

**การศึกษาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและ
ทรงกระบอกโดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้
ตามรูปแบบ 4 MAT สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**

**Study of Mathematical Conceptual Understanding Prisms and
Cylinders Using the Geogebra program to assemble the 4 MAT
learning management model of seventh grade students**

วันที่รับบทความ: 13 ก.พ. 66
วันที่แก้ไขบทความ: 19 ส.ค. 66
วันที่ตอบรับ: 30 ส.ค. 66

เกษรา ศรีเมือง¹
Ketsara Srimuang¹
วรรณิดา ยลวิลาด²
Wannatida Yonwilad²
นพคุณ ทองมล³
Noppakun Tongmol³
สมใจ ภูครองทุ่ง⁴
Somjai Phukrongtung⁴

¹นักศึกษา สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ (2566)

¹Student Program in Mathematics Faculty of Education and Educational Innovation, Kalasin University. (2020)

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ (อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก)

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

³อาจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สังกัดคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ (อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม)

³Lecturer, Faculty of Science and Health Technology, Kalasin University. (Co Advisor)

⁴อาจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สังกัดคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ (อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม)

⁴Lecturer, Faculty of Science and Health Technology, Kalasin University. (Co Advisor)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องปริซึมและทรงกระบอกของนักเรียนโดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT กลุ่มเป้าหมายใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านนาบอน อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 26 คน โดยวิธีการได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอกและแบบทดสอบวัดความเข้าใจ เรื่องปริซึมและทรงกระบอก หลังใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT ผลการวิจัยพบว่า (1) นักเรียนสร้างความคิดรวบยอดเชิงมโนภาพซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับการจัดกระทำโดยที่นักเรียนแปลความหมายจากข้อมูลโดยการสังเกต และนำความรู้เดิมมาใช้ ความเข้าใจในระดับการจัดกระทำถูกพัฒนาเป็นระดับกระบวนการ ซึ่งเป็นการอธิบาย เปรียบเทียบ สะท้อนสิ่งที่สังเกตได้จากภาพเคลื่อนไหวบนหน้าจอและมีการสร้างความคิดรวบยอดในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นความเข้าใจในระดับโครงสร้างต่อไป (2) ในการทำกิจกรรม ใบงานและทำแบบทดสอบหลังเรียนในแต่ละกิจกรรม พบว่า นักเรียนเกิดความคิดรวบยอดเชิงมโนภาพซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับการจัดกระทำ (Action) ระดับกระบวนการ (Process) และระดับโครงสร้าง (Structure) และแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้ดีเพื่อสร้างความเข้าใจในการเรียนรู้

คำสำคัญ : ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ปริซึมและทรงกระบอก

โปรแกรม Geogebra

Abstract

The goal of this study is to understand concepts involving prisms and cylinders using the Geogebra program to assemble the 4 MAT learning management model. The sample group used in the research was a group of 26 eighth-grade students at Ban Na Bon School,

Khammuang District, Kalasin. The method was derived from purposive sampling. The learning management plan, which used the Geogebra program to assemble the 4-MAT learning management model on Prism and Cylinder, and the learning achievement test were the research tools. The results showed that: 1) Students created conceptual thinking, which is an action-level understanding in which students interpret information by observing and applying previous knowledge; understanding at the action level is developed at the process level, which describes, compares, and reflects what is observed from the moving images on the screen and conceptualizes them to a high level, which is an understanding at the next structure level. 2) In activities, worksheets, and quizzes after each activity, it was found that students had conceptual understanding at the action, process, and structure conceptual understanding levels and solved problems well to create an understanding of learning at a high level.

Keywords: Mathematical Conceptual Understanding, Prism and Cylinder, Geogebra Program

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้การคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและศาสตร์อื่นๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่น ได้อย่างมีความสุข กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มุ่งให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องตามศักยภาพโดยกำหนด สาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคน ได้แก่ จำนวนและการดำเนินการ การวัด เรขาคณิต พีชคณิต การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น ทักษะและ

กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) จากปัญหาสภาพการจัดการเรียนการสอนที่ไม่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบรูปแบบเก่าควรได้รับการแก้ไขเพื่อให้ให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น จึงต้องมีการปรับปรุงและพัฒนา รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน มาเป็นรูปแบบกิจกรรมที่สามารถส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความถนัดและความสามารถของผู้เรียน ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้เต็มตามศักยภาพ ซึ่งเนื้อหาวิชาสถิติเบื้องต้น เพราะเป็นเนื้อหาที่ต้องใช้ความเข้าใจนักเรียนต้องใช้ความเข้าใจอย่างมาก (วิจารณ์ พานิช, 2555) ได้กล่าวไว้ในหนังสือวิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ ในศตวรรษที่ 21 กล่าวถึงทักษะครูเพื่อศิษย์ไทยในศตวรรษที่ 21 ว่า ครูเพื่อศิษย์ต้องไม่ใช่แค่มีใจเอาใจใส่ศิษย์เท่านั้น ยังต้องมีทักษะในการ “จุดไฟ” ในใจศิษย์ ให้รักการเรียนรู้ ให้สนุกกับการเรียนรู้ หรือให้การเรียนรู้สนุกและกระตุ้นให้อยากเรียนรู้ต่อไปตลอดชีวิต และการสอนให้เหมาะสมกับความแตกต่างของศิษย์การจัดการเรียนจึงจำเป็นที่จะต้องจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาผู้เรียนให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น

การจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เพราะว่าการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นการจัดการเรียนรู้ที่คำนึงถึงรูปแบบการเรียนรู้ของกลุ่มผู้เรียน 4 คุณลักษณะ กับการพัฒนาการสมองซีกซ้ายและซีกขวอย่างสมดุลเพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้ตามแบบและความต้องการของตนเองอย่างเหมาะสม และสามารถพัฒนาตนเองอย่างเต็มตามศักยภาพ (สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ, 2545) สื่อการเรียนรู้เป็นเครื่องมือส่งเสริมสนับสนุนการจัดการกระบวนการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนเข้าถึงความรู้ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะตามมาตรฐานการเรียนรู้ของหลักสูตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ สื่อการเรียนรู้มีหลายประเภท ทั้งสื่อธรรมชาติ สื่อสิ่งพิมพ์ สื่อเทคโนโลยี และ สื่อข่ายการต่างๆ การเลือกใช้สื่อควรเลือกให้มีความเหมาะสมกับระดับการพัฒนาและลีลาการเรียนรู้ที่หลากหลายของผู้เรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) โปรแกรม GeoGebra เป็นอีกโปรแกรมหนึ่งที่สามารถสร้างสื่อการสอนที่สามารถทำให้เห็นเป็นรูปธรรมได้

โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมคณิตศาสตร์อีกโปรแกรมหนึ่งที่น่าสนใจในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ โปรแกรมนี้เป็น free ware ไม่มีค่าใช้จ่าย ชื่อโปรแกรมก็เหมือนกับนำคำว่า Geometry มาต่อกับ คำว่า Algebra จนเป็นคำว่า GeoGebra (ชัยญา อุทิศ, 2557) ความพิเศษในตัวโปรแกรม GeoGebra คือสามารถสร้างกราฟ ภาคตัดกรวยแสดงสมการเป็นรูปทั่วไป หรือสมการมาตรฐานของกราฟนั้น ๆ ได้ด้วย ที่พิเศษไปกว่านั้นมียูทิวบ์ที่สอนเกี่ยวกับโปรแกรม นี้ใน Youtube มากมาย ทั้งภาษาอังกฤษ ฝรั่งเศส สเปน ฯลฯ (พงศักดิ์ วุฒิสันต์, 2556) GeoGebra ไม่ใช่เป็นโปรแกรมใหม่ Markus Hohenwarter นักพัฒนา application ชาวออสเตรียได้ริเริ่มตั้งแต่ปี 2001 ต่อมา ปี 2007 Michael Borchers ชาวอังกฤษได้นำทีมพัฒนาต่อมา จนเป็นที่นิยมแพร่หลายไปทั่วโลก GeoGebra ถูกแปลจากภาษาอังกฤษเป็นภาษาต่าง ๆ หลายภาษา สถาบันต่าง ๆ ในหลาย ประเทศที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาได้ให้การสนับสนุนอย่างมาก (พงศักดิ์ วุฒิสันต์, 2560) นอกจากนี้ (Dubinsky E, 1991) ทฤษฎีหนึ่งที่นักวิจัยทางด้านคณิตศาสตร์-ศึกษานำมาใช้ คือ ทฤษฎี APOS ซึ่งเสนอโดยดูบินสกี มีเป้าหมายเพื่อใช้เป็นกรอบแนวคิดในการประเมินและอธิบายพัฒนาการเกี่ยวกับระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนว่าเป็นอย่างไร แนวคิดเริ่มต้นของทฤษฎี APOS ซึ่งเป็นผลจากการสรุปได้แนวคิดสำคัญผ่านการคิดสะท้อน (reflective abstraction) ของเพียเจต์ โดยทฤษฎี APOS ได้แบ่งระดับ ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็น 4 ระดับ โดยรายละเอียดแต่ละระดับดูบินสกีได้อธิบายไว้ดังนี้ 1) ระดับการกระทำ (action) เป็นระดับที่เกิดจากการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอกของตัวผู้เรียนเอง ผู้เรียนระดับนี้สามารถปฏิบัติตามเงื่อนไขหรือคำสั่งตามที่กำหนดให้ได้ 2) ระดับกระบวนการ (process) เป็นการพัฒนาความเข้าใจระดับการกระทำโดยผ่านกระบวนการที่เกิดขึ้นภายใน (interiorization) ของผู้เรียน โดยความเข้าใจ ระดับนี้ผู้เรียนสามารถสร้างภาพในใจที่เกิดจากการคิด อีกทั้งยังสะท้อนกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นโดยไม่ต้องแสดงผ่านการกระทำในแต่ละขั้นตอน 3) ระดับสิ่งที่เรียนรู้ (object) เป็นความเข้าใจที่เกิดจากระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการ ที่เกี่ยวข้องกันถูกนำมาเชื่อมโยงเข้าด้วยกันอย่างเหมาะสมกับผู้เรียนระดับนี้ตระหนักเกี่ยวกับกระบวนการต่างๆ ในแบบองค์รวม และ 4) ระดับแผนภาพทางปัญญา (schema) เป็นความสามารถสำหรับการเลือกเชื่อมโยง

ความเข้าใจระดับต่างๆรวมถึงจากโครงสร้างการเชื่อมโยงทางปัญญาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ใหม่ในระดับที่สูงขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการทดสอบสมมติฐานให้สูงขึ้น

การจัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 1 ห้องเรียน พบว่า วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องปริซึมและทรงกระบอก ซึ่งเป็นนักเรียนที่คละความสามารถ ความแตกต่างระหว่างผู้เรียนในเรื่องการรับรู้ การเข้าใจในเนื้อหา ทำให้นักเรียนแต่ละคนเกิดการเรียนรู้ที่ต่างกันไป อีกสาเหตุหนึ่งอาจมาจากครูผู้สอน ยึดหลักการสอน แบบเก่าๆ คือ เป็นศูนย์กลางเน้นการสอนแบบบรรยาย ใช้หนังสือเป็นหลักในการสอนใช้แบบฝึกหัด และใช้โจทย์ ปัญหา ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนเรียนคณิตศาสตร์ไม่ได้ผลดี (อรอุมา ไชโยธา, 2547)ครูผู้สอนจึงต้องมีการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องต่อความแตกต่างระหว่างบุคคล ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม ในการทำกิจกรรมหรือกระบวนการเรียนรู้ นั่นคือการจัดการเรียนรู้ต้องให้ผู้เรียนรู้จักคิด สร้างองค์ความรู้ได้ด้วย ตนเอง โดยในการจัดการเรียน การสอนนั้นจะต้องมีสื่อการสอนที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้เหมาะสม มีสื่อที่กระตุ้นหรือดึงดูดให้ผู้เรียนนั้นตื่นเต้นและอยากเรียน และสอดคล้องกับเนื้อหาที่ครูผู้สอนนั้นต้องการสอน ดังเรื่องปริซึมและทรงกระบอก ผู้เรียนควรได้เห็นรูปแบบของปริซึมและทรงกระบอกในหลายๆรูปแบบ เปลี่ยนรูปแบบเพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นรูปที่แตกต่างจากรูปเดิมๆจากการเห็นภาพไม่ชัดเจนจากภาพที่ยกตัวอย่างผู้ศึกษาจึงสนใจที่จะนำโปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพราะจะเป็นตัวที่ช่วยเพื่อให้นักเรียนเข้าใจได้ชัดเจน จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหา หลักการและรูปแบบการหาคำตอบได้ และสามารถสอบผ่านตามจุดประสงค์การเรียนรู้ได้มากที่สุด พร้อมทั้งส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้น

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนโดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT

ประโยชน์ของการศึกษา

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาความเข้าใจ เรื่องปริซึมและทรงกระบอก
2. ได้ศึกษาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนโดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยเนื้อหาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องปริซึมและทรงกระบอก สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิตมาตรฐาน ค.2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัดและนำไปใช้ ตัวชี้วัด ม.2/1 และ ม.2/2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนบ้านนาบอน อำเภอลำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 26 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจงจากนักเรียนในห้องที่ผู้วิจัยเป็นผู้สอน

ขอบเขตด้านระยะเวลา

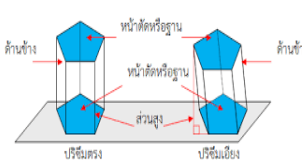
ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2565 – เดือนมกราคม พ.ศ. 2566

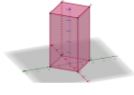
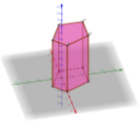
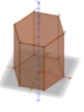
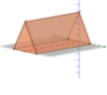
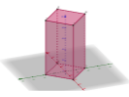
วิธีการดำเนินการวิจัย

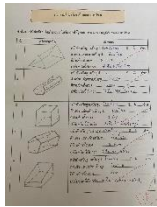
1. กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนบ้านนาบอน อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 26 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจงจากนักเรียนในห้องที่ผู้วิจัยเป็นผู้สอน

2. เครื่องมือที่ใช้ในวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แบบวัดความเข้าใจ เรื่องปริซึมและทรงกระบอก หลังใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การจัดการเรียนรู้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก

การจัดการเรียนรู้ 4 MAT	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน	ครูทักทายสวัสดีและร่วมกันทบทวนความรู้ที่ได้เรียนไปในคาบที่ผ่านมา พร้อมทั้งชี้แจงในเรื่องที่จะเรียนวันนี้	หัวหน้าห้องส่งทำความเคารพและทักทายสวัสดีครูและทบทวนเนื้อหาที่เรียนคาบที่ผ่านมา
ขั้นที่ 2 สร้างประสบการณ์ 1.ครูอธิบายว่า รูปเรขาคณิตสามมิติที่มีฐานทั้งสองเป็นรูปหลายเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการ ฐานทั้งสองอยู่บนระนาบที่ขนานกัน		

การจัดการเรียนรู้ 4 MAT	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
และด้านข้างแต่ละด้านเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน เรียกว่า ปริซึม (Prism) 2. ครูนำตัวอย่างของปริซึมในลักษณะต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม Geogebra และให้นักเรียนสังเกตว่ามีอะไรที่คล้ายกันหรือแตกต่างกัน ครูอธิบายคำว่า จากส่วนประกอบต่าง ๆ ของปริซึมที่แสดงให้เห็นข้างต้น เราเรียกชื่อตามหน้าตัดหรือฐานของปริซึมนั้น ๆ	 ปริซึมสามเหลี่ยม  ปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส  ปริซึมห้าเหลี่ยม	
ขั้นที่ 3 วิเคราะห์ประสบการณ์ 1. ครูให้นักเรียนได้ฝึกวิเคราะห์ปริซึมหน้าตัดต่อไปนี้ 2. ครูให้นักเรียนตอบคำถามและหาเหตุผลมาสนับสนุนคำตอบจากตัวอย่าง	ข้อที่ 1 กำหนดให้  ข้อที่ 2 กำหนดให้  ข้อที่ 3 กำหนดให้ 	นักเรียนภายในห้องช่วยกันพิจารณาปริซึมแต่ละรูปว่าปริซึมนั้นเป็นปริซึมหน้าตัดใด หน้าตัดหรือฐานเป็นรูป.....มี.....ด้าน ด้านข้างแต่ละด้านเป็นรูป..... มีด้านข้างทั้งหมด..... ปริซึมชนิดนี้เรียกว่า.....

การจัดการเรียนรู้ 4 MAT	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นที่ 4 พัฒนา ประสบการณ์เป็น ความคิดรวบยอด	ครู ให้นักเรียนช่วยกันตอบใน ห้องเรียนอีกครั้งจากตัวอย่าง รูปเดิม	ตอบคำถามว่าปริซึมที่แสดงให้ เห็น เป็นปริซึมใด -ปริซึมสามเหลี่ยม -ปริซึมห้าเหลี่ยม -ปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส
ขั้นที่ 5 ปฏิบัติตาม แนวคิดที่ได้เรียนรู้	ครูซักถามนักเรียนจากภาพที่ กำหนดให้ได้ลองทำ เพื่อให้ นักเรียนได้สรุปความรู้ที่ได้เรียน ไปอีกครั้งครูสังเกตพฤติกรรม นักเรียน	นักเรียนช่วยกันตอบ ลักษณะของ ปริซึมแต่ละแบบให้ที่หน้าตัดของ ปริซึมนั้น
ขั้นที่ 6 สร้างสรรค์ ชิ้นงานของตนเอง	ครูให้นักเรียนแต่ละคนทำกิจกรรม ที่ 1 วาดลักษณะปริซึมที่มีหน้าตัด สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า ห้าเหลี่ยมและหก เหลี่ยม	
ขั้นที่ 7 วิเคราะห์คุณค่า และนำไปใช้	ครูสังเกตพฤติกรรมนักเรียน	นักเรียนร่วมกันประเมินผลงาน ของตนเองและของเพื่อน
ขั้นที่ 8 แลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด	ครูและนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น สรุปสาระสำคัญ เพื่อ แลกเปลี่ยนความรู้และ ประสบการณ์ ซึ่งกันและกัน	ครูและนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น สรุปสาระสำคัญ เพื่อ แลกเปลี่ยนความรู้และ ประสบการณ์ ซึ่งกันและกัน

3. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ด้วยการหาดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 ถึง 1.00 โดยหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) จากสูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder-Richarson) (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2560, หน้า 209) ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบเปรียบเทียบความเข้าใจเรื่องปริซึมและทรงกระบอกของนักเรียน โดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT

จากการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนสามารถสร้างความคิดรวบยอดเชิงมโนภาพซึ่งเป็นความเข้าใจในระดับการจัดกระทำโดยการแปลความหมายจากข้อมูลที่สังเกตการเปลี่ยนแปลงจากวัตถุ หรือภาพที่เคลื่อนไหวบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ความเข้าใจในระดับการจัดกระทำถูกพัฒนาเป็นระดับกระบวนการ โดยการอธิบายเปรียบเทียบหรือสะท้อนสิ่งที่สังเกตได้ทำให้นักเรียนมีการสร้างความคิดรวบยอดเชิงมโนภาพในระดับโครงสร้างผลการวิเคราะห์มีดังนี้

1. กิจกรรมที่ 1 สร้างสี่เหลี่ยมมุมฉาก สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมคางหมู

1.1 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับการจัดกระทำ(Action) โดยสามารถจัดกระทำกับสิ่งที่ปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ และสามารถปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนด ตามคำสั่งในใบกิจกรรม เช่น การสร้างสี่เหลี่ยมมุมฉาก สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมคางหมู นักเรียนสามารถสร้างทั้งตามขั้นตอนและวิธีการซึ่งได้มาของคำตอบ

1.2 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นความเข้าใจในระดับกระบวนการ (Process) จากการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนในกิจกรรมนี้ พบว่า นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจจากการจัดกระทำหลายๆ ครั้งจนกระทั่งนักเรียนสามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องมาสร้างข้อสรุปเป็นกรณีทั่วไป จากการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถสร้างสี่เหลี่ยมมุมฉาก สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมคางหมูที่ทำซ้ำๆ หลายครั้งและการสร้างกระบวนการขึ้นมาใหม่ได้

2. กิจกรรมที่ 2 สร้างปริซึมที่มีหน้าตัดสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมจัตุรัส ห้าเหลี่ยมและหกเหลี่ยม

2.1 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นความเข้าใจในระดับการจัดกระทำ (Action) โดยนักเรียนสามารถสร้างปริซึมที่มีหน้าตัดสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมจัตุรัส ห้าเหลี่ยมและหกเหลี่ยมและนักเรียนมีการเชื่อมโยงความรู้เดิมในการสร้าง

2.2 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นความเข้าใจในระดับกระบวนการ (Process) โดยนักเรียนนำความเข้าใจจากการพัฒนาความเข้าใจในระดับการจัดกระทำมาวิเคราะห์เพื่อสร้างรูปได้

2.3 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นความเข้าใจในระดับวัตถุ (Object) พบว่า นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจจนกระทั่งนักเรียนสามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องมาปริซึมที่มีหน้าตัดสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมจัตุรัส ห้าเหลี่ยมและหกเหลี่ยมที่หลากหลายวิธีแตกต่างกันได้

3. กิจกรรมที่ 3 การหาพื้นที่ของปริซึม

3.1 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นความเข้าใจในระดับการจัดกระทำ (Action) โดยนักเรียนสามารถคำนวณ การหาพื้นที่ของปริซึมของรูปแบบต่างๆได้

3.2 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นความเข้าใจในระดับกระบวนการ (Process) โดยนักเรียนสามารถนำความเข้าใจเกี่ยวกับการหาพื้นที่ของปริซึมมาสร้างโจทย์ได้

3.3 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับโครงสร้างทางปัญญา (Schema) โดยนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความเข้าใจการหาพื้นที่ของปริซึมจากกล่าวได้ว่านักเรียนเกิดความเข้าใจในระดับนี้ โดยการนำเอาความเข้าใจในระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกันมาเชื่อมโยงให้เกิดเป็นกระบวนการใหม่

4. กิจกรรมที่ 4 การหาปริมาตรของปริซึม

3.1 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับการจัดกระทำ (Action) โดยนักเรียนสามารถคำนวณ การหาปริมาตรของปริซึมของรูปแบบต่างๆ ได้

3.2 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับกระบวนการ (Process) โดยนักเรียนสามารถนำความเข้าใจเกี่ยวกับการหาปริมาตรของปริซึมมาสร้างโจทย์ได้

3.3 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับโครงสร้างทางปัญญา (Schema) โดยนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความเข้าใจการหาปริมาตรของปริซึมจากกล่าวได้ว่านักเรียนเกิดความเข้าใจในระดับนี้ โดยการนำเอาความเข้าใจในระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกันมาเชื่อมโยงกัน

5. กิจกรรมที่ 5 สร้างรูปทรงกระบอก

5.1 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับการจัดกระทำโดยสามารถจัดกระทำกับสิ่งที่ปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ และความสามารถปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนด ตามคำสั่งในใบกิจกรรมเป็นต้น

5.2 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับกระบวนการ (Process) จากการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนในกิจกรรมนี้พบว่า นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจจากการจัดกระทำหลายๆ ครั้งจนกระทั่งนักเรียนสามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องมาสร้างข้อสรุปเป็นกรณีทั่วไป จากการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถสร้างรูปทรงกระบอกได้

5.3 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับวัตถุ (Object) พบว่า นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจจนกระทั่งนักเรียนสามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องมาสร้างรูปทรงกระบอกที่หลากหลายวิธี นักเรียนสามารถสร้างรูปทรงกระบอกได้

6. กิจกรรมที่ 6 “ลองฝึกกันหน่อย”

6.1 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับการจัดกระทำ (Action) โดยนักเรียนสามารถหาคำตอบของโจทย์ปัญหาและนักเรียนมีการเชื่อมโยงความรู้เดิมในการหาคำตอบได้

6.2 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับกระบวนการ (Process) โดยนักเรียนนำความเข้าใจจากการพัฒนาความเข้าใจในระดับการจัดกระทำวิเคราะห์กระบวนการหาคำตอบได้

6.3 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับโครงสร้างทางปัญญา (Schema) โดยนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความเข้าใจเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหา การหาพื้นที่ของปริซึมและทรงกระบอกได้

7. กิจกรรมที่ 7 “ลองฝึกกันหน่อย 2”

7.1 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับการจัดกระทำ (Action) โดยนักเรียนสามารถหาคำตอบของโจทย์ปัญหา การแก้ปัญห ประยุกต์โจทย์ และนักเรียนมีการเชื่อมโยงความรู้เดิมในการหาคำตอบได้

7.2 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับกระบวนการ (Process) โดยนักเรียนนำความเข้าใจจากการพัฒนาความเข้าใจในระดับการจัดกระทำวิเคราะห์กระบวนการหาคำตอบ การวิเคราะห์ การตรวจสอบหาคำตอบได้

7.3 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับโครงสร้างทางปัญญา (Schema) โดยนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความเข้าใจเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหา การวิเคราะห์โจทย์ การหาพื้นที่ของปริซึมและทรงกระบอกได้

8. กิจกรรมที่ 8 “ โจทย์พิเศษ”

8.1 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับการจัดกระทำ (Action) โดยนักเรียนสามารถคำนวณ วิเคราะห์ และวิธีการหาคำตอบได้

8.2 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับกระบวนการ (Process) โดยนักเรียนสามารถนำความเข้าใจเกี่ยวกับการหาพื้นที่ของปริซึมมาวิเคราะห์การหาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้นตามกระบวนการหาคำตอบได้

8.3 นักเรียนสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการเข้าใจในระดับโครงสร้างทางปัญญา (Schema) โดยนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความเข้าใจการหาพื้นที่ของปริซึมอาจกล่าวได้ว่านักเรียนเกิดความเข้าใจในระดับนี้ โดยการนำเอาความเข้าใจในระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกันมาเชื่อมโยงให้เกิดเป็นกระบวนการใหม่

ตารางที่ 2 คะแนนระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก

นักเรียนคนที่	คะแนนระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (คิดเป็นร้อยละ) ตามกรอบทฤษฎี APOS				กลุ่มระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ ทางคณิตศาสตร์
	A	P	O	S	
1	65 ✖	75 ✔	60 ✖	55 ✖	กลุ่ม P
2	85 ✔	90 ✔	80 ✔	80 ✔	กลุ่ม APOS
3	75 ✔	70 ✔	65 ✖	60 ✖	กลุ่ม AP
4	90 ✔	80 ✔	65 ✖	65 ✖	กลุ่ม AP
5	90 ✔	85 ✔	60 ✖	65 ✖	กลุ่ม AP
6	90 ✔	85 ✔	75 ✔	70 ✔	กลุ่ม APOS
7	80 ✔	65 ✖	65 ✖	50 ✖	กลุ่ม A
8	75 ✔	80 ✔	65 ✖	50 ✖	กลุ่ม AP
9	90 ✔	90 ✔	75 ✔	80 ✔	กลุ่ม APOS
10	85 ✔	80 ✔	70 ✔	65 ✖	กลุ่ม APO
11	60 ✖	65 ✖	55 ✖	65 ✖	ไม่ผ่านเกณฑ์
12	80 ✔	85 ✔	65 ✖	60 ✖	กลุ่ม AP

นักเรียนคนที่	คะแนนระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (คิดเป็นร้อยละ) ตามกรอบทฤษฎี APOS				กลุ่มระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ ทางคณิตศาสตร์
	A	P	O	S	
13	75 ✓	70 ✓	60 ✗	65 ✗	กลุ่ม AP
14	90 ✓	85 ✓	80 ✓	70 ✓	กลุ่ม APOS
15	65 ✗	70 ✓	65 ✗	55 ✗	กลุ่ม O
16	75 ✓	60 ✗	65 ✗	60 ✗	กลุ่ม A
17	100 ✓	90 ✓	85 ✓	90 ✓	กลุ่ม APOS
18	85 ✓	90 ✓	70 ✓	65 ✗	กลุ่ม APO
19	80 ✓	75 ✓	65 ✗	65 ✗	กลุ่ม AP
20	95 ✓	90 ✓	75 ✓	85 ✓	กลุ่ม APOS
21	85 ✓	80 ✓	75 ✓	65 ✗	กลุ่ม APO
22	65 ✗	75 ✓	70 ✓	60 ✗	กลุ่ม PO
23	75 ✓	65 ✗	60 ✗	45 ✗	กลุ่ม A
24	85 ✓	75 ✓	70 ✓	60 ✗	กลุ่ม APO
25	70 ✓	75 ✓	80 ✓	55 ✗	กลุ่ม APO

นักเรียนคนที่	คะแนนระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (คิดเป็นร้อยละ) ตามกรอบทฤษฎี APOS				กลุ่มระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ ทางคณิตศาสตร์
	A	P	O	S	
26	85 ✓	65 ✕	70 ✓	65 ✕	กลุ่ม AO
ค่าเฉลี่ยคะแนนที่ ได้	80.58	77.5	69	64.23	
จำนวนนักเรียนที่ ผ่านเกณฑ์	22	21	13	6	

หมายเหตุ ✓ หมายถึง ระดับคะแนนความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

✕ หมายถึง ระดับคะแนนความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

จากตารางที่ 2 พบว่าสำหรับเนื้อหาเรื่องปริซึมและทรงกระบอก คะแนนระดับการกระทำ (A) มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 80.58 คะแนนระดับกระบวนการ (P) มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 77.5 คะแนนระดับสิ่งที่เรียนรู้ (O) มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 69 และคะแนนระดับแผนภาพทางปัญญา (S) มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 64.23 สำหรับส่วน ที่เกี่ยวกับการจัดกลุ่มระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนในแต่ละกลุ่มที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอกแตกต่างกันจะมีระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามกรอบทฤษฎี APOS ดังนี้ 1) นักเรียนจำนวน 7 คนพบว่า ระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในกลุ่ม APOS จำนวน 4 คน กลุ่ม APO จำนวน 3 คน 2) นักเรียน จำนวน 9 คน พบว่า ระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในกลุ่ม APOS จำนวน 2 คน กลุ่ม APO จำนวน 2 คน กลุ่ม AP จำนวน 3 คน กลุ่ม PO จำนวน 1 คน กลุ่ม O จำนวน 1 คน 3) นักเรียนจำนวน 10 คนพบว่า ระดับความเข้าใจเชิงมโน-ทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในกลุ่ม AO จำนวน 1 คน กลุ่ม AP จำนวน 4 คน กลุ่ม A จำนวน 3 คน กลุ่ม P จำนวน 1 คน และ ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 1 คน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

1.1 ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิด กระบวนการคิด วิเคราะห์ ซึ่งใช้ระยะเวลาขึ้นอยู่กับศักยภาพนักเรียน ความรู้พื้นฐาน จึงควรให้เวลานักเรียนในการทำกิจกรรม

1.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ครูควรให้กำลังใจและกระตุ้นเด็กทำให้เด็กเกิดความสนใจและเสริมแรงใน ทางบวกให้นักเรียนกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม เพื่อให้มีความพร้อมในการจัดจัดการเรียนรู้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรนำโปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอกไปใช้ในการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ในด้านอื่น ๆ ต่อไป

2.2 ควรนำการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4 MAT มาประยุกต์ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งผลให้นักเรียนมี พัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์อื่น ๆ เช่น ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการเชื่อมโยง หรือทักษะการ สื่อสาร เป็นต้น

รายการอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551**. กรุงเทพฯ: กรุงเทพมหานคร.

ัญญา อุทิส. (2557). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง "กำหนดการเชิงเส้น" ที่ส่งเสริมกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสมุทรสาครบูรณะ จังหวัด สมุทรสาคร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูศรี วงศ์รัตน์. (2560). **เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย**. อมรการพิมพ์.

พงศ์ศักดิ์ วุฒิสันต์. (2560). GeoGebra อีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจของครูคณิตศาสตร์. **นิตยสาร สสวท 41**(181), 13-14.

พงศ์ศักดิ์ วุฒิสันต์. (2556). GeoGebra อีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจของครูคณิตศาสตร์. **นิตยสาร สสวท**, 13-16.

วิจารณ์ พานิช. (2555). **วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21** . กรุงเทพฯ: มูลนิธิสอศรี-สฤษดิ์.

สุวิทย์ มูลคำ, และ อรทัย มูลคำ. (2545). **21 วิธีจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด (พิมพ์ครั้งที่ 10)**. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

อรอุมา ไชโยธา. (2547). การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยตนเองแบบสืบสวน
สอบสวนที่ใช้การตั้งประกอบ เรื่องระบบจำนวนเต็ม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. สารนิพนธ์
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทร-
วิโรฒ.

Dubinsky E. (1991). Reflective abstraction in advance mathematical thinking. **Advance
Mathematical Think-ing**, 95-123.

