

การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT

Development of Mathematical Problem-Solving Ability on Prism and Cylindrical
for Grade 8 Students using GeoGebra to Organize 4 MAT Learning Activities

วันที่รับบทความ: 18 พ.ย. 66

วันที่แก้ไขบทความ: 2 มิ.ย. 67

วันที่ตอบรับ: 10 ก.ค. 67

มัณฑิตา พรอมวงษา¹

Manthita Promwongsa¹

วรรณธิดา ยลวิลาด²

Wannatida Yonwilad²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนดงมูลวิทยาคม อำเภอหนองกุงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทำวงจร สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT เพิ่มขึ้น โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 72 วงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 88 และวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 96

คำสำคัญ : การเรียนรู้แบบ 4 MAT การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โปรแกรม GeoGebra มัธยมศึกษาปีที่ 2

¹ ศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ (2566)

¹ Bachelor of Education (Mathematics) Faculty of Education and Educational Innovation, Kalasin University. (2023).

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ (อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก)

² Assistant Professor (Mathematics) Faculty of Education and Educational Innovation, Kalasin University. (Advisor).

Abstract

This research is action research. The objective was to develop the ability to solve mathematical problems on Prism and Cylindrical for grade 8 students using GeoGebra to organize 4 MAT learning activities. The sample used in the research was 25 students in grade 8 who are studying in Semester 1 of the academic year 2023 at Dongmoon Wittayakhom School, Nong Kung Si District, Kalasin Province. The data were analyzed using averages, standard deviations, and percentages. Research instruments include: 1) Prism and Cylindrical Mathematics Learning Management Plan for Math students using GeoGebra to organize 4 MAT learning activities 2) End-cycle math problem-solving ability test. The statistics used to analyze data include percentage, average and standard deviation

The results showed that the students in the sample group had increased scores for the ability to solve problems after the learning using GeoGebra to organize 4 MAT learning activities. In the first operating cycle, 18 students passed the 70% standard, namely 72%. In the second operating cycle, 22 students have passed the 70% standard, accounting for 88%, and in the third operating cycle, 24 students have passed the 70% standard, accounting for 96%.

Keywords: 4 MAT Learning, Mathematics Problem Solving, GeoGebra Program, Grade 8 Students

บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ช่วยในการพัฒนาทักษะความคิดอย่างเป็นระบบตรรกะ และความคิดสร้างสรรค์ โดยช่วยให้มนุษย์สามารถวิเคราะห์ปัญหาให้ละเอียดและรอบคอบมากขึ้น เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ไม่เพียงแต่เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเท่านั้น แต่ยังเป็นปัจจัยที่ช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตและสร้างความสามัคคีในการใช้ชีวิตร่วมกัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (IPST) พ.ศ. 2551) นอกจากนี้ คณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่สำคัญต่อการพัฒนาปัญญาของมนุษย์ ความคิดสร้างสรรค์ที่มาจากคณิตศาสตร์สามารถช่วยให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างแม่นยำและทำให้สามารถทำการพยากรณ์และวางแผนได้อย่างแม่นยำ คณิตศาสตร์สามารถนำมาใช้ร่วมกับวิทยาศาสตร์เพื่อเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติได้อย่างดี นอกจากนี้ทักษะทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต ดังนั้น ครูคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างการคิดวิเคราะห์และความสร้างสรรค์ของนักเรียนซึ่งจะนำไปสู่การวิเคราะห์และแก้ปัญหอย่างละเอียดอ่อน (ณรงค์ ปุณนิม, 2563 : 1)

นักเรียนหลายคนไม่สามารถพัฒนาทักษะในการคิดระดับสูงและการแก้ปัญหาได้สำเร็จ ผลการศึกษาระดับนานาชาติ เช่น TIMSS ในปี ค.ศ. 2007 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนไทยในวิชาคณิตศาสตร์ต่ำกว่ากลุ่มนานาชาติ (TIMSS, 2007 : 17) นอกจากนี้ PISA (โปรแกรมประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนระดับนานาชาติ) ในปี ค.ศ. 2012 แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างจาก 64 ประเทศ องค์การความร่วมมือทางเศรษฐกิจและพัฒนาผลการทดสอบ O-NET (การสอบประจำปีของสถาบันการทดสอบการศึกษาแห่งชาติ) แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยในวิชาคณิตศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในระดับประเทศ คะแนนเฉลี่ยของวิชาคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 คือ 24.39% (สถาบันบริการการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2566)

จากที่ผู้วิจัย ได้มีโอกาสฝึกปฏิบัติการสอนและสังเกตชั้นเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจปัญหาและยังไม่สามารถแก้ปัญหาเรื่องปริซึมและทรงกระบอกได้ หมายความว่า เมื่อมีโจทย์หรือแบบฝึกหัดให้ทำ นักเรียนมักจะตีความปัญหาทางคณิตศาสตร์ผิด หรือตีโจทย์ไม่เป็น สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งรากฐานที่ช่วยให้สามารถแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ และอาจส่งผลต่อการเรียนในเนื้อหาอื่น ๆ ต่อไป กระบวนการเรียนการสอน จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยพัฒนาด้านสติปัญญา และความคิดของนักเรียน ฉะนั้นการเลือกวิธีการสอนที่เหมาะสมหรือการเลือกประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ดีให้กับนักเรียนนั้นผู้เรียนได้ฝึกคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งผู้วิจัยได้ค้นพบวิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ของ McCharthy ที่มีความน่าสนใจเป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

การจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นการจัดการเรียนรู้ที่คำนึงถึงรูปแบบการเรียนรู้ของกลุ่มผู้เรียน 4 คุณลักษณะ กับการพัฒนาการสมองซีกซ้ายและซีกขวาอย่างสมดุล เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้ตามแบบและความต้องการของตนเองอย่างเหมาะสมและสามารถพัฒนาตนเองอย่างเต็มตามศักยภาพ (สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ, 2558 : 154) กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้โดยวิธีแบบ 4 MAT มีจุดเด่น คือ จะช่วยส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกรอบความแตกต่างระหว่างบุคคล ได้แก่ ช่วงที่ 1 การนำเสนอประสบการณ์ที่มีความสัมพันธ์กับผู้เรียน แบ่งออกเป็น ชั้นที่ 1 การเสริมสร้างประสบการณ์ และ ชั้นที่ 2 การวิเคราะห์ประสบการณ์ที่ได้รับ ช่วงที่ 2 การเสนอเนื้อหาสาระข้อมูลแก่ผู้เรียน แบ่งออกเป็น ชั้นที่ 3 การบูรณาการประสบการณ์สร้างความคิดรวบยอด และ ชั้นที่ 4 การพัฒนาเป็นความคิดรวบยอด ช่วงที่ 3 การฝึกปฏิบัติเพื่อพัฒนาความคิดรวบยอด แบ่งออกเป็น ชั้นที่ 5 ปฏิบัติตามขั้นตอน และ ชั้นที่ 6 การนำเสนอผลการปฏิบัติงาน ช่วงที่ 4 การนำความคิดรวบยอดไปสู่การประยุกต์ใช้ แบ่งออกเป็น ชั้นที่ 7 การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้พัฒนางาน และ ชั้นที่ 8 การนำเสนอผลงานการเผยแพร่ (Thanida Ruangtrakun and Supotch Chaiyasang, 2019) และนอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้สังเกตเห็น โปรแกรม GeoGebra ที่จะเข้ามาช่วยในการประกอบการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบที่อธิบายให้เข้าใจในทางเรขาคณิตมากขึ้น

โปรแกรม GeoGebra เป็นซอฟต์แวร์สำหรับสร้างสื่อการเรียนการสอนในเนื้อหาในระดับมัธยมศึกษาถึงอุดมศึกษา มีศักยภาพที่จะส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ส่งเสริมการทดลองทางคณิตศาสตร์ เป็นซอฟต์แวร์ที่เชื่อมโยงเรขาคณิต พีชคณิตและสเปรดชีตเข้าด้วยกัน และเป็นพลวัตเต็มรูปแบบ (Hohenwarter, 2018) โปรแกรมสามารถแสดงทั้งองค์ประกอบพีชคณิตเชิงจำนวน แสดงพิกัด สมการ หรือสมการอิงพารามิเตอร์ องค์ประกอบเชิงเรขาคณิตเป็นชุดวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับองค์ประกอบเชิงพีชคณิต มีงานวิจัยมากมายที่รายงานว่าการใช้ GeoGebra มีผลดีต่อความสำเร็จและความเข้าใจของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ (Zengin and Tatar, 2017) ทั้งคู่ค้นพบในเชิงบวกเกี่ยวกับความสามารถและความสำเร็จของนักเรียนเมื่อพวกเขาใช้ GeoGebra ในการสอน ฟังก์ชันกำลังสอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Richardson and Koyunkaya (2017) โดยมุ่งเน้นไปที่ ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับค่าจำกัดความของมุม ซึ่งพบว่า GeoGebra ส่งผลทางบวกเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจของนักเรียน นอกจากนี้ Hutkemri and Akmar (2016) พบว่านักเรียนที่ใช้ GeoGebra แสดงให้เห็นถึงความรู้เชิงแนวคิดและความรู้เชิงกระบวนการของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมากซึ่งส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน

ดังนั้นจากที่กล่าวมาข้างต้น การใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนการสอนแบบ 4 MAT ผู้วิจัยจึงสนใจการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT

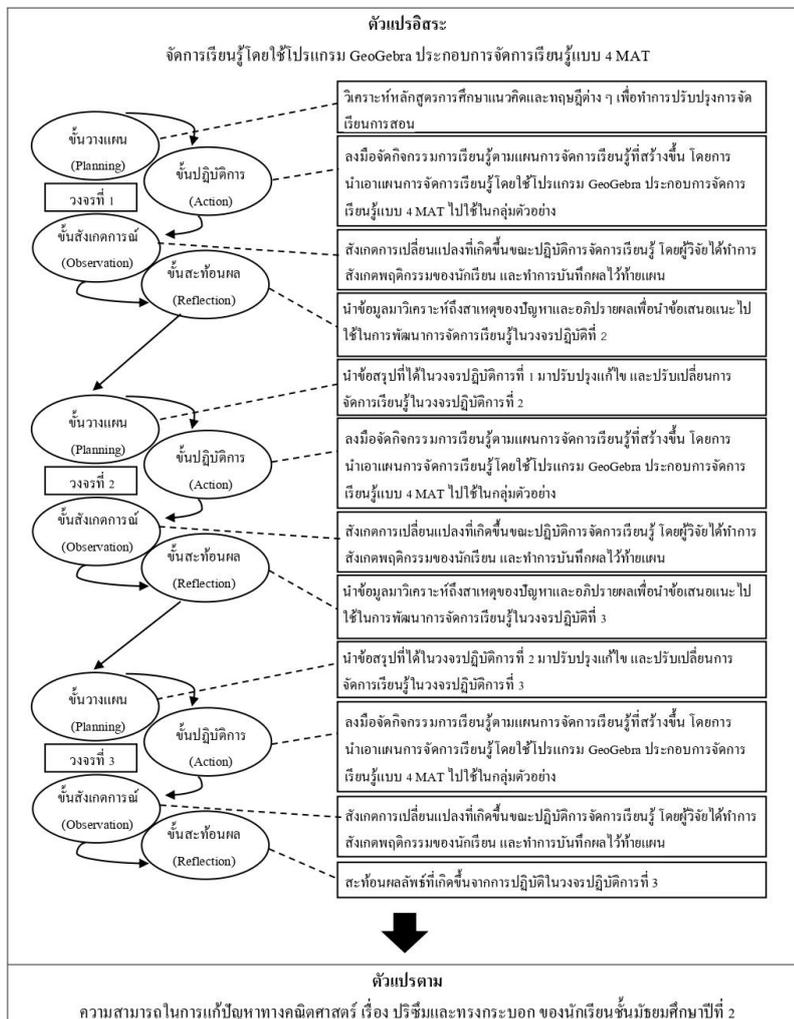
วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT

ประโยชน์ของการศึกษา

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT
2. นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ได้ดีขึ้น

กรอบแนวคิด



วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนดงมูลวิทยาคม อำเภอหนองสูง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 76 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนดงมูลวิทยาคม อำเภอหนองสูง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 25 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) (ประสาธน์ เนื่องเฉลิม, 2563 : 136)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือวิจัย

<p>เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT จำนวน 7 แผน</p>	<p>เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อดันย 6 ข้อ</p>
<p>กำหนดจุดมุ่งหมายในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้</p>	<p>ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อให้ทราบเนื้อหา สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด โครงสร้าง เวลา เรียน คำอธิบายรายวิชา การวัดและประเมินผล</p>
<p>ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)</p>	<p>กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบ โดยใช้แบบทดสอบแบบ อดันย จำนวน 10 ข้อ</p>
<p>ศึกษารูปแบบการเรียนแบบ 4 MAT และ โปรแกรม GeoGebra</p>	<p>นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา</p>
<p>สร้างแผนการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4</p>	<p>นำแบบทดสอบ ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก</p>
<p>นำแผนการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้</p>	<p>คัดเลือกข้อสอบ และจัดพิมพ์ข้อสอบฉบับจริง</p>
<p>นำแผนการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้ มาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง</p>	
<p>จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ฉบับจริง</p>	

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT จำนวน 7 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง รวม 7 ชั่วโมง มีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) พบว่า มีค่าเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้ 0.67 – 1.00

2.2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก เป็นข้อสอบ แบบอัตนัย 6 ข้อ หากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยใช้สูตร (IOC) (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) พบว่ามีค่าความยากตั้งแต่ 0.467 ถึง 0.55 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.233 ถึง 0.5 และ ข้อสอบอัตนัยฉบับนี้มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.834

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามแนวคิดของ (Kemmis and Mc Taggart, 1988) โดยดำเนินการทั้งสิ้น 3 วงจรปฏิบัติการตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ขั้นวางแผน (Planning)

เป็นขั้นที่ผู้วิจัยวิเคราะห์หลักสูตรการศึกษา แนวคิด และทฤษฎีต่าง ๆ เพื่อทำการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน แล้วกำหนดเนื้อหาที่จะใช้ในการสอน จากนั้นดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ต่อมานำไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา และแก้ไขตามคำแนะนำ และนำแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือวิจัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้และความเหมาะสมของเนื้อหา จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ให้ถูกต้องมากขึ้น

3.2 ขั้นปฏิบัติการ (Action)

เป็นขั้นตอนการวิจัยลงมือจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น โดยให้นำเอาแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT ไปใช้ในกลุ่มตัวอย่าง โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ประกอบด้วย แผนที่ 1 เรื่องการหาพื้นที่ของรูปเรขาคณิตสองมิติ แผนที่ 2 เรื่องลักษณะของปริซึม ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ประกอบด้วย แผนที่ 3 เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึม แผนที่ 4 เรื่องการหาปริมาตรของปริซึม และวงจรปฏิบัติการที่ 3 ประกอบด้วย แผนที่ 5 เรื่องส่วนประกอบของทรงกระบอก แผนที่ 6 เรื่องพื้นที่ผิวของทรงกระบอก แผนที่ 7 เรื่องปริมาตรของทรงกระบอก

3.3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observation)

เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน และทำการบันทึกผลไว้ท้ายแผน จากนั้นประเมินความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวงจรปริซึมและทรงกระบอก หลังจากทำการเก็บข้อมูลเสร็จสิ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่องการหาพื้นที่ของรูปเรขาคณิตสองมิติและลักษณะของปริซึม เป็นแบบอัตนัย 2 ข้อ วงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวงจรคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึมและการหาปริมาตรของปริซึม เป็นแบบอัตนัย 2 ข้อ และวงจรปฏิบัติการที่ 3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวงจรคณิตศาสตร์ เรื่อง ส่วนประกอบของทรงกระบอก พื้นที่ผิวของทรงกระบอก และปริมาตรของทรงกระบอก เป็นแบบอัตนัย 2 ข้อ จากนั้นทำการบันทึกข้อมูลของนักเรียนหลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอนแต่ละวงจรปฏิบัติการ

3.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflection)

เป็นการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาและอภิปรายผลเพื่อนำข้อเสนอแนะไปใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติต่อไปให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น โดยผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลและสะท้อนผลจากการสังเกต แบบบันทึกหลังการสอน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาปริซึมและทรงกระบอก โดยนำข้อสรุปที่ได้ในแต่ละวงจรปฏิบัติมาปรับปรุงแก้ไข และปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติถัดไปให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จากนั้นนำผลที่ได้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติมาสรุปว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ คำนวณจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทำวงจร มาวิเคราะห์ด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ (%) เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากการสังเกต และแบบบันทึกหลังสอน แล้วนำเสนอในรูปแบบการบรรยาย

สรุปผลการวิจัย

วงจรปฏิบัติครั้งที่ 1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT ซึ่งขั้นตอนที่เลือกใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบ คือ ขั้นที่ 3 บูรณาการการสังเกตไปสู่ความคิดรวบยอด จำนวน 2 แผนการเรียนรู้ แผนละ 1 ชั่วโมง ประกอบด้วย 1) เรื่อง การหาพื้นที่ของรูปเรขาคณิตสองมิติ และ 2) เรื่อง ลักษณะของปริซึม จากนั้นได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ปริซึมและทรงกระบอก ซึ่งมีลักษณะเป็นอัตนัย จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน โดยสามารถสรุปผล ของวงจรปฏิบัติครั้งที่ 1 ผลที่ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ และคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามขั้นตอนดำเนินการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติครั้งที่ 1

วงจรปฏิบัติ	จำนวนนักเรียน				ความสามารถในการแก้ปัญหา			
	ผ่านเกณฑ์		ไม่ผ่านเกณฑ์		ค่าเฉลี่ย/ร้อยละ			
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	ขั้นที่ 1	ขั้นที่ 2	ขั้นที่ 3	ขั้นที่ 4
1	18	72	7	28	คะแนนเต็ม (1)	คะแนนเต็ม (1)	คะแนนเต็ม (2)	คะแนนเต็ม (1)
					0.78 (78.57%)	0.71 (71.43%)	0.50 (25%)	0.00 (0%)

จากตารางที่ 1 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 25 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 72 และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 28 และเมื่อวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ปริซึมและทรงกระบอก ตามขั้นตอนดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT ของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จาก คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ในขั้นที่ 1 ชั้นศึกษาโจทย์ปัญหา มีค่าเฉลี่ย 0.78 คิดเป็นร้อยละ 78.57 ขั้นที่ 2 การแปลงข้อมูลในโจทย์ปัญหา มีค่าเฉลี่ย 0.71 คิดเป็นร้อยละ 71.43 ขั้นที่ 3 ชั้นหาคำตอบของโจทย์ปัญหา มีค่าเฉลี่ย 0.50 คิดเป็นร้อยละ 25 และขั้นที่ 4 ชั้นตรวจคำตอบจากเงื่อนไขของโจทย์ มีค่าเฉลี่ย 0 คิดเป็นร้อยละ 0

เมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา บันทึกหลังการสอน และสอบถามนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ไม่ผ่านร้อยละ 70 พบว่า นักเรียนในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 มีปัญหาเพียงเล็กน้อย แต่ไม่สามารถแก้โจทย์ได้ และนักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมนานเกินไป ทำให้กิจกรรมบางขั้นไม่บรรลุตามเวลาที่กำหนดไว้ เช่น เมื่อทำใบงานร่วมกันในชั้นเรียน มีนักเรียนบางส่วนที่พูดคุยหรือช่วยเหลือกัน แต่บางคนไม่สนใจและไม่อยากทำใบงาน ดังนั้นจึงไม่ใช่ทุกคนที่เข้าใจปัญหาดีนัก นักเรียนบางคนยังไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ในการนำสิ่งที่เรียนรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเอง ทำให้ไม่อยากคิดและลอกเลียนแบบคนอื่น นักเรียนส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยกับการการแก้ปัญหา นักเรียนสามารถเขียนได้เฉพาะข้อมูลที่โจทย์ปัญหาให้มาเท่านั้น แต่นักเรียนยังมีข้อผิดพลาด และคำตอบมักจะผิดเพราะยังไม่เข้าใจในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ และไม่สามารถตรวจสอบคำตอบเองได้ ดังนั้นนักเรียนจึงไม่รู้ว่าตนเองผิด คะแนนของนักเรียนจึงไม่ดีพอ ผู้วิจัยจึงสรุปปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางในการแก้ไขเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งแสดงข้อมูลได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
1. นักเรียนใช้เวลาในการทำใบงานเกินเวลาที่กำหนด	ครูควรกำหนดเวลาให้ชัดเจนว่าแต่ละข้อใช้เวลาเท่าไร และส่งสัญญาณเตือนเมื่อใกล้จะหมดเวลา
2. นักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับนำมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ	ครูฝึกให้นักเรียนสังเกตและทำความเข้าใจกับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ เพื่อเชื่อมโยงความรู้
3. นักเรียนสามารถเขียนแสดงสิ่งที่โจทย์กำหนดให้หรือสิ่งที่โจทย์ให้หาได้ถูกต้องเพียงอย่างเดียวหนึ่งหรือเขียนแสดงทั้งสองอย่างแต่ยังไม่ถูกต้องครบถ้วน	ครูกำชับให้นักเรียน เขียนอธิบายและระบุข้อมูลที่สำคัญในโจทย์ปัญหา เพื่อจะช่วยให้สามารถจำแนกข้อมูลที่อยู่ในโจทย์ปัญหาได้ถี่ถ้วน ว่าโจทย์กำหนดอะไร โจทย์ต้องการให้หาอะไร
4. นักเรียนสามารถเขียนแผนผังหรือเติมคำในผังความคิดได้ถูกต้องแล้วแปลงข้อมูลในโจทย์ไปสู่	ครูกำชับให้นักเรียนตรวจสอบอย่างถี่ถ้วน เพื่อเป็นการทบทวนว่า นักเรียนมีการเขียนเครื่องหมายหรือตัวเลขในประโยคสัญลักษณ์ผิดหรือไม่

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
<p>ประโยคสัญลักษณ์ได้ แต่มีการเขียนเครื่องหมายหรือตัวเลขในประโยคสัญลักษณ์ผิดไปบ้างในบางส่วน</p> <p>5. นักเรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาจากประโยคสัญลักษณ์จนได้คำตอบ แต่คำตอบ ไม่ถูกต้อง เนื่องจากการดำเนินการแก้ระบบสมการ โดยมีการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ผิด</p> <p>6. นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีการขึ้นตรวจคำตอบจากเงื่อนไขของโจทย์ได้</p>	<p>กำกับให้นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบให้ละเอียด ทำเป็นขั้นตอนและให้รอบคอบเรื่องกระบวนการคำนวณทางคณิตศาสตร์</p> <p>ครูยกตัวอย่างวิธีการทบทวนคำตอบจากโจทย์ปัญหาให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติม และชี้แนะให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการทบทวนคำตอบ เพื่อที่จะรู้ว่าคำตอบที่เราได้มานั้นถูกต้องสมเหตุสมผลตรงตามเงื่อนไขหรือไม่อย่างไร</p>

วงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT ซึ่งขั้นตอนที่เลือกใช้โปรแกรม GeoGebra ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 คือ ขั้นที่ 1 ขั้นที่ 2 และขั้นที่ 3 และเพิ่มสื่อที่เป็นสิ่งของในชีวิตประจำวันในขั้นที่ 5 จำนวน 2 แผนการเรียนรู้ แผนละ 1 ชั่วโมง ประกอบด้วย 1) เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม 2) เรื่อง การหาปริมาตรของปริซึม และได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาปริซึมและทรงกระบอก ซึ่งมีลักษณะเป็นอัตนัย จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน โดยสามารถสรุปผล ของวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผลที่ได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปผลจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ และคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามขั้นตอนดำเนินการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

วงจรปฏิบัติการ	จำนวนนักเรียน				ความสามารถในการแก้ปัญหา			
	ผ่านเกณฑ์		ไม่ผ่านเกณฑ์		ค่าเฉลี่ย/ร้อยละ นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์			
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	ขั้นที่ 1	ขั้นที่ 2	ขั้นที่ 3	ขั้นที่ 4
					คะแนนเต็ม (1)	คะแนนเต็ม (1)	คะแนนเต็ม (2)	คะแนนเต็ม (1)
2	4	57.14	3	42.86	1.00	0.81	0.34	0.43
					(100%)	(81.25%)	(34.38%)	(43.75%)

จากตารางที่ 3 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 7 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 57.14 และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน

3 คน คิดเป็นร้อยละ 42.86 และเมื่อวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทักษะคณิตศาสตร์ปริซึมและทรงกระบอก ตามขั้นตอนดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT ของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จากคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ในชั้นที่ 1 ชั้นศึกษาโจทย์ปัญหา มีค่าเฉลี่ย 1.0 คิดเป็นร้อยละ 100 ชั้นที่ 2 การแปลงข้อมูลในโจทย์ปัญหา มีค่าเฉลี่ย 0.81 คิดเป็นร้อยละ 81.25 ชั้นที่ 3 ชั้นหาคำตอบของโจทย์ปัญหา มีค่าเฉลี่ย 0.34 คิดเป็นร้อยละ 34.38 และชั้นที่ 4 ชั้นตรวจคำตอบจากเงื่อนไขของโจทย์ มีค่าเฉลี่ย 0.43 คิดเป็นร้อยละ 43.75

เมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา บันทึกหลังสอน และสอบถามนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาไม่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 พบว่า นักเรียนบางคนไม่ค่อยให้ความสนใจและไม่ให้ความร่วมมือในการฟังครูอธิบาย และในสัปดาห์งานที่ให้นักเรียนทำทำแผน นักเรียนแต่ละคนสามารถแก้ปัญหาคืออย่างเป็นขั้นตอนมีการวางแผนเป็นระดับขั้นตอนได้ดี แต่ในขั้นการแปลงโจทย์ปัญหาส่วนมากนักเรียนลืมสัญลักษณ์ทางเครื่องหมายคณิตศาสตร์และแทนค่าในสูตรผิด ก่อนที่จะนำไปหาคำของตัวแปรในสูตร และขั้นหาคำตอบของโจทย์ปัญหานักเรียนมักไม่แสดงวิธีหาคำตอบยังขาดทักษะกระบวนการคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบ อีกทั้งขั้นทบทวนคำตอบของโจทย์ปัญหา นักเรียนมักไม่แสดงวิธีตรวจคำตอบที่ได้มาหรือขั้นของการหาคำตอบที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ ทำให้คำตอบที่ได้เกิดความผิดพลาด จึงเป็นผลให้นักเรียนมีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยจึงได้สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไขปัญหาเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ซึ่งแสดงข้อมูลได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปัญหาและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
1. นักเรียนบางกลุ่มที่ยังไม่เข้าใจวิธีการแปลง โจทย์	ครูต้องอธิบายวิธีการแปลง โจทย์ออกมาให้อยู่ในรูปแบบที่เป็นค่าของตัวแปรที่อยู่ในสูตรเพื่อใช้ในการดำเนินการหาคำตอบ พร้อมสาธิตวิธีการในการแปลง โจทย์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
2. ในขั้นการแปลง โจทย์ปัญหาส่วนมากนักเรียนลืมสัญลักษณ์ทางเครื่องหมายคณิตศาสตร์	ครูคอยกำชับให้นักเรียนตรวจสอบเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ให้เรียบร้อยเพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาด
3. ในขั้นหาคำตอบของ โจทย์ปัญหานักเรียนไม่สามารถหาคำตอบ ได้	ครูสาธิตวิธีการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ให้ได้มาซึ่ง คำตอบของ โจทย์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น
4. ในขั้นตรวจคำตอบนักเรียนไม่แสดงวิธีตรวจ คำตอบที่ได้หรือขาดการทบทวนคำตอบที่ถูกต้อง	ครูคอยกำชับให้นักเรียนเขียนทบทวนคำตอบของตนเองให้สมบูรณ์ เพื่อลดความผิดพลาดของคำตอบที่ได้

วงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT ซึ่งขั้นตอนที่เลือกใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 คือ ชั้นที่ 2 ชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 และเพิ่มสื่อที่เป็นสิ่งของในชีวิตประจำวันในชั้นที่ 5 จำนวน 3 แผนการเรียนรู้ แผนละ 1 ชั่วโมง

ประกอบด้วย 1) เรื่อง ส่วนประกอบของทรงกระบอก 2) เรื่อง พื้นที่ผิวของทรงกระบอก 3) เรื่อง ปริมาตรของทรงกระบอก และได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาปริซึมและทรงกระบอก ซึ่งมีลักษณะเป็นอัตนัย จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน โดยสามารถสรุปผล ของวงจรปฏิบัติการที่ 3 แสดงผลที่ได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สรุปผลจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ และคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามขั้นตอนดำเนินการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

วงจร ปฏิบัติการ	จำนวนนักเรียน				ความสามารถในการแก้ปัญหา			
	ผ่านเกณฑ์		ไม่ผ่านเกณฑ์		ค่าเฉลี่ย/ร้อยละ นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์			
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4
					คะแนนเต็ม (1)	คะแนนเต็ม (1)	คะแนนเต็ม (2)	คะแนนเต็ม (1)
3	2	66.67	1	33.33	1.00 (100%)	1.00 (100%)	0.50 (50.00%)	0.00 (0%)

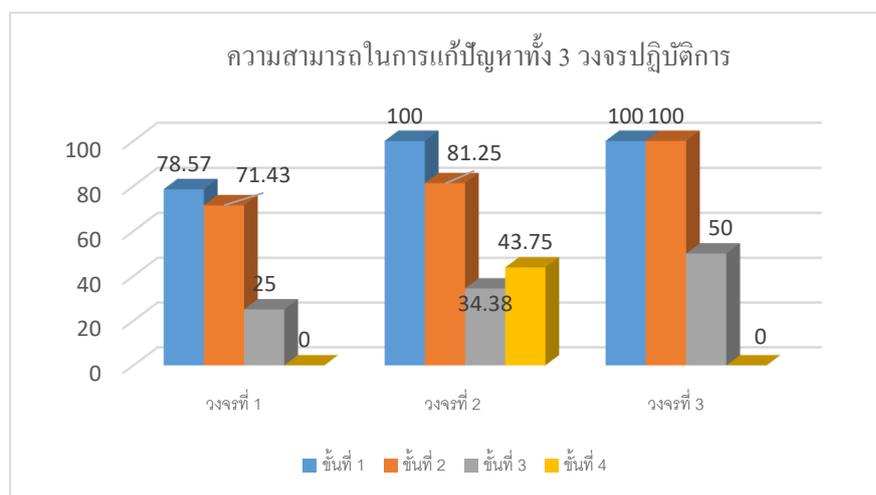
จากตารางที่ 5 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 3 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 และเมื่อวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหามาตามขั้นตอนดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT ของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จากคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ในชั้นที่ 1 ชั้นศึกษาโจทย์ปัญหา มีค่าเฉลี่ย 1.00 คิดเป็นร้อยละ 100 ชั้นที่ 2 การแปลงข้อมูลในโจทย์ปัญหา มีค่าเฉลี่ย 1.00 คิดเป็นร้อยละ 100 ชั้นที่ 3 ชั้นหาคำตอบของโจทย์ปัญหา มีค่าเฉลี่ย 0.50 คิดเป็นร้อยละ 50.00 และชั้นที่ 4 ชั้นตรวจคำตอบจากเงื่อนไขของโจทย์ มีค่าเฉลี่ย 0 คิดเป็นร้อยละ 0

เมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา แบบบันทึกหลังสอน และสอบถามนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในการศึกษาโจทย์และแปลงโจทย์ได้ตามคำในสูตร แต่นักเรียนขาดทักษะกระบวนการในการดำเนินการเพื่อหาคำตอบของระบบสมการ เช่นเมื่อนักเรียนแทนค่าตัวแปรลงในสูตรเสร็จแล้ว นักเรียนก็ดำเนินการแก้สมการเพื่อหาคำตอบได้แต่คำตอบที่ได้นั้นถูกต้องเพียงบางส่วน จึงเป็นผลให้ไม่สามารถแสดงวิธีการทบทวนคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ได้ ทำให้คะแนนของนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยจึงสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข ปัญหาเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป ซึ่งแสดงข้อมูลได้ดังตารางที่ 6

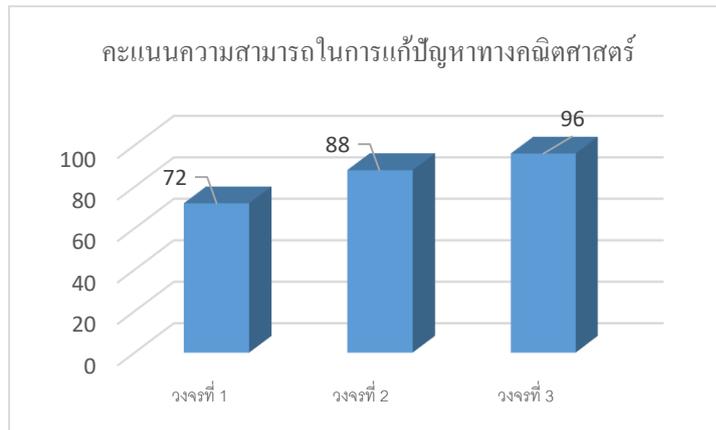
ตารางที่ 6 ปัญหาและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
1. นักเรียนขาดทักษะกระบวนการในการดำเนินการเพื่อหาคำตอบของระบบสมการ	ครูต้องอธิบายและสาธิตกระบวนการและวิธีการในการหาคำตอบของ โจทย์ปัญหา เพื่อให้ นักเรียนเข้าใจในวิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบของ โจทย์
2. นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีการทบทวนคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ได้	ครูยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา ที่มีความซับซ้อนและมีความใกล้เคียงกันกับแบบทดสอบ จากนั้นอธิบายแสดงวิธีการทบทวนคำตอบให้นักเรียนศึกษาอีกครั้ง

จากการวิเคราะห์ผลการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT สามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนให้ดีขึ้นได้ ซึ่งเห็นได้จากคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละวงจรปฏิบัติการ มีแนวโน้มดีขึ้นทุกวงรอบ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงระดับคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ



ภาพที่ 3 แสดงระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

อภิปรายผล

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT ที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นทั้ง 3 วงจรปฏิบัติพบว่า นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 96 ของนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4 ของนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด เมื่อพิจารณาแต่ละวงจรถ่ายพบว่า ในวงจรถ่ายปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 72 ของนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 28 ของนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเมื่อพิจารณาแต่ละวงจรถ่ายพบว่า ในวงจรถ่ายปฏิบัติการที่ 1 เป็นการแก้โจทย์ปัญหาปริซึมและทรงกระบอกที่เกี่ยวกับการหาพื้นที่ของรูปเรขาคณิตสองมิติ และลักษณะของปริซึม โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT ซึ่งขั้นตอนที่เลือกใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบ คือ ขั้นที่ 3 บรรณาธิการการสังเกตไปสู่ความคิดรวบยอด นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยเท่ากับ 8 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80 ของคะแนนทั้งหมด โดยมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 18 คน สาเหตุที่เป็นแบบนี้เพราะว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้นมีใบกิจกรรมและใบงานให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาาร่วมกัน โดยให้นักเรียนนำความรู้ ที่ได้เรียนนำมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด และมีแบบฝึกหัดในการแก้โจทย์ปัญหาให้นักเรียนฝึกการแก้ปัญหา อีกทั้งกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT การจัดการเรียนการสอนนี้ ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาศักยภาพของตนเอง มีความรับผิดชอบต่อตนเองมากขึ้นและมีปฏิสัมพันธ์กันกับเพื่อนในชั้น มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ตลอดจนการช่วยเหลือเกื้อกูลกัน โดยครูผู้สอนให้นักเรียนฝึกแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา ที่มีโปรแกรม GeoGebra ใช้ในประกอบการสอนและฝึกแก้โจทย์ปัญหาจึงช่วยให้เกิดความเข้าใจในการแปลงโจทย์ของปัญหาได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเนื้อหาสาระหรือข้อมูลต่าง ๆ โปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจและจดจำได้ง่ายขึ้น นักเรียนบางคนอาจมี

ปัญหากับโจทย์คณิตศาสตร์เพราะบางคนไม่เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไร เลขส่งผลให้ต้องเขียนคำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียวหนึ่งหรือมีปัญหาในการเปลี่ยนปัญหาให้เป็นตัวเลข นักเรียนยังขาดทักษะในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์อย่างถูกต้อง ปัญหาเหล่านี้อาจทำให้ยากในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างถูกต้องและไม่สำเร็จ ซึ่ง สุวรร กัญจนบูร (2533) กล่าวว่า การที่นักเรียนจะแก้โจทย์ปัญหาได้จะต้องใช้องค์ประกอบหลายอย่าง เช่น องค์ประกอบเกี่ยวกับภาษา องค์ประกอบเกี่ยวกับความเข้าใจ องค์ประกอบเกี่ยวกับทักษะการคิดคำนวณ องค์ประกอบเกี่ยวกับการย่อและสรุปความ และองค์ประกอบในการฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเมื่อวิเคราะห์ปัญหาที่พบในกระบวนการของการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT พบว่าชั้นที่มีปัญหามากที่สุดคือ ชั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ เนื่องจากนักเรียนแสดงวิธีการในการหาคำตอบไม่ได้ยังไม่สมบูรณ์ หรือไม่มีการตอบ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการนักเรียนได้คำตอบที่ไม่ถูกต้องจึงทำให้ตรวจคำตอบผิดพลาด ชั้นที่มีปัญหาเป็นอันดับสอง คือชั้นที่ 3 ชั้นการหาคำตอบ ซึ่งเกิดจากความไม่เข้าใจในเนื้อหาของบทเรียน ซึ่งส่งผลให้นักเรียนเลือกใช้สูตรหรือวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ถูกต้องในการแก้โจทย์ปัญหา จากนั้นผลการคำนวณจึงไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง ทั้งยังมีปัญหาในทักษะด้านการคิดคำนวณที่ยังไม่แม่นยำ ทำให้มีความเข้าใจที่ผิดพลาดและสับสนในการเลือกใช้สูตรหรือสมการที่เหมาะสมในการแก้โจทย์ปัญหา ชั้นที่มีปัญหาอันดับสาม คือ ชั้นที่ 2 การแปลง โจทย์ปัญหา เนื่องจากนักเรียนสามารถแปลงข้อมูลที่มีอยู่ใน โจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ได้ แต่ยังไม่ครบถ้วนเนื่องจาก นักเรียนมีการเขียนเครื่องหมายหรือตัวเลขในประโยคสัญลักษณ์ผิดไปบ้างในบางส่วน และปัญหาที่น้อยที่สุด คือ ชั้นที่ 1 ศึกษา โจทย์ปัญหาของกระบวนการเรียนรู้ คือการที่นักเรียนไม่สามารถระบุข้อมูลสำคัญที่มีอยู่ใน โจทย์ปัญหาได้อย่างครบถ้วน บางครั้ง โจทย์อาจมีรายละเอียดที่ซับซ้อนเกินไป ซึ่งทำให้นักเรียนไม่ยอมอ่านหรือวิเคราะห์ให้แน่ใจว่าสิ่งที่โจทย์กำหนดให้นักเรียนทำและสิ่งที่ต้องหาคืออะไร ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นคือนักเรียนอาจจะไม่ได้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

วงจรปฏิบัติการที่ 2 เป็นการแก้โจทย์ปัญหาปริซึมและทรงกระบอกที่เกี่ยวกับการหาพื้นที่ผิวของปริซึมและการหาปริมาตรของปริซึม โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบในชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 และเพิ่มสื่อที่เป็นสิ่งของในชีวิตประจำวันในชั้นที่ 5 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยเท่ากับ 8.03 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.34 ของคะแนนทั้งหมด โดยมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 22 คน สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ของครู โดยอธิบายขั้นตอนการทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้กับนักเรียนชัดเจนขึ้น เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในหน้าที่บทบาทของตนเองในการทำกิจกรรม มีการปรับสถานการณ์ของ โจทย์ปัญหาให้สอดคล้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนมากยิ่งขึ้น เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในปัญหาได้อย่างชัดเจน และมองเห็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในบทเรียนมากยิ่งขึ้น สำหรับนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 3 คน อาจเป็นเพราะที่ไม่ค่อยให้ความสนใจและไม่ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม นอกจากนี้ยังมีนักเรียนบางคนที่ไม่เข้าใจวิธีการแปลง โจทย์ และในส่วนของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ให้นักเรียนทำทำวงจรสามารถเห็นได้ว่าในขั้นตอนการศึกษา โจทย์ปัญหานักเรียนเขียนละเอียดและสมบูรณ์ แต่ในขั้นตอนการแปลง โจทย์ปัญหา บางครั้งนักเรียนลืมสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ก่อนที่จะไปหาค่าในขั้นถัดไป ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้คำตอบที่ได้มีความผิดพลาด

เมื่อวิเคราะห์กระบวนการการแก้ไขโจทย์ปัญหาพบว่า ในแต่ละชั้นมีปัญหาลดลง ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ยังมีปัญหาในชั้นที่ 2, 3 และ 4 โดยในชั้นที่มีปัญหามากที่สุดคือ ชั้นที่ 4 ที่เกี่ยวกับการทบทวนคำตอบของโจทย์ปัญหา เนื่องจากนักเรียนมีการแสดงวิธีการตรวจคำตอบ แต่ยังไม่ถูกต้อง และแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบได้ แต่ยังไม่ถูกต้องสมบูรณ์ อาจเป็นเพราะนักเรียนขาดความรอบคอบในการตรวจคำตอบของตนเอง ชั้นที่มีปัญหามากเป็นอันดับสองคือ ชั้นที่ 3 หากคำตอบของโจทย์ปัญหา เนื่องจากนักเรียนดำเนินการทางคณิตศาสตร์ผิดจึงทำให้คำตอบนั้นผิดพลาดไปด้วย ส่งผลให้คำตอบที่ได้นั้นไม่ถูกต้อง ทั้งนี้อาจมาจากสมการที่นักเรียนแปลงออกมาผิดพลาดเล็กน้อยจึงเป็นเหตุทำให้คำตอบของโจทย์ปัญหาไม่ถูกต้องนั่นเอง ชั้นที่มีปัญหาน้อยที่สุดคือ ชั้นที่ 2 ชั้นแปลงโจทย์ปัญหา เนื่องจากนักเรียนสับสนสัญลักษณ์ทางเครื่องหมายคณิตศาสตร์ทำให้สมการที่ได้นั้นมีความผิดพลาด จึงเป็นเหตุให้ผลการเรียนของนักเรียนมีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดไว้

วงจรปฏิบัติการที่ 3 เป็นการแก้ไขโจทย์ปัญหาปริซึมและทรงกระบอกที่เกี่ยวกับส่วนประกอบของทรงกระบอก พื้นที่ผิวของทรงกระบอก และปริมาตรของทรงกระบอก โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบในชั้นที่ 2 ชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 และเพิ่มสื่อที่เป็นสิ่งของในชีวิตประจำวันในชั้นที่ 5 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ไขโจทย์ปัญหาเฉลี่ยเท่ากับ 8.14 คิดเป็นร้อยละ 81.35 ของคะแนนเต็ม โดยมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 24 คน ซึ่งจะเห็นได้ว่าภาพรวมนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่สูงขึ้นอย่างชัดเจน ที่เกิดเช่นนี้เนื่องมาจากการปรับกิจกรรมการเรียนรู้โดยครูผู้สอนที่มีการเน้นย้ำและกำชับให้นักเรียนเห็นความสำคัญของกระบวนการแก้ไขโจทย์ปัญหาทุกขั้นตอนมากยิ่งขึ้น ทำให้นักเรียนมีการคิดทบทวน ไตร่ตรอง และมีการวางแผนเพื่อที่จะสามารถแก้ไขโจทย์และปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบวิธีการหาคำตอบได้อย่างถูกต้องด้วยสำหรับนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 2 คน อาจเกิดจากการที่ขาดความกระตือรือร้นในการเรียนขาดการฝึกแก้ไขโจทย์ปัญหาและการทบทวนบทเรียนตามที่ครูมอบหมาย ซึ่งส่งผลให้ไม่สามารถแก้ไขโจทย์ปัญหาได้อย่างเหมาะสม การฝึกฝนและทบทวนเนื้อหาเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนเพิ่มพูนทักษะและความเข้าใจในการแก้ไขโจทย์เมื่อวิเคราะห์กระบวนการของการแก้ไขโจทย์ปัญหา พบว่า ในกระบวนการการแก้ไขโจทย์ปัญหาพบว่าในแต่ละชั้นตอนมีการพัฒนาและปรับปรุงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งชั้นตอนที่ยังมีปัญหาคือชั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบของโจทย์ปัญหา เป็นชั้นที่มีปัญหามากที่สุด เนื่องจากนักเรียนมีพฤติกรรมเช่นเดิม คือ สามารถแสดงวิธีการตรวจคำตอบได้ แต่ยังไม่สมบูรณ์ อีกทั้งยังมีชั้นที่มีปัญหารองลงมาคือ ชั้นที่ 3 หากคำตอบของโจทย์ปัญหา เนื่องจากลักษณะ โจทย์เป็นการหาคำตอบหลังจากแทนค่าในสูตร ทำให้นักเรียนไม่สามารถหาคำตอบได้ครบถ้วนหรืออาจเป็นเพราะนักเรียนไม่คุ้นเคยกับโจทย์ลักษณะนี้มาก่อน จึงเป็นผลให้นักเรียนไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แต่เมื่อพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหของนักเรียน 1 คน ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเป็นร้อยละเท่ากับ 25.00, 40.00 และ 60.00 ตามลำดับ ซึ่งจากคะแนนดังกล่าวจะเห็นได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคือดีขึ้น

จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่า ในวงจรปฏิบัติที่ 1-3 การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการแก้ปัญหาคือดีขึ้น และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด และ การใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4 MAT ได้เพิ่มประสิทธิภาพในการส่งเสริมทักษะในการแก้ปัญหของนักเรียนในระดับที่นักวิจัยได้

วางเป้าหมายไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ดาวเรือง บุตรทรัพย์ (2560) ได้ศึกษาการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนการทดสอบ สมมติฐาน โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้รูปแบบ 4 MAT สูงกว่าการจัดการ เรียนรู้แบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 2) ความพึงพอใจเรื่องการใช้สื่อการเรียนการสอน ช่วยให้นักเรียน เข้าใจเนื้อหาและเกิดการเรียนรู้ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบ 4 MAT สูงกว่า การจัดการเรียนรู้แบบเดิม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 3) ความพึงพอใจเรื่องการสร้าง บรรยากาศ ทำให้นักเรียนมีความสุข สนุกกับการเรียน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรม การเรียนรู้รูปแบบ 4 MAT สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบเดิม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 และสอดคล้องกับ งานวิจัยของ วนิตา ศรีหา, ปวีณา ชันชี่ศิลา, และ สุวรรณวัฒน์ เทียนยุทธกุล, (2566) พบว่า 1) ประสิทธิภาพของการ จัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 เท่ากับ 81.69 / 82.71 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความ พึงพอใจที่มีผลต่อการจัดการเรียนรู้ใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรอยู่ระดับมาก โดยภาพรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.07 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ มลฤดี มณีล้ำ และไพรินทร์ สุวรรณศรี (2564) ผลจากการศึกษาพบว่า การเรียนผ่านชุดกิจกรรมผ่าน โปรแกรม GeoGebra สามารถเพิ่มความคิดทางเรขาคณิตสามมิติของผู้เรียน ผู้เรียนสามารถวาดรูปปริซึมเชื่อม โยงจากรูปเรขาคณิตสอง มิติ สามารถสร้างรูปคลี่ของปริซึมแบบต่าง ๆ ได้ อีกทั้งยังเพิ่มทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร ของปริซึมอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ครูผู้สอนจะต้องจัดเตรียมสถานที่ให้พร้อม เช่น การเชื่อมต่อกับ Smart TV หรือโปรเจกเตอร์ อุปกรณ์สื่อการเรียน และควรมีการแนะนำก่อนเรียน เพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามลำดับขั้นตอน
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้รูปแบบ 4 MAT ครูผู้สอนควรอธิบายขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาให้ชัดเจน

รายการอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และ สาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

- ณรงค์ ปูนันท์. (2013). ครูมืออาชีพ. สืบค้นเมื่อ 23 กรกฎาคม 2018. <https://ajнварุท.files.เวิร์ดเพรส.คอม>
- ดาวเรือง บุตรทรัพย์. (2560). การใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4MAT เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการทดสอบสมมติฐาน. (พิมพ์ครั้งที่ 12).
- ทศนา แจมมณี. (2564). ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2553). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ประสาธน์ เนืองเฉลิม. (2563). วิจัยการเรียนการสอน (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มลฤดี มณีล้ำ. และไพรินทร์ สุวรรณศรี. (2564). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบพลวัต GeoGebra เรื่อง ปริซึมเพื่อเพิ่มความคิดเชิงเรขาคณิตสามมิติ. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา (JSSE)*. 4(2), 262.
- วนิดา ศรีหา. ปวีณา ชันชี่ศิลา. และสุวรรณวัฒน์ เทียนยุทธกุล. (2023). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารราชภัฏสุรินทร์วิชาการ*. 1(4), 1-14.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2566). สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินำขึ้นพื้นฐาน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2565. สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2566. เข้าถึงได้จาก http://www.newoneresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM3_2565.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). ตัวอย่างการประเมินผลวิทยาสตรนานาชาติ: PISA และ TIMSS. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- สุวรรณ กาญจนบุรี. (2533). เทคนิคการสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา เล่ม 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สุวิทย์ มูลคำ. และอรทัย มูลคำ. (2552). 21 วิธีจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- Hohenwarter, M., et al. (2018). *Putting the world's leading dynamic mathematics software and materials in the hands of students and teachers everywhere*. Retrieved from: <https://www.geogebra.org/about?lang=eng> [accessed 30 August 2018].
- Hutkemri, L., & Akmar, S. (2016). Effectiveness of GeoGebra on academic and conceptual knowledge: role of students' procedural knowledge as a mediator. *New Educational Review*, 44(2), 153-164.
- Kemmis, S and Mc Taggart, R. (1998). *The Action Research Planer*. 3rd ed. Victoria: Deakib University.45.
- Polyiem, P., Sonsupap, K., & Education, M. U. T. F. of. (2021). *Development of Problem-Solving Ability Using Deductive Teaching Method with STAR Strategy in Mathayomsuksa 5 Students* (Thesis, Mahasarakham University). Mahasarakham University. สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2566. เข้าถึงได้จาก <http://202.28.34.124:8080/jspui/handle/123456789/1331>.

- Richardson, S. E., & Koyunkaya, M. Y. (2017). Fostering students' development of the concept of angles using technology. *Australian Primary Mathematics Classroom*. 22(1), 13-20.
- Thanida Ruangtrakun, and Supotch Chaiyasang. (2019). Using 4MAT Teaching Model to Enhance Students' Achievement and to Maintain Retention in Mathematics. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and Arts)*. 12(6), 1248–1261.
- Zengin, Y., Furkan, H. and Kutluca, T. (2012). The effect of dynamic mathematics software geogebra on student achievement in teaching of trigonometry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 31(2011), 183–187. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.038>.