที่สุด
ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้			
1. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.92	0.27	มากที่สุด
2. วิธีการและเครื่องมือวัดผลเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.69	0.47	มากที่สุด
3. เกณฑ์การประเมิน ผลการเรียนรู้มีความชัดเจน	4.15	0.37	มาก
เฉลี่ย	4.59	0.37	มากที่สุด

ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้
แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิง
คณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญพิจารณาและประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใส่เครื่องหมาย \checkmark ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ซึ่งระดับความคิดเห็นเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตามแบบของ ลิเคิร์ต (Likert) ดังนี้

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

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	1	2	3	4	5	
ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด						
2. ชัดเจน นำไปสู่การจัดการเรียนรู้ได้						
3. ชัดเจน นำไปสู่การวัดและประเมินผลได้						
ด้านสาระสำคัญ						
1. สอดคล้องกับสาระสำคัญ						
2. เหมาะสมกับระดับชั้นเรียนของนักเรียน						
ด้านการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด						
1. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
2. กิจกรรมสอดคล้องกับวิธีการแบบเปิด						
3. เหมาะสมกับระดับชั้นเรียน						
4. ส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา						
5. กิจกรรมมีความเหมาะสมกับเวลา						

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	1	2	3	4	5	
ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
2. สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้						
3. ส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการแก้ปัญหา						
ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
2. วิธีการและเครื่องมือวัดผลเหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้						
3. เกณฑ์การประเมิน ผลการเรียนรู้มีความ ชัดเจน						

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ภาคผนวก ค ผลประเมินความสอดคล้องระหว่างประเด็นที่สังเกตกับองค์ประกอบคุณลักษณะ
การคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

แสดงผลประเมินความสอดคล้องระหว่างประเด็นที่สังเกตกับองค์ประกอบคุณลักษณะการคิดเชิง
คณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ประเด็นที่ สังเกต	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าIOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
8	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง

ค่า IOC มากกว่า 0.6 ขึ้นไป ถือว่าแบบสังเกตแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิง
คณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา มีความสอดคล้องกับองค์ประกอบของคุณลักษณะการคิดเชิง
คณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์กับข้อความของแบบสังเกต
คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา
ในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด
เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

คำชี้แจง โปรดพิจารณาว่าข้อความแต่ละข้อต่อไปนี้มี ความสอดคล้องกับจุดประสงค์หรือไม่ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่กำหนดให้และกรุณาให้คำแนะนำ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ถ้าพิจารณาแล้วเห็นว่า	สอดคล้อง	ให้เขียน ✓	ที่ช่อง +1
	ไม่แน่ใจ	ให้เขียน ✓	ที่ช่อง 0
	ไม่สอดคล้อง	ให้เขียน ✓	ที่ช่อง -1

นิยามศัพท์เฉพาะคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา (Overarching habits of mind of a productive mathematical thinker) คือ ลักษณะนิสัยของนักคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบไป 2 คุณลักษณะ คือ

1) คุณลักษณะการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น

1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้
2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้
3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ การตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ
4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม
5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง
6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้

2) คุณลักษณะการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด

2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท

ประเด็นในการสังเกต	ระดับความ			ข้อเสนอแนะ
	สอดคล้อง			
	-1	0	1	
ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น				
1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้				
2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้				
3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ การตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ				
4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกันผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม				
5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความ รอบคอบ ระมัดระวัง				

ประเด็นในการสังเกต	ระดับความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
	-1	0	1	
6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหา ของผู้อื่น โดยสามารถสนทนา แลกเปลี่ยนแนวคิด ได้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้				
ด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ				
1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำ จำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับ ผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกัน อย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุ ความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้ เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความ ระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด				
2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดง คำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท				

เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา
คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมั่นใจ

คุณลักษณะ	ระดับ คุณลักษณะ	คุณลักษณะที่ปรากฏ
1. นักเรียนตีความและสร้าง ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบาย ความหมายของปัญหาด้วย ตัวเองได้	เชี่ยวชาญ (Expert)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ไม่ว่าการตีความและสร้างความเข้าใจ เกี่ยวกับปัญหาที่เหมาะสมจะยากขนาดไหนก็ตาม นักเรียน วิเคราะห์และเลือกใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เพื่อ อธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองให้ตรงตามเป้าหมาย
	ปฏิบัติงาน (Practitioner)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ในการอธิบายความหมายของปัญหาด้วย ตนเอง ในขณะที่พยายามตีความและสร้างความเข้าใจ เกี่ยวกับปัญหา และยังคงแสดงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง
	ฝึกหัด (Apprentice)	นักเรียนพยายามอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตนเองให้ มีความถูกต้อง สมบูรณ์ เมื่อการตีความและสร้างความเข้าใจ เกี่ยวกับปัญหายังไม่สามารถทำให้อธิบายความหมายของ ปัญหาได้ แต่ยอมแพ้เมื่อยากเกินไป
	มือใหม่ (Novice)	นักเรียนยอมแพ้อย่างง่ายและรวดเร็ว กับการตีความและ สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา รวมถึงการอธิบาย ความหมายของปัญหา
2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่ กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้	เชี่ยวชาญ (Expert)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ไม่ว่าวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายจะยากขนาดไหนก็ตาม นักเรียน วิเคราะห์และเลือกใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เพื่อหา สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมาย
	ปฏิบัติงาน (Practitioner)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ในขณะที่พยายามวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้ จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมาย และยังคงแสดง พฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง
	ฝึกหัด (Apprentice)	นักเรียนพยายามวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายให้มีความถูกต้อง สมบูรณ์ แต่ยอมแพ้ เมื่อยากเกินไป
	มือใหม่ (Novice)	นักเรียนยอมแพ้อย่างง่ายและรวดเร็ว กับการวิเคราะห์สิ่ง ที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมาย
3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการ แก้ปัญหา โดยมีการสนทนา	เชี่ยวชาญ (Expert)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ไม่ว่าคาดการณ์ หรือ วางแผนการ แก้ปัญหา หรือ ตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบหรือแสดงท่า ทางที่เหมาะสมจะยากขนาดไหนก็ตาม นักเรียนวิเคราะห์

คุณลักษณะ	ระดับ คุณลักษณะ	คุณลักษณะที่ปรากฏ
แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่าน ภาพประกอบ หรือแสดงท่า ท่าประกอบ	ปฏิบัติงาน (Practitioner)	และเลือกใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เพื่อวางแผน แก้ปัญหาให้ตรงตามเป้าหมาย นักเรียนไม่ยอมแพ้ในขณะที่พยายามคาดการณ์ หรือ วาง แผนการแก้ปัญหา หรือ ตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบหรือ แสดงท่าทางและยังคงแสดงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง
	ฝึกหัด (Apprentice)	นักเรียนพยายามคาดการณ์ หรือ วางแผนการแก้ปัญหา หรือ ตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบหรือแสดงท่าทาง ให้มีความ ถูกต้อง สมบูรณ์ เมื่อการวางแผนการไม่สามารถอธิบายการ แก้ปัญหาได้ แต่ยอมแพ้เมื่อยากเกินไป
	มือใหม่ (Novice)	นักเรียนยอมแพ้อย่างง่ายและรวดเร็ว ให้กับคาดการณ์ หรือ วางแผนการแก้ปัญหา หรือ ตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทาง
	4. นักเรียนอธิบายความ สอดคล้องของลักษณะ ปัญหาและความสัมพันธ์ของ ปัญหาในคณิตศาสตร์ที่ คล้ายคลึงกัน ผ่าน คำอธิบายด้วยวาจา หรือ ภาพที่เป็นรูปธรรม	เชี่ยวชาญ (Expert)
	ปฏิบัติงาน (Practitioner)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ในขณะที่พยายามอธิบายความสอดคล้อง ของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาใน คณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกันและยังคงแสดงพฤติกรรมอย่าง ต่อเนื่อง
	ฝึกหัด (Apprentice)	นักเรียนพยายามอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหา และความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ให้มีความถูกต้อง สมบูรณ์ เมื่อการเชื่อมโยงความรู้ไม่ สามารถอธิบายการแก้ปัญหาได้ แต่ยอมแพ้เมื่อยากเกินไป
	มือใหม่ (Novice)	นักเรียนยอมแพ้อย่างง่ายและรวดเร็ว ให้กับการอธิบายความ สอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาใน คณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน
5. นักเรียนตรวจสอบ คำตอบของปัญหาโดยใช้ วิธีการอื่นได้อย่าง หลากหลายด้วยความ รอบคอบ ระมัดระวัง	เชี่ยวชาญ (Expert)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ไม่ว่าการตรวจสอบคำตอบของปัญหา อย่างระมัดระวัง รอบคอบ และใช้วิธีการที่หลากหลายที่ เหมาะสมจะยากขนาดไหนก็ตาม นักเรียนวิเคราะห์และ เลือกใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เพื่อตรวจสอบ คำตอบของปัญหา

คุณลักษณะ	ระดับ คุณลักษณะ	คุณลักษณะที่ปรากฏ
	ปฏิบัติงาน (Practitioner)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ในขณะที่พยายามตรวจสอบคำตอบของปัญหาอย่างระมัดระวัง รอบคอบ และใช้วิธีการที่หลากหลาย และยังคงแสดงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง
	ฝึกหัด (Apprentice)	นักเรียนพยายามตรวจสอบคำตอบของปัญหาอย่างระมัดระวัง รอบคอบ และใช้วิธีการที่หลากหลาย แต่ยอมแพ้เมื่อยากเกินไป
	มือใหม่ (Novice)	นักเรียนยอมแพ้อย่างง่ายและรวดเร็วให้กับการตรวจสอบคำตอบของปัญหาอย่างระมัดระวัง รอบคอบ และใช้วิธีการที่หลากหลาย
6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิด ได้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้	เชี่ยวชาญ (Expert)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ไม่ว่าการทำความเข้าใจแนวทางในการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยมีส่วนร่วมในการสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิด ได้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นที่เหมาะสมจะยากขนาดไหนก็ตาม นักเรียนวิเคราะห์และเลือกใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เพื่อเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น
	ปฏิบัติงาน (Practitioner)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ในขณะที่พยายามทำความเข้าใจแนวทางในการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยมีส่วนร่วมในการสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิด ได้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่น และยังคงแสดงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง
	ฝึกหัด (Apprentice)	นักเรียนพยายามทำความเข้าใจแนวทางในการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยมีส่วนร่วมในการสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิด ได้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่น แต่ยอมแพ้เมื่อยากเกินไป
	มือใหม่ (Novice)	นักเรียนยอมแพ้อย่างง่ายและรวดเร็วให้กับการทำความเข้าใจแนวทางในการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยมีส่วนร่วมในการสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิด ได้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่น

เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา
คุณลักษณะการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

คุณลักษณะ	ระดับ คุณลักษณะ	คุณลักษณะที่ปรากฏ
1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ ชัดเจนในการสนทนา กับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกัน อย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของ สัญลักษณ์ รวมทั้งใช้ เครื่องหมายได้อย่าง แม่นยำ มีความ ระมัดระวังเรื่องหน่วย ของการวัดได้	เชี่ยวชาญ (Expert)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ไม่ว่าการสื่อสารและการแสดงร่องรอย หลักฐานเกี่ยวกับคำจำกัดความและความหมายของสัญลักษณ์ รวมถึงระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด ตั้งแต่เริ่มจนจบ กระบวนการ ที่ชัดเจนเหมาะสมกับบริบท จะยากขนาดไหนก็ ตาม นักเรียนวิเคราะห์และเลือกใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ อย่าง หลากหลาย เพื่อให้แสดงออกถึงความถูกต้องแม่นยำ
	ปฏิบัติงาน (Practitioner)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ในขณะที่พยายามสื่อสารและการแสดง ร่องรอยหลักฐานเกี่ยวกับคำจำกัดความและความหมายของ สัญลักษณ์ รวมถึงระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด ตั้งแต่เริ่มจน จบกระบวนการ และยังคงแสดงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง
	ฝึกหัด (Apprentice)	นักเรียนพยายามสื่อสารและการแสดงร่องรอยหลักฐานเกี่ยวกับ คำจำกัดความและความหมายของสัญลักษณ์ รวมถึงระมัดระวัง เรื่องหน่วยของการวัดตั้งแต่เริ่มจนจบกระบวนการ แต่ยอมแพ้ เมื่อยากเกินไป
	มือใหม่ (Novice)	นักเรียนยอมแพ้อย่างง่ายและรวดเร็วให้การสื่อสารและการ แสดงร่องรอยหลักฐานเกี่ยวกับคำจำกัดความและความหมายของ สัญลักษณ์ รวมถึง ระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด ตั้งแต่เริ่มจน จบกระบวนการ
	2. นักเรียนคำนวณได้ อย่างถูกต้อง แสดง คำตอบเชิงตัวเลขได้ อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท	เชี่ยวชาญ (Expert)
ปฏิบัติงาน (Practitioner)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ในขณะที่พยายามคำนวณ หรือพยายามแสดง คำตอบเชิงตัวเลขที่ชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท และยังคง แสดงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง	
ฝึกหัด (Apprentice)	นักเรียนพยายามคำนวณ หรือพยายามแสดงคำตอบเชิงตัวเลขที่ ชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท แต่ยอมแพ้เมื่อยากเกินไป	
มือใหม่ (Novice)	นักเรียนยอมแพ้อย่างง่ายและรวดเร็วให้การคำนวณ การ แสดงคำตอบเชิงตัวเลข	

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

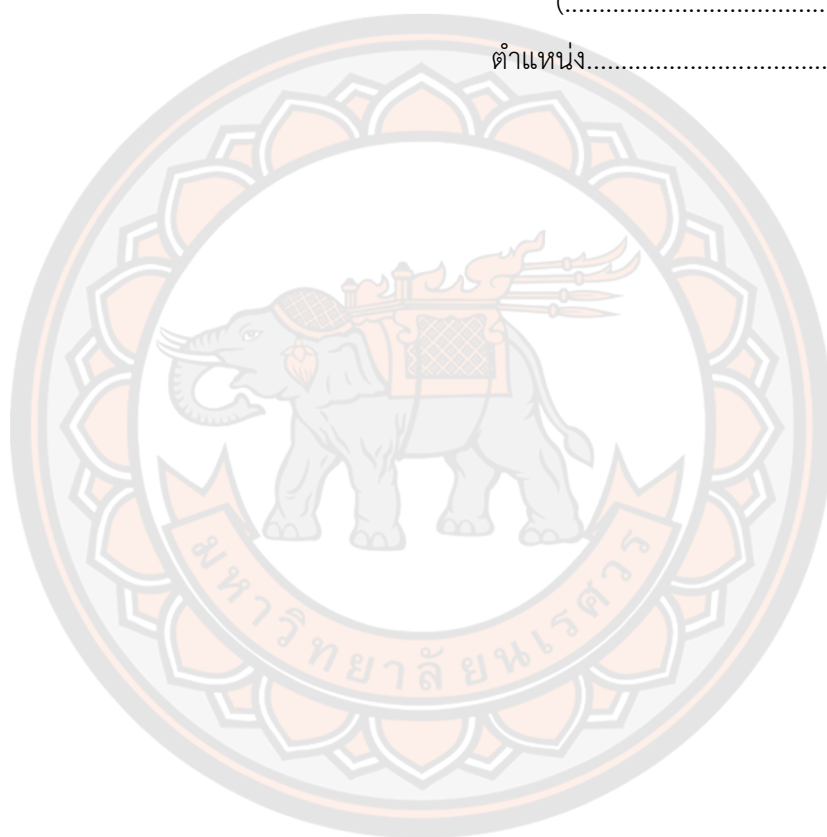
.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง.....



ภาคผนวก ง ผลประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการแก้ปัญหาของแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ตาราง 29 แสดงผลประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาของแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ข้อที่	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าIOC	สรุปผล
	คนที่	คนที่	คนที่			
	1	2	3			
1	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
8	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
9	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
11	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง

ค่า IOC มากกว่า 0.6 ขึ้นไป ถือว่าข้อคำถามกับคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาของแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความสอดคล้องกัน

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์
และการแก้ปัญหาของแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง	โปรดพิจารณาว่าข้อคำถามแต่ละข้อต่อไปนี้มี ความสอดคล้องกับจุดประสงค์หรือไม่ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่กำหนดให้และกรุณาให้คำแนะนำ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้
ถ้าพิจารณาแล้วเห็นว่า	สอดคล้อง ให้เขียน ✓ ที่ช่อง +1
	ไม่แน่ใจ ให้เขียน ✓ ที่ช่อง 0
	ไม่สอดคล้อง ให้เขียน ✓ ที่ช่อง -1

นิยามศัพท์เฉพาะคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา (Overarching habits of mind of a productive mathematical thinker) คือ ลักษณะนิสัยของนักคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบไป 2 คุณลักษณะ คือ

1) คุณลักษณะการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น

1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้
2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้
3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ การตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ
4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม
5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง
6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้

2) คุณลักษณะการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด
2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท

มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัดและนำไปใช้

ป.6/1 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่ประกอบด้วยทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก

ป.6/2 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม

ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิตและการนำไปใช้

ป.6/1 จำแนกรูปสามเหลี่ยมโดยพิจารณาจากสมบัติของรูป

ป.6/2 สร้างรูปสามเหลี่ยมเมื่อกำหนดความยาวของด้านและขนาดของมุม

ผู้วิจัยได้มีการออกแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยมีคุณลักษณะในการพิจารณาแต่ละตัวดังตาราง ซึ่งคุณลักษณะที่ไม่ปรากฏ จะถูกประเมินด้วยแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เนื่องจากต้องประเมินผ่านพฤติกรรมของนักเรียน

ตาราง 30 แสดงคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาที่ประเมินผ่านแบบทดสอบ

คุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น	
(ข้อ)	คุณลักษณะที่ประเมินผ่านแบบทดสอบ
1) นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้	การตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา
2) นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้	การวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้
3) นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการวางแผนการคร่าว ๆ การตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือ การตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือ แสดงท่าทางประกอบ	การวางแผนการคร่าว ๆ การตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ
4) นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม	การอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายหรือภาพที่เป็นรูปธรรม
5) นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความ รอบคอบ ระมัดระวัง	-
6) นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิด ได้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้	-

คุณลักษณะด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ	
(ข้อ)	คุณลักษณะที่ประเมินผ่านแบบทดสอบ
1) นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด	การระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ และระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด
2) นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท	การคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท

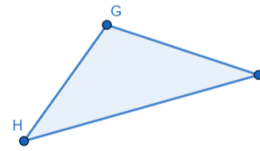
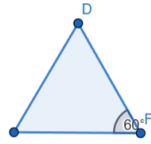
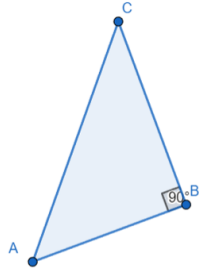


คุณลักษณะการคิดเชิง คณิตศาสตร์และการ แก้ปัญหา	ข้อความ	ระดับความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
1.					
1.1 จากภาพที่กำหนดให้ จงตอบคำถามต่อไปนี้ โดยระบุชื่อและสัญลักษณ์ที่ถูกต้อง					
1. ชื่อ				
2. ฐาน คือ				
3. มุมที่ฐาน คือ				
4. มุมยอด คือ				
5. ด้านประกอบมุมยอด คือ				
6. ส่วนสูง คือ				
7. ขนาดของมุมที่ฐาน คือ				
8. ขนาดของมุมยอด คือ				

คุณลักษณะการคิดเชิง คณิตศาสตร์และการ แก้ปัญหา	ข้อคำถาม	ระดับความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
<p>คุณลักษณะการให้ ความสำคัญกับความถูกต้อง แม่นยำ</p> <p>ประเด็นพิจารณา: การระบุ ความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้ อย่างแม่นยำ</p>	<p>จากภาพที่กำหนดให้ จงตอบ คำถามต่อไปนี้ โดยระบุชื่อและ สัญลักษณ์ที่ถูกต้อง</p> <p>1.ชื่อ</p> <p>2.ฐาน คือ</p> <p>3.มุมที่ฐาน คือ</p> <p>4.มุมยอด คือ</p> <p>5.ด้านประกอบมุมยอด คือ</p> <p>6.ส่วนสูง คือ</p> <p>7.ขนาดของมุมที่ฐาน คือ</p> <p>8.ขนาดของมุมยอด คือ</p>				

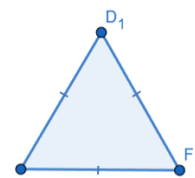
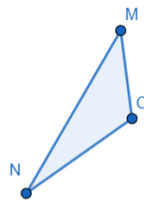
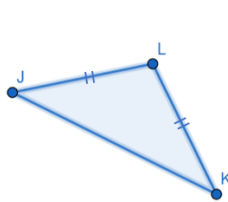
1.2

ให้นักเรียนระบุชนิดของรูปสามเหลี่ยมต่อไปนี้ เมื่อพิจารณาจากขนาดของมุม



.....

ให้นักเรียนระบุชนิดของรูปสามเหลี่ยมต่อไปนี้ เมื่อพิจารณาจากความยาวด้าน



.....

รูปสามเหลี่ยมที่มีมุมหนึ่ง 30 องศา อีกมุมหนึ่งเป็น 2 เท่าของ 30 องศา เป็นรูปสามเหลี่ยมชนิดใด

.....

รูปสามเหลี่ยมที่มีด้านความยาวด้านหนึ่ง 20 cm อีกสองด้านยาวด้านละ 15 cm เป็นรูปสามเหลี่ยมชนิดใด

.....

รูปสามเหลี่ยมที่มีมุม 3 มุม มีขนาด 74 องศา 40 องศา และ 66 องศา เป็นรูปสามเหลี่ยมชนิดใด

.....

<p>คุณลักษณะการให้ ความสำคัญกับความถูกต้อง แม่นยำ</p> <p>ประเด็นพิจารณา : การระบุ ความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้ อย่างแม่นยำ</p>	<p>ให้นักเรียนระบุชนิดของรูป สามเหลี่ยมต่อไปนี้ เมื่อ พิจารณาจากขนาดของมุม ให้นักเรียนระบุชนิดของรูป สามเหลี่ยมต่อไปนี้ เมื่อ พิจารณาจากความยาวด้าน รูปสามเหลี่ยมที่มีมุมหนึ่ง 30 องศา อีกมุมหนึ่งเป็น 2 เท่า ของ 30 องศา เป็นรูป สามเหลี่ยมชนิดใด รูปสามเหลี่ยมที่มีด้านความยาว ด้านหนึ่ง 20 cm อีกสองด้าน ยาวด้านละ 15 cm เป็นรูป สามเหลี่ยมชนิดใด รูปสามเหลี่ยมที่มีมุม 3 มุม มี ขนาด 74 องศา 40 องศา และ 66 องศา เป็นรูป สามเหลี่ยมชนิดใด</p>				
---	---	--	--	--	--

2. ให้นักเรียนหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมดังต่อไปนี้ โดยแสดงวิธีคิดพร้อมหาคำตอบ

.....

.....

.....

ให้นักเรียนเรียงลำดับรูปสามเหลี่ยมที่มีพื้นที่มากที่สุดไปน้อยที่สุด

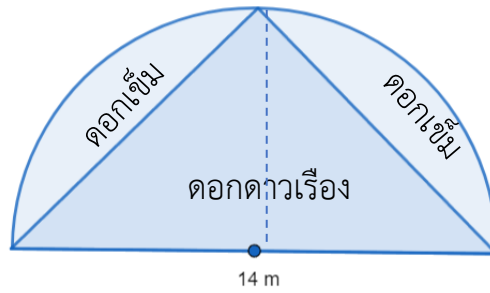
.....

.....

<p>คุณลักษณะการให้ ความสำคัญกับความถูกต้อง แม่นยำ</p> <p>ประเด็นพิจารณา : คำนวน ได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบ เชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท</p>	<p>ให้นักเรียนหาพื้นที่ของรูป สามเหลี่ยมดังต่อไปนี้ โดย แสดงวิธีคิดพร้อมหาคำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>ให้นักเรียนเรียงลำดับรูป สามเหลี่ยมที่มีพื้นที่มากที่สุดไป น้อยที่สุด</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>				
---	--	--	--	--	--

3. คนจัดสวนหย่อมต้องการปลูกดอกเข็มและดอกดาวเรืองดังรูป บริเวณที่ปลูกดอกเข็มมีพื้นที่เท่าไร

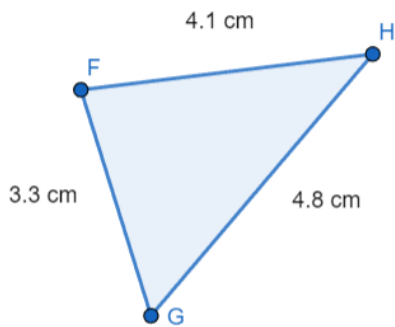
(กำหนด $= \frac{22}{7}$)



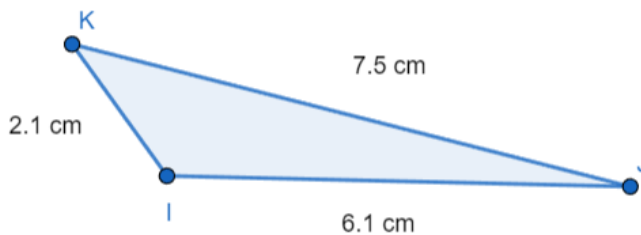
<p>คุณลักษณะการให้ ความสำคัญกับความถูกต้อง แม่นยำ</p>	<p>ประเด็นพิจารณา : การ คำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้ อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท</p> <p>คนจัดสวนหย่อมต้องการปลูก ดอกเข็มและดอกดาวเรืองดัง รูป บริเวณที่ปลูกดอกเข็มมี พื้นที่เท่าไร</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>				
---	---	--	--	--	--

4

4.1 จงหาความยาวรอบรูปต่อไปนี้



กำหนด 1 cm : 5 m



กำหนด 1 cm : 3 m

<p>คุณลักษณะการให้ ความสำคัญกับความถูกต้อง แม่นยำ</p>	<p>จงหาความยาวรอบรูปต่อไปนี้</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>				
<p>ประเด็นพิจารณา : ความ ระมัดระวังเรื่องหน่วยของ การวัด</p>					

4.2 ให้นักเรียนสร้างรูปสามเหลี่ยมจากเงื่อนไขที่กำหนดให้ พร้อมระบายละเอียดให้ถูกต้อง
สมบูรณ์

1. ให้นักเรียนสร้างรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า มีความยาวด้านละ 4 เซนติเมตร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนสร้างรูปสามเหลี่ยมที่มีความยาวด้าน 3.4 เซนติเมตร และ 6 เซนติเมตร มีมุมหนึ่งมี
ขนาด 108 องศา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนสร้างรูปสามเหลี่ยมที่มีความยาวด้าน 2.9 เซนติเมตร มีมุมมีขนาด 62 องศา และ
32 องศา ตามลำดับ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

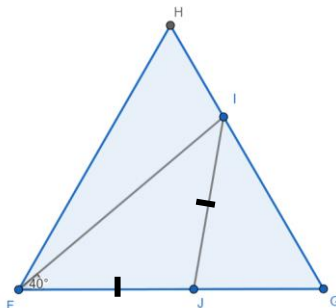
.....

.....

<p>แบบทดสอบวัดคุณลักษณะ การทำความเข้าใจปัญหา และมีความมานะบากบั่น</p> <p>ประเด็นพิจารณา : การร่าง แผนการคร่าว ๆ หรือการตั้ง สมมุติฐานผ่านภาพประกอบ</p>	<p>4.2 ให้นักเรียนสร้างรูป สามเหลี่ยมจากเงื่อนไขที่ กำหนดให้ พร้อมระบุ รายละเอียดให้ถูกต้องสมบูรณ์</p> <p>1. ให้นักเรียนสร้างรูป สามเหลี่ยมด้านเท่า มีความยาว ด้านละ 4 เซนติเมตร</p> <p>2. ให้นักเรียนสร้างรูป สามเหลี่ยมที่มีความยาวด้าน 3.4 เซนติเมตร และ 6 เซนติเมตร มีมุมหนึ่งมีขนาด 108 องศา</p> <p>3. ให้นักเรียนสร้างรูป สามเหลี่ยมที่มีความยาวด้าน 2.9 เซนติเมตร มีมุมมีขนาด 62 องศา และ 32 องศา ตามลำดับ</p>				
--	---	--	--	--	--

5.

กำหนดให้ เป็นสามเหลี่ยมด้านเท่า



คำสั่ง ให้นักเรียนหาขนาดของมุมทั้งหมด และเขียนแสดงโดยใช้สัญลักษณ์ที่ถูกต้อง

IFJ มีขนาด40.....องศา หรือ40°

.....

.....

.....

.....

คุณลักษณะการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น

ประเด็นพิจารณา : การอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกันผ่านคำอธิบาย หรือภาพที่เป็นรูปธรรม

คำสั่ง ให้นักเรียนหาขนาดของมุมทั้งหมด และเขียนแสดงโดยใช้สัญลักษณ์ที่ถูกต้อง

.....

.....

.....

.....

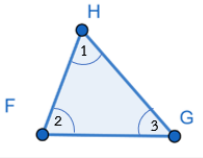
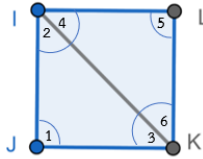
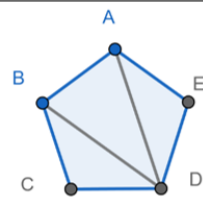
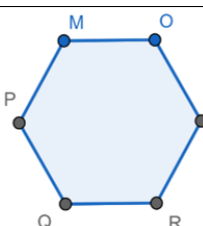
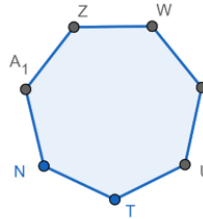
.....

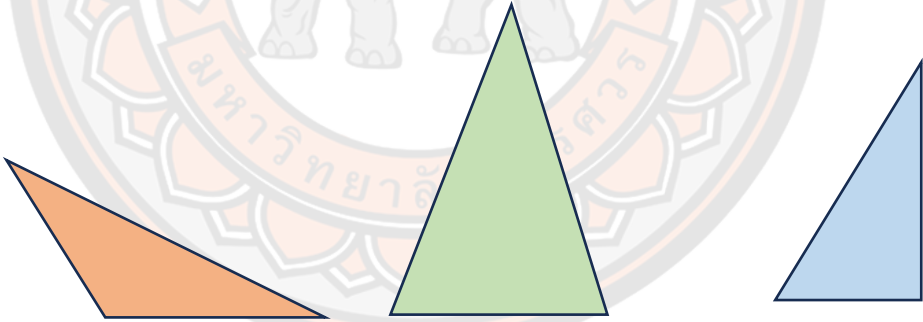
.....

.....

.....

6. จงหาผลรวมของมุมภายในของรูปดังต่อไปนี้ โดยระบุชื่อ และวิธีในการหามุมภายในอย่างละเอียด

รูปภาพ	ชื่อ	ผลรวมของมุมภายใน
	รูปสามเหลี่ยม	$1 + 2 + 3 = 180$ องศา
	รูปสี่เหลี่ยม	$(1 + 2 + 3) + (4 + 5 + 6) = 180 + 180$ องศา $= 360$ องศา
	รูปห้าเหลี่ยม	
		
		

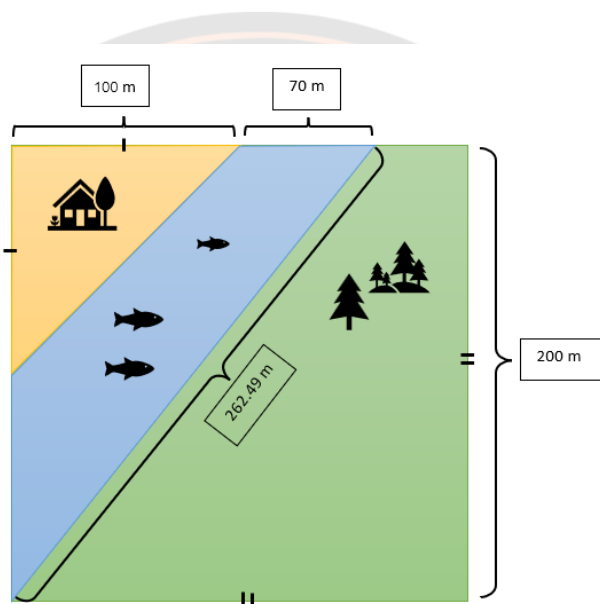
<p>คุณลักษณะการทำ เข้าใจปัญหาและมีความ มานะบากบั่น</p> <p>ประเด็นพิจารณา : การ อธิบายความสอดคล้องของ ลักษณะปัญหาและ ความสัมพันธ์ของปัญหาใน คณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบาย หรือภาพที่ เป็นรูปธรรม</p>	<p>จงหาผลรวมของมุมภายในของรูป ดังต่อไปนี้ โดยระบุชื่อ และวิธี ในการหามุมภายในอย่าง ละเอียด</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>				
<p>7.</p> <p>7.1 ให้นักเรียนเขียนลากเส้นแสดงความสูงของรูปสามเหลี่ยมและวัดความสูงของรูปสามเหลี่ยม ต่อไปนี้ (หน่วยเป็นเซนติเมตร)</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>.....</p> <p>7.2 ΔSQR มี SQ และ QR เป็นด้านประกอบมุมฉาก มี QR เป็นฐานยาว 4 เซนติเมตร หากมี พื้นที่ 20 ตารางเซนติเมตร จะมีความสูงเท่าไร</p> <p><u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนร่างภาพประกอบและแสดงวิธีคิด</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>					

<p>คุณลักษณะการทำ ความเข้าใจปัญหาและมีความ มานะบากบั่น</p>				
<p>ประเด็นพิจารณา : การร่าง แผนการคร่าว ๆ การตั้ง สมมุติฐานผ่านภาพประกอบ</p>	<p>7.1 ให้นักเรียนเขียนลากเส้น แสดงความสูงของรูป สามเหลี่ยมและวัดความสูงของ รูปสามเหลี่ยมต่อไปนี้ (หน่วย เป็นเซนติเมตร)</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>			
	<p>7.2 ΔSQR มี \overline{SQ} และ \overline{QR} เป็นด้านประกอบมุมฉาก มี \overline{QR} เป็นฐานยาว 4 เซนติเมตร หากมีพื้นที่ 20 ตาราง เซนติเมตร จะมีความสูงเท่าไร <u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนร่าง ภาพประกอบและแสดงวิธีคิด</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>			

นายคนหนึ่งแบ่งที่ดินของตนเพื่อสร้างบ้าน เลี้ยงปลา และทำสวน โดยที่ดินของนายคนหนึ่งมีลักษณะดังรูป บริเวณที่สร้างบ้านถูกล้อมรั้วด้วยความยาว 341.42 เมตร ด้านหลังบ้านต้องการทำเป็นบ่อปลา อยากทราบว่าพื้นที่ที่ใช้ทำบ่อปลามีขนาดเท่าไร และหากนายคนหนึ่งมีลวดหนามยาว 1.2 กิโลเมตร ต้องการล้อมรั้วลวดหนามรอบบ่อปลา จะสามารถล้อมรั้วได้มากที่สุดกี่รอบ

คำสั่ง : ให้นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด เป้าหมายของปัญหา

ให้นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องสำหรับการแก้ปัญหาอย่างละเอียด พร้อมแสดงวิธีคิดและหาคำตอบ



<p>คุณลักษณะการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น</p>					
<p>ประเด็นพิจารณา : วิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมาย</p>	<p>8. ให้นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด เป้าหมายของปัญหา</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>				

<p>ประเด็นพิจารณา : ติความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา</p>	<p>9. ให้นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องสำหรับการแก้ปัญหาอย่างละเอียด พร้อมแสดงวิธีคิดและหาคำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>				
<p>ปีมต้องการทำธงราวงานวัด ซึ่งแต่ละสายต้องประกอบ ธงรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว ฐานยาว 15 เซนติเมตร สูง 20 เมตร ถ้ากระดาษแผ่นใหญ่ รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความยาว 1.2 เมตร กว้าง 1 เมตร จะตัดธงได้ทั้งหมดกี่ผืน</p> <p>คำสั่ง : ให้นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด เป้าหมายของปัญหา</p> <p>ให้นักเรียนร่างภาพประกอบการแก้ปัญหา</p> <p>ให้นักเรียนแสดงวิธีคิดอย่างละเอียดและหาคำตอบ</p>					
<p>วัตถุประสงค์ของการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น</p>					
<p>ประเด็นพิจารณา : วิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมาย</p>	<p>10. ให้นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด เป้าหมายของปัญหา</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>				
<p>ประเด็นพิจารณา : การร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ</p>	<p>11. ให้นักเรียนร่างภาพประกอบการแก้ปัญหา</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>				

<p>ประเด็นพิจารณา : ทัศนคติ และสร้างความเข้าใจ เกี่ยวกับปัญหา</p>	<p>12. ให้นักเรียนแสดงวิธีคิด อย่างละเอียดและหาคำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>				
---	---	--	--	--	--

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

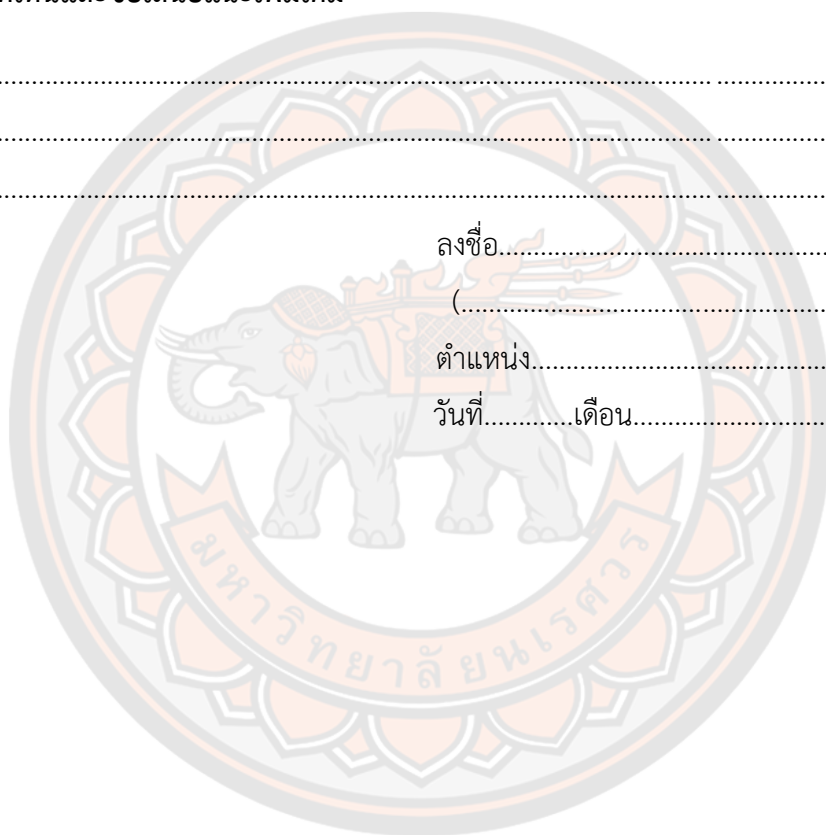
.....

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



ภาคผนวก จ ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open approach)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open approach)

กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 รูปสามเหลี่ยม เวลาเรียน 1 ชม.

เรื่อง การจำแนกชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยพิจารณาจากความยาวของด้าน

กิจกรรม ไม้ไอติมหลากสีกับรูปสามเหลี่ยมของฉัน

ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ภาคเรียนที่ 2/2566

วันที่

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ค 2.2 : เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และการนำไปใช้

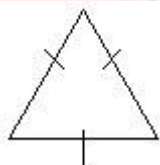
ตัวชี้วัด

ค 2.2 ป.6/1 : จำแนกรูปสามเหลี่ยมโดยพิจารณาจากสมบัติของรูป

สาระสำคัญ

การจำแนกรูปสามเหลี่ยมโดยพิจารณาจากความยาวของด้าน สามารถจำแนกรูปสามเหลี่ยมได้ 3 ชนิด คือ รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว และรูปสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า

รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า เป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีด้านทั้งสามยาวเท่ากัน



รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว เป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีด้านยาวเท่ากันสองด้าน



รูปสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า เป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีด้านทั้งสามยาวไม่เท่ากัน



จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนอธิบายเหตุผลในการจำแนกชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยพิจารณาจากความยาวด้านได้ (K)
2. นักเรียนจำแนกรูปสามเหลี่ยมโดยพิจารณาจากความยาวด้านได้ (P)
3. นักเรียนมีคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาในระดับริเริ่ม (A)

สาระการเรียนรู้

การจำแนกชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยพิจารณาจากความยาวด้าน

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1. ความสามารถในการแก้ปัญหา
2. ความสามารถในการสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์
3. ความสามารถในการเชื่อมโยง
4. ความสามารถในการให้เหตุผลและการพิสูจน์

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

ประกอบด้วย 2 คุณลักษณะ คือ

- 1) คุณลักษณะการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น ประกอบด้วย

คุณลักษณะย่อยต่อไปนี้

1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้
2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด ความสัมพันธ์และเป้าหมายได้
3. นักเรียนทำความเข้าใจ คาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ ตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ
4. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง
5. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือ สนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้

2) คุณลักษณะการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ประกอบด้วยคุณลักษณะย่อยต่อไปนี้

1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด

สื่อการเรียนรู้

ใบกิจกรรม เรื่อง ไม้ไอติมหลากสีกับรูปสามเหลี่ยมของฉันทัน

สถานการณ์ปัญหา: นักเรียนมีไม้ไอติมหลากสีที่มีขนาดแตกต่างกัน คือ สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน โดยแต่ละสี มี 15 อัน หากนักเรียนต้องการนำไม้ไอติมมาสร้างเป็นรูปสามเหลี่ยม จะสร้างได้แบบใดบ้าง

คำสั่ง 1: ให้นักเรียนนำไม้ไอติมที่มีความยาวแตกต่างกัน สร้างรูปสามเหลี่ยมอย่างหลากหลายรูปแบบ แล้วติดลงบนกระดาษสามเหลี่ยม จะสร้างได้แบบใดบ้าง

คำสั่ง 2: ให้นักเรียนจัดกลุ่มรูปสามเหลี่ยมที่ได้จากการสร้าง โดยระบุจำนวนกลุ่มและเขียนอธิบายเหตุผลในการจัดกลุ่ม

สื่อการสอน: ไม้ไอติม สีแดงความยาว 9.3 cm สีเหลืองความยาว 11.4 cm สีน้ำเงินความยาว 15 cm สีละ 15 อัน (ความยาวอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม)

กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ช่วงที่ 1

ขั้นนำเสนอสถานการณ์ปัญหา (5 นาที)

1. ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับลักษณะของรูปสามเหลี่ยม โดยร่วมพูดคุย สนทนา และให้นักเรียนยกตัวอย่างสิ่งรอบตัวที่เป็นรูปสามเหลี่ยม โดยให้เพื่อนในห้องช่วยกันสรุปความเห็นว่ามีหรือไม่ใช่ และร่วมกันสรุปโดยครูถามว่า “รูปสามเหลี่ยมมีลักษณะเป็นอย่างไร” (มีสามมุม/มีด้านสามด้าน/วาดนิ้วเป็นสามเหลี่ยม)

2. ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาและติดคำสั่งบนกระดาน โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจและซักถามวิธีการในการทำกิจกรรม

3. ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ที่นำมาในการสร้างแบบงานหรือแบบจำลองต่าง ๆ จากไม้ไอติม ยกตัวอย่างประกอบโดยการสุ่มหยิบนำไม้ไอติมมาต่อให้ปลายชิดติดกันเป็นรูปกันเป็นรูปสามเหลี่ยม หลังจากนั้นจึงแกะกาแล้วติดลงบนกระดาษ

ขั้นนักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง (10 นาที)

1. ครูแจกอุปกรณ์และใบกิจกรรมให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม
2. นักเรียนในกลุ่มช่วยกันออกแบบสร้างรูปสามเหลี่ยมจากไม้ไอติมให้ได้หลากหลายรูปแบบ เมื่อได้แนวคิดที่ต้องการจึงลงมือปฏิบัติ โดยครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น
3. ครูสังเกตแนวคิดและวิธีการสร้างรูปสามเหลี่ยมของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

ขั้นอภิปรายทั้งชั้นเรียน (10 นาที)

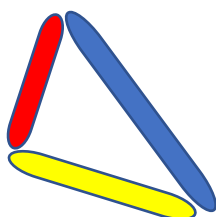
ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลงานของกลุ่มตนเอง โดยนำเสนอว่ามีวิธีการสร้างรูปสามเหลี่ยมอย่างไร (ใช้ไม้ไอติมต่อกันเป็นรูปสามเหลี่ยม) และไม้ไอติมที่นำมาสร้างรูปสามเหลี่ยมคือส่วนประกอบใดของรูปสามเหลี่ยม (ด้านของรูปสามเหลี่ยม) จากนั้นเปิดโอกาสให้นักเรียนที่สงสัยได้ซักถามเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันทั้งชั้นเรียน

ขั้นสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน (5 นาที)

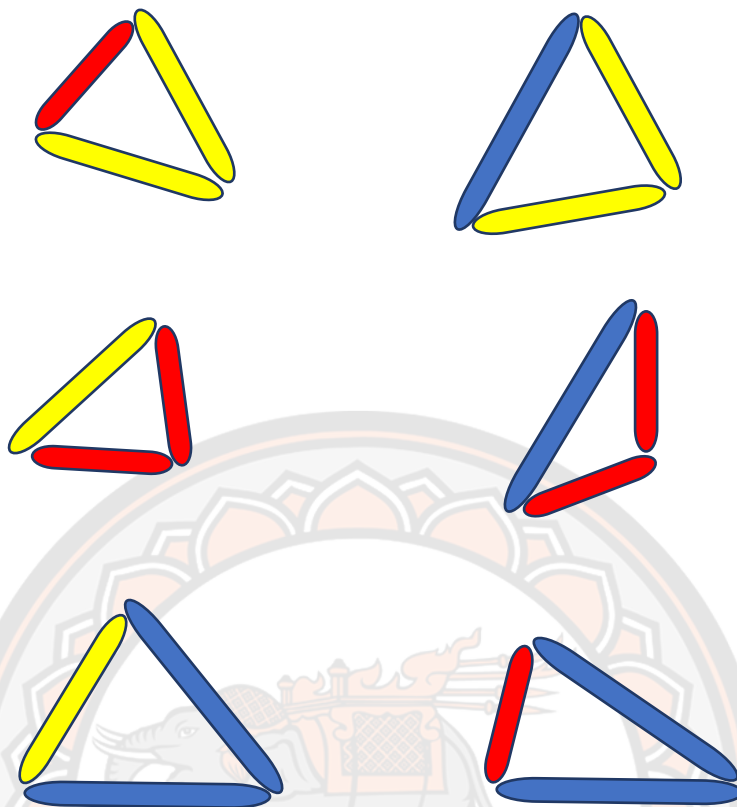
1. ครูสรุปการสร้างรูปสามเหลี่ยมโดยเชื่อมโยงจากแนวคิดของนักเรียน ซึ่งให้นักเรียนช่วยกันพิจารณาลักษณะรูปต่าง ๆ ของแต่ละคน “เปรียบเทียบรูปสามเหลี่ยมของเรากับเพื่อน ๆ”
 2. นักเรียนร่วมกันสรุปรูปแบบของรูปสามเหลี่ยมที่เกิดขึ้นจากการสร้างด้วยไม้ไอติมอย่างครบทุกกรณี
- กรณีที่ 1 รูปสามเหลี่ยมที่สร้างจากไม้ไอติมสีเดียวกันทั้งหมด



กรณีที่ 2 รูปสามเหลี่ยมที่สร้างจากไม้ไอติมสีต่างกันทั้งหมด



กรณีที่ 3 รูปสามเหลี่ยมที่สร้างจากไม้ไอติมเดียวกันอย่างน้อย 2 สี



ช่วงที่ 2

ชั้นนำเสนอสถานการณ์ปัญหา (5 นาที)

1. ครุณำรูปสามเหลี่ยมที่นักเรียนสร้างติดบนกระดาน สนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบของรูปสามเหลี่ยมต่าง ๆ
2. ครูและนักเรียนร่วมสนทนาว่าสังเกตเห็นอะไรจากรูปสามเหลี่ยมแต่ละรูป (สีของด้านแตกต่างกัน/ความยาวด้านไม่เท่ากัน/ลักษณะของรูปสามเหลี่ยมไม่เหมือนกัน)
3. ครุณำเสนอคำสั่งที่ 2 บนกระดาน

ชั้นนำนักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง (10 นาที)

1. ครูแจกใบกิจกรรมให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม
2. นักเรียนช่วยกันจัดกลุ่มรูปสามเหลี่ยมจากไม้ไอติม พร้อมกับการเขียนอธิบายเหตุผล โดยครุคอยกระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น และร่วมกันแก้ปัญหา
3. ครุสังเกตแนวคิดและวิธีการในการจัดกลุ่มรูปสามเหลี่ยมของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

ชั้นอภิปรายทั้งชั้นเรียน (10 นาที)

1. ครูถามนักเรียนว่า “นักเรียนแบ่งรูปสามเหลี่ยมได้กี่กลุ่ม” “นักเรียนใช้เกณฑ์อะไรในการแบ่งกลุ่มรูปสามเหลี่ยม” “แต่ละกลุ่มเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร” “นักเรียนมีวิธีการหรือหลักการใดในการจัดกลุ่มรูปสามเหลี่ยม”
2. ครูคาดการณ์แนวคิด เช่น การจัดกลุ่มของไม้ไอติมโดยใช้สีเป็นเกณฑ์ การจัดกลุ่มของไม้ไอติมโดยใช้ความยาวเป็นเกณฑ์ การจัดกลุ่มของไม้ไอติมโดยใช้ลักษณะและทิศทางของรูปสามเหลี่ยม
3. นักเรียนแสดงคำตอบอย่างหลากหลาย สนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็น สนับสนุนและโต้แย้งประเด็นต่าง ๆ

ชั้นสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน (5 นาที)

1. ครูและนักเรียนร่วมสนทนาในประเด็น การจัดกลุ่มของรูปสามเหลี่ยมแสดงให้เห็นความเชื่อมโยงของการใช้สีเป็นเกณฑ์กับความยาวของรูปสามเหลี่ยม
2. ครูสนทนาร่วมกับนักเรียน

“ถ้าใช้ไม้ไอติมสีเหมือนกันทั้งหมดรูปสามเหลี่ยมจะมีลักษณะอย่างไร”
(ความยาวด้านทั้งสามด้านของรูปสามเหลี่ยมจะยาวเท่ากัน)

“ถ้าใช้ไม้ไอติมสีเหมือนกัน 2 สี รูปสามเหลี่ยมจะมีลักษณะอย่างไร”
(ความยาวด้านทั้งสองด้านของรูปสามเหลี่ยมจะยาวเท่ากัน)

“ถ้าใช้ไม้ไอติมสีต่างกันทั้งหมด รูปสามเหลี่ยมจะมีลักษณะอย่างไร”
(ความยาวด้านทั้งสามด้านของรูปสามเหลี่ยมจะแตกต่างกัน)

เพื่อแสดงให้เห็นว่าสีของไม้ไอติมที่มีความยาวแตกต่างกัน จะส่งผลให้รูปสามเหลี่ยมต่างกัน
3. ร่วมกันสรุปการจัดกลุ่มของรูปสามเหลี่ยมและการเรียกชื่อ

รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า คือ รูปสามเหลี่ยมที่มีด้านทั้งสามยาวเท่ากัน

รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว คือ รูปสามเหลี่ยมที่มีด้านยาวเท่ากันสองด้าน

รูปสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า คือ รูปสามเหลี่ยมที่มีด้านทั้งสามยาวไม่เท่ากัน

การวัดผลและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	การวัด	เกณฑ์การประเมิน
1. ด้านความรู้ นักเรียนอธิบายเหตุผลในการจำแนกชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยพิจารณาจากความยาวด้านได้	ใบกิจกรรม	นักเรียนได้คะแนนระดับคุณภาพดีขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ <ul style="list-style-type: none"> ● ความสามารถในการแก้ปัญหา ● ความสามารถในการสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ ● ความสามารถในการเชื่อมโยง ● ความสามารถในการให้เหตุผลและการพิสูจน์ 	แบบประเมินด้านทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์	นักเรียนได้คะแนนระดับคุณภาพดีขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา <ul style="list-style-type: none"> ● คุณลักษณะการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมั่นใจ ● คุณลักษณะการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ 	แบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา	นักเรียนได้คะแนนระดับคุณภาพดีขึ้นไป

ความคิดเห็นผู้บริหาร

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ตรวจ

(.....)

ผู้อำนวยการโรงเรียน

วันที่.....

บันทึกหลังการเรียนการสอน

ด้านความรู้ (K)

.....
.....

ด้านทักษะ/กระบวนการ/กระบวนการคิด (P)

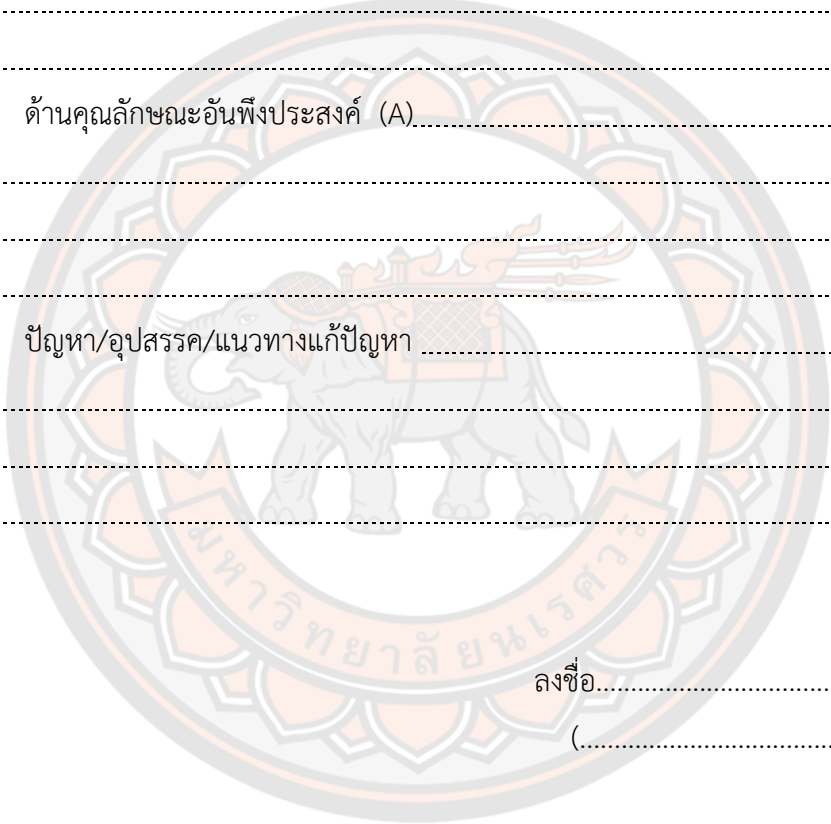
.....
.....

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A).....

.....
.....

ปัญหา/อุปสรรค/แนวทางแก้ปัญหา

.....
.....



ลงชื่อ..... ผู้สอน
(.....)

ใบกิจกรรม

“ไม่ไอติมหลากสีกับรูปสามเหลี่ยมของฉัน”

สมาชิก

1. 2. 3.



สถานการณ์ปัญหา : นักเรียนไม่ไอติมหลากสีที่มีขนาดแตกต่างกัน คือ สีแดง สีเหลือง สีนํ้าเงิน โดยแต่ละสี มี 15 อัน หากนักเรียนต้องการนำไม่ไอติมมาสร้างเป็นรูปสามเหลี่ยม จะสร้างได้แบบใดบ้าง

คำสั่ง 1 : ให้นักเรียนนำไม่ไอติมที่มีความยาวแตกต่างกัน สร้างรูปสามเหลี่ยมอย่างหลากหลายรูปแบบ แล้วติดลงบนกระดาษสามเหลี่ยม จะสร้างได้แบบใดบ้าง

คำสั่ง 2 : ให้นักเรียนจัดกลุ่มรูปสามเหลี่ยมที่ได้จากการสร้าง โดยระบุจำนวนกลุ่มและเขียนอธิบายเหตุผลในการจัดกลุ่ม

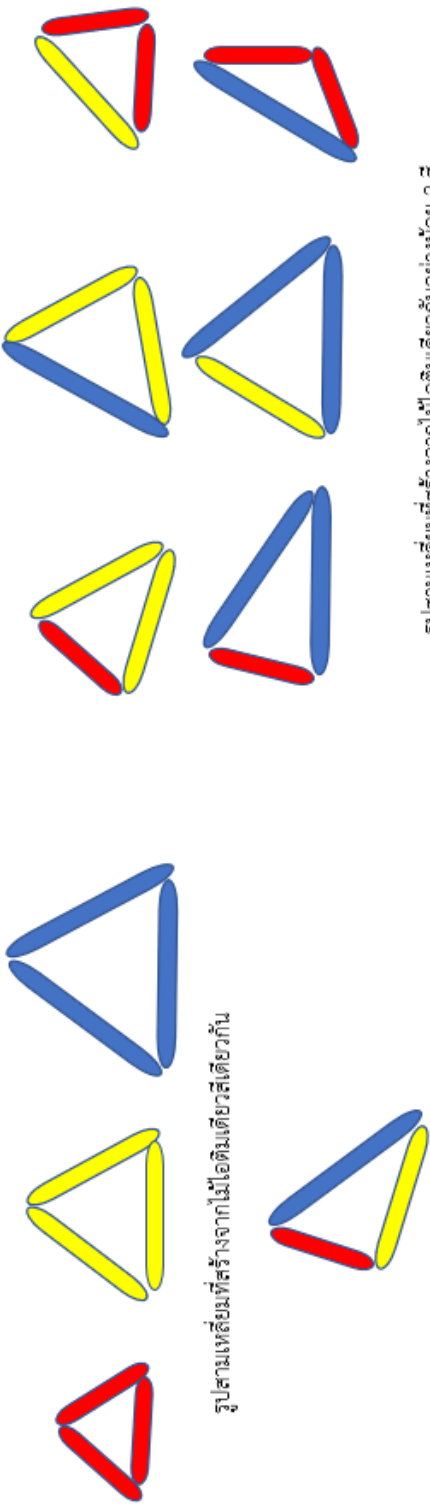


เฉลยใบกิจกรรม
“ไม่เอติมหลากสีกับรูปสามเหลี่ยมของฉัน”

สมาชิก
1. 2. 3.



สถานการณ์ปัญหา : นักเรียนมีไม่เอติมหลากสีที่มีขนาดแตกต่างกัน คือ สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน โดยแต่ละสี มี 15 อัน หากนักเรียนต้องการนำไม่เอติมมาสร้างเป็นรูปสามเหลี่ยม จะสร้างได้บ้าง
คำสั่ง 1 : ให้นักเรียนนำไม่เอติมที่มีความยาวแตกต่างกัน สร้างรูปสามเหลี่ยมอย่างหลากหลายรูปแบบ แล้ววัดลงบนกระดาษสามเหลี่ยม จะสร้างได้แบบใดบ้าง
คำสั่ง 2 : ให้นักเรียนจัดกลุ่มรูปสามเหลี่ยมที่ได้จากการสร้าง โดยระบุจำนวนกลุ่มและเขียนอธิบายเหตุผลในการจัดกลุ่ม



รูปสามเหลี่ยมที่สร้างจากไม่เอติมเดียวสีเดียวกัน

รูปสามเหลี่ยมที่สร้างจากไม่เอติมเดียวกันอย่างน้อย 2 สี

รูปสามเหลี่ยมที่สร้างจากไม่เอติมสีต่างกันทั้งหมด

อธิบาย : จัดกลุ่มรูปสามเหลี่ยมได้ 3 กลุ่ม โดยพิจารณาจากความยาวด้าน

เกณฑ์การวัดและประเมินผลการตรวจใบกิจกรรมกลุ่ม
รายวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 รูปสามเหลี่ยม

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน		รวม
	1	0	
การอธิบายเหตุผลในการจำแนกชนิดของรูปสามเหลี่ยม โดยพิจารณาจากความยาวด้านได้			

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

คะแนน

1

0

ระดับคุณภาพ

ผ่าน

ไม่ผ่าน



เกณฑ์การวัดและประเมินด้านทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

รายวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 รูปสามเหลี่ยม

คำชี้แจง ให้เขียนคะแนนการประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน				รวม 12 คะแนน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
		การแก้ปัญหา (3 คะแนน)	การสื่อสาร (3 คะแนน)	การให้เหตุผล (3 คะแนน)	การเชื่อมโยง (3 คะแนน)			
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

เกณฑ์การพิจารณา

ด้านทักษะ/ กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
การแก้ปัญหา	3	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาได้สำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ และอธิบายขั้นตอนของวิธีการดังกล่าวได้อย่างชัดเจน
	2	มียุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาได้สำเร็จ แต่ไม่สามารถอธิบายขั้นตอนของวิธีการดังกล่าว
	1	มีหลักฐานหรือร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหาบางส่วน แต่แก้ปัญหาไม่สำเร็จ
ความสามารถใน การสื่อสารและ การสื่อความหมาย	3	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องและมีรายละเอียดสมบูรณ์
	2	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ชัดเจนบางส่วน แต่ขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์

ด้านทักษะ/ กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
ทางคณิตศาสตร์	1	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ อย่างง่าย ๆ รายละเอียดข้อมูลไม่ชัดเจน
การให้เหตุผล	3	มีการอ้างอิงที่ถูกต้อง และเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล
	2	มีการอ้างอิงที่ถูกต้องบางส่วน และเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ แต่อาจไม่สมเหตุสมผลในบางกรณี
	1	มีการเสนอแนวคิดที่ไม่สมเหตุสมผลในการ ตัดสินใจ และไม่ระบุการอ้างอิง
ความสามารถใน การเชื่อมโยง	3	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทาง คณิตศาสตร์ ในการเชื่อมโยงกับสาระ คณิตศาสตร์หรือสาระอื่นในชีวิตประจำวันเพื่อช่วยในการแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ได้อย่างสอดคล้องและเหมาะสม
	2	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทาง คณิตศาสตร์ ในการเชื่อมโยงกับสาระ คณิตศาสตร์ได้บางส่วน
	1	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทาง คณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงไม่เหมาะสม

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน

ระดับคุณภาพ

10 - 12

ดีมาก

7 - 9

ดี

4 - 6

พอใช้

0 - 3

ปรับปรุง

ผ่านเกณฑ์ ดี

แบบสังเกต คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา
ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น
คาบเรียนที่ กิจกรรม.....

คำชี้แจง ให้ผู้สังเกตทำเครื่องหมาย / ในช่องว่างที่ตรงกับคุณลักษณะของนักเรียน

คุณลักษณะ	ระดับคุณลักษณะ			
	เริ่มมี	พัฒนา	ชำนาญ	เชี่ยวชาญ
1. นักเรียนตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยสามารถอธิบายความหมายของปัญหาด้วยตัวเองได้				
2. นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้				
3. นักเรียนทำความเข้าใจ หรือคาดการณ์ วางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ หรือการร่างแผนการคร่าว ๆ หรือการตั้งสมมติฐานผ่านภาพประกอบ หรือแสดงท่าทางประกอบ				
4. นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาในคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม				
5. นักเรียนตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความ รอบคอบ ระมัดระวัง				
6. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้ง หรือสนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้				

บันทึกเพิ่มเติม

.....

.....

.....

แบบสังเกต คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา
ด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ
คาบเรียนที่ กิจกรรม.....

คำชี้แจง ให้ผู้สังเกตทำเครื่องหมาย / ในช่องว่างที่ตรงกับคุณลักษณะของนักเรียน

คุณลักษณะ	ระดับคุณลักษณะ			
	เริ่มมี	พัฒนา	ชำนาญ	เชี่ยวชาญ
1. นักเรียนสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจน ในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบาย ซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมาย ของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด				
2. นักเรียนคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิง ตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท				

บันทึกเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....