

ผลของการใช้ปัญหาปลายเปิดที่มีต่อความเข้าใจโน้ตส่นทางคณิตศาสตร์
เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

The Effects of Using Open-Ended Problems on Conceptual Understanding
in Mathematics of Pyramids, Cones and Spheres of Grade 9 Students

สาริศา ปิ่นทอง* ทรงชัย อักษรคิด** และ ชนิศวรา เลิศอมรพงษ์***

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, **, ***

Sarisa Pinthong* Songchai Ugsornkid** and Chanisvara Lertamornpong***

Faculty of Education Kasetsart University*, **, ***

Corresponding author E-mail: sarisa.pin@ku.ac.th

(Received: May 20, 2024; Revised: June 11, 2024; Accepted: June 23, 2024)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจโน้ตส่นทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 36 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาปลายเปิด เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม จำนวน 7 แผน และแบบทดสอบวัดความเข้าใจโน้ตส่นทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม โดยเป็นข้อสอบแบบถูกผิดและเขียนแสดงเหตุผล จำนวน 10 ข้อ และข้อสอบแบบอัตนัยที่ให้แสดงแนวคิดและวิธีทำอย่างละเอียด จำนวน 5 ข้อ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนมีความเข้าใจโน้ตส่นทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิด ในภาพรวม สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 2) นักเรียนสามารถตอบข้อสอบข้อที่ต้องแสดงเหตุผลได้ถูกต้องทั้งคำตอบและเหตุผล พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 12.58 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน และนักเรียนสามารถทำข้อสอบแบบอัตนัยที่ให้แสดงแนวคิดและวิธีทำอย่างละเอียดได้ถูกต้อง พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 23 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน

คำสำคัญ: ปัญหาปลายเปิด, ความเข้าใจโน้ตส่นทางคณิตศาสตร์, พีระมิต กรวย และทรงกลม

Abstract

This research aims to investigate the comprehension of mathematical concepts such as pyramids, cones, and spheres in the context of learning management, using open-ended problems from grade 9 students. The target group was 36 grade 9 students in a large specialized high school in Bangkok in the second semester of the academic year 2023. This study employed instruments such as mathematics lesson plans that focused on pyramids, cones, and spheres, utilizing open-ended problems and assessing students' conceptual understanding through 10 subjective true-false tests, written explanations, and five

subjective exams, enabling them to articulate their concepts and methods in detail. The data analysis utilized arithmetic mean, percentage, and standard deviation.

The research findings reveal that 1) students were able to grasp the mathematical concepts of pyramids, cones, and spheres through the use of open-ended problems that exceeded the set criteria by 60 percent, and 2) they were able to correctly answer both the answer and the reasoning question on the test. The research revealed that students achieved an average score of 12.58 points out of a total score of 15 points, successfully demonstrating concepts and methods in detail in the subjective test. The students achieved an average score of 23 points out of a total score of 30 points.

Keywords: Open-ended Problems, Conceptual Understanding in Mathematics, Pyramids
Cones and Spheres

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิด ริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบ และถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) แต่ในปัจจุบันพบว่านักเรียนยังไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์เท่าที่ควรจะเป็น จากรายงานโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Program for International Student Assessment หรือ PISA) พบว่า ผลการประเมินของประเทศไทยตั้งแต่ PISA 2000 จนถึง PISA 2022 มีคะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์และการอ่านที่มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2022 พบว่าประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์อยู่ที่ 394 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนนานาชาติ สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของนักเรียนในการใช้ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตที่ยังไม่เท่าที่ควร ซึ่งในชั้นเรียนส่วนใหญ่ใช้แนวทางการสอนแบบเดิม กล่าวคือ เน้นการบรรยาย สาธิต อธิบาย และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด โดยการสอนทักษะการคิดในศตวรรษที่ 21 ต้องเริ่มด้วยการดักจับแนวคิดของนักเรียนในการแก้ปัญหาด้วยตนเองของนักเรียน จนแนวคิดของนักเรียนค่อย ๆ พัฒนาไปสู่การเป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งชั้นเรียนคณิตศาสตร์ในปัจจุบันไม่ได้มีบรรยากาศหรือกระบวนการเหล่านี้ (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2562)

นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้รูปแบบเดิมนั้นยังส่งผลทำให้นักเรียนไม่ได้รับการพัฒนาศักยภาพในการเรียนรู้ เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการถ่ายทอดจากครู ซึ่งครูไม่ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนแก้ปัญหาของตนเอง ดังนั้น ในการที่จะเปลี่ยนแปลงสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนคณิตศาสตร์แบบเดิม จึงจำเป็นที่จะต้องส่งเสริมและเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วยตนเองได้ และแสดงแนวคิดของตนเองในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย (สุภารัตน์ คาร์วะ และ สัมพันธ์ ถิ่นเวียงทอง, 2564) และการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบเดิมที่เน้นให้นักเรียนได้รับความรู้จากการถ่ายทอดจากครูหรือตำราเรียน เริ่มต้นการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยโลกทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ค่อยมีความหมายกับนักเรียน ส่วนชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้วัตรกรรมการศึกษาชั้นเรียนและเป็นชั้นเรียนที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาโดยอาศัยสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด เริ่มต้นการเรียนรู้ด้วยโลกจริงของนักเรียนให้ความสำคัญกับแนวคิดในการแก้ปัญหาของนักเรียน เน้นการเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนมีโจทย์หรือปัญหาของตัวเองและร่วมแก้โจทย์หรือปัญหากับคนอื่น ให้นักเรียนพยายามแก้ปัญหาของตนเองด้วยตนเอง แล้วค่อย ๆ พัฒนาเป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (นภสร บุญเสนา และสัมพันธ์ ถิ่นเวียงทอง, 2563)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิด เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการวิเคราะห์จนสามารถประมวลความรู้ทั้งหมดที่เรียน เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา มีทั้งคำตอบที่หลากหลาย มีกระบวนการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และสามารถพัฒนาไปสู่ปัญหาอื่นได้ (Becker & Shimada, 1997) อีกทั้งการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ปัญหาปลายเปิด จะเริ่มด้วยการนำเสนอปัญหาที่ไม่สมบูรณ์ต่อชั้นเรียน เสร็จแล้วกิจกรรมจะดำเนินการต่อไปโดยใช้คำตอบที่ถูกของปัญหานั้นจำนวนหลาย ๆ คำตอบ โดยครูเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้สังเกต และค้นหาแนวคิดของนักเรียนในระหว่างที่นักเรียนแก้ปัญหาด้วยตัวเอง แล้วนำแนวคิดของนักเรียนมาอภิปรายกันทั้งชั้นเรียน โดยเน้นปฏิสัมพันธ์และการสื่อสารระหว่างครูและนักเรียน นักเรียนกับนักเรียน รวมทั้งการพยายามหาเหตุผลของแนวคิดของนักเรียนแต่ละคน เพื่อมาสรุปเป็นวิธีการเรียนรู้ (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2561)

ความเข้าใจในทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถทางปัญญาในการรับรู้และเข้าถึงความคิดรวบยอดในองค์ความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ซึ่งรูปแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มีผลต่อความเข้าใจในทฤษฎีของนักเรียน (อัศพร พลมตรุษ, 2565) เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์และการนำความรู้คณิตศาสตร์ไปแก้ปัญหา ถ้านักเรียนที่มีพื้นฐานที่ดีจะสามารถนำความรู้ที่ได้ไปแก้ปัญหาในเรื่องอื่น ๆ ได้มากมาย และนำไปสู่การค้นพบความรู้ใหม่ ๆ ได้ เนื่องจากมโนทัศน์เป็นพื้นฐานของการคิด และการคิดมีความสำคัญต่อการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ มโนทัศน์จึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเรียนของนักเรียน โดยเฉพาะในวิชาคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับ นิรดา เวชญาติลักษณ์ (2561) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้จากแหล่งต่าง ๆ กันมิใช่แหล่งใดแหล่งหนึ่งเพียงแหล่งเดียว ประสบการณ์ความรู้สึกรักนึกคิดของแต่ละบุคคลถือว่าเป็นแหล่งการเรียนรู้ที่สำคัญ การเรียนรู้ที่ดีจะต้องเป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากความเข้าใจ จึงจะช่วยให้นักเรียนจดจำและสามารถใช้การเรียนรู้ในให้มีประโยชน์ได้ การเรียนรู้ที่นักเรียนค้นพบด้วยตนเองนั้นมีส่วนช่วยให้เกิดความเข้าใจลึกซึ้งและจดจำได้ดี ดังนั้น ครูผู้สอนควรมีการจัดการเรียนรู้ที่เปิดกว้างให้นักเรียนสามารถใช้วิธีการที่หลากหลายในการหาคำตอบ ให้นักเรียนได้คิดค้นหาคำตอบ ลงมือปฏิบัติจนเกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเอง พร้อมทั้งได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันกับผู้อื่น

ผู้วิจัยในฐานะเป็นครูสอนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้สังเกต พบว่า เนื้อหา เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม โดยทั่วไปนักเรียนมักผ่านการเรียนรู้ในลักษณะที่ต้องท่องจำเนื้อหาและสูตร เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณ และในบางครั้งนักเรียนท่องจำสูตรได้แต่ไม่สามารถนำสูตรนั้นไปใช้แก้ปัญหาได้ หรือสามารถทำแบบฝึกหัดได้เฉพาะโจทย์ที่มีรูปแบบคล้ายกับที่ครูสอนเป็นตัวอย่างในห้องเรียน ไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ได้ เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ที่ไม่ได้เน้นให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในทฤษฎีของเรื่องที่เรียน เน้นสอนเพียงแต่ความรู้เชิงกระบวนการ แต่สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ปัญหาปลายเปิดที่เกี่ยวข้องกับพีระมิด กรวย และทรงกลม ผู้วิจัยพิจารณาเห็นแล้วว่า การเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้ปัญหาปลายเปิดจะสามารถช่วยกระตุ้นให้นักเรียนพยายามแก้ปัญหามากกว่าที่จะเรียนรู้เพียงการท่องจำ และนักเรียนจะได้มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ไปพร้อมกับการแก้สถานการณ์ปัญหาปลายเปิด

จากเหตุผลและความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิด มาใช้ออกแบบวางแผนในการจัดการเรียนรู้ เพื่อศึกษาความเข้าใจในทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์สืบต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเข้าใจในทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 36 คน

3.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ชนิด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้ปัญหาปลายเปิด เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 7 แผน และใบกิจกรรมที่มีลักษณะเป็นสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เกิดความเข้าใจในทศทางคณิตศาสตร์ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ได้รับการตรวจสอบความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ จากอาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าอิสระ และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 3 คน ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาแก้ไขและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดที่ 1

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถหาปริมาตรและพื้นที่ผิวของกรวย และทรงกลม
2. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับปริมาตรและพื้นที่ผิวของกรวย และทรงกลมในการแก้ปัญหา

สถานการณ์ปัญหา: พลอยใสต้องการนำถั่วเขียวกวน 1 ลิตร ไปทำลูกชุบผลไม้ที่เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติ 2 แบบ ได้แก่ ส้ม และมันเทศ เพื่อไปขายในงานเปิดโลกกว้างสร้างเส้นทางสู่อาชีพของโรงเรียน



ให้นักเรียนช่วยออกแบบขนาดของลูกชุบทั้งสองรูปแบบ โดยลูกชุบแต่ละชิ้นมีปริมาตรใกล้เคียงกัน และแต่ละแบบมีจำนวนชิ้นใกล้เคียงกัน โดยให้มีถั่วเขียวกวนเหลือน้อยที่สุด แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

คำถามที่ 1: พลอยใสจะทำลูกชุบแต่ละแบบให้มีขนาดอย่างไร และได้แบบละกี่ชิ้น

คำถามที่ 2: ถ้านำลูกชุบแต่ละชิ้นไปเคลือบน้ำเชื่อมที่มีความหนาเท่ากัน ลูกชุบแบบใดจะใช้น้ำเชื่อมมากกว่ากัน

ตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดที่ 2

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถหาปริมาตรและพื้นที่ผิวของพีระมิด
2. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับปริมาตรและพื้นที่ผิวของพีระมิดในการแก้ปัญหา

สถานการณ์ปัญหา: ขนมเทียนมีลักษณะใกล้เคียงกับพระมิตฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส ถ้าในวันตรุษจีนต้องการทำขนมเทียนขนาดเท่า ๆ กัน จำนวน 500 ชิ้น อยากทราบว่าต้องใช้ปริมาณเนื้อขนมเทียนทั้งหมดประมาณกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร และถ้าห่อขนมเทียนด้วยใบตอง จะต้องเตรียมใบตองอย่างน้อยเท่าใด



3.2.2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจใจโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พระมิต กรวย และทรงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิดแบบถูกผิดและเขียนแสดงเหตุผล จำนวน 10 ข้อ 15 คะแนน และข้อสอบแบบอัตนัยที่ให้แสดงแนวคิดและวิธีทำอย่างละเอียด จำนวน 5 ข้อ 30 คะแนน คิดเป็นคะแนนเต็มรวม 45 คะแนน โดยทำการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้สิ้นสุดลง และจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ที่ทำการประเมินความสอดคล้องของข้อสอบแต่ละข้อกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ พบว่า จากแบบทดสอบที่ประกอบด้วย 2 ชุด ได้แก่ แบบทดสอบแบบปรนัยชนิดแบบถูกผิด จำนวน 10 ข้อ แบบทดสอบทุกข้อมีค่า IOC เท่ากับ 1 ค่าดัชนีความยากง่ายของข้อสอบรายข้ออยู่ระหว่าง 0.25 – 0.62 ค่าดัชนีอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้ออยู่ระหว่าง 0.26 – 0.66 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.76 และแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ แบบทดสอบทุกข้อมีค่า IOC เท่ากับ 1 ค่าดัชนีความยากง่ายของข้อสอบรายข้ออยู่ระหว่าง 0.29 – 0.61 ค่าดัชนีอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้ออยู่ระหว่าง 0.31 – 0.68 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.77

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.3.1 ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาปลายเปิด เรื่อง พระมิต กรวย และทรงกลม กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้เวลา 7 คาบ คาบละ 60 นาที

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิด มี 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ชี้นำเข้าสู่บทเรียน ครูสนทนาซักถามและทบทวนความรู้เดิมที่ต้องใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่กับนักเรียน

ขั้นที่ 2 ชี้นำสอน ครูนำเสนอปัญหาปลายเปิดในชั้นเรียน โดยนักเรียนร่วมกันอภิปรายในกลุ่มย่อย แล้วบันทึกแนวคิดในการแก้ปัญหาและสะท้อนแนวคิดของตนเองภายในกลุ่มย่อยด้วยวิธีการที่หลากหลายในการหาคำตอบ จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหากลุ่มตนเองให้เพื่อน ๆ และครูได้รับฟัง เพื่อสะท้อนแนวคิดการแก้ปัญหานั้นซึ่งจะทำให้เกิดการเปรียบเทียบแนวคิดการแก้ปัญหากับกลุ่มอื่นและนำไปสู่การตรวจสอบร่วมกันระหว่างการอภิปรายของนักเรียน ครูจะทำการแนะแนวทางการแก้ปัญหาและอธิบายเพิ่มเติมในประเด็นที่มีข้อสรุปไม่ชัดเจน

ขั้นที่ 3 ชี้นำสรุป ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิดการแก้ปัญหาและครูขยายแนวคิดของนักเรียน พร้อมทั้งสอดแทรกความรู้เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา และยุทธวิธีในการแก้ปัญหาจากการทำกิจกรรมการแก้ปัญหาปลายเปิด

3.3.2 หลังสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในคาบสุดท้าย ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจใจโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พระมิต กรวย และทรงกลม โดยใช้เวลา 60 นาที

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ นำคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบมาหาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.4.2 สถิติที่ใช้เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60

3.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ทำการวิเคราะห์ลักษณะการเขียนตอบในแบบทดสอบวัดความเข้าใจ มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา แล้วจัดประเภทลักษณะการเขียนตอบ ของนักเรียน

4. ผลการวิจัย

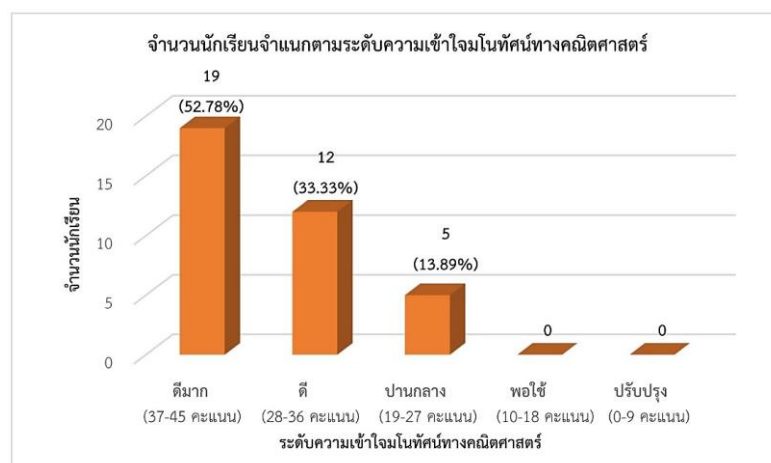
4.1 ผลการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม หลังได้รับการจัดการ เรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาพรวม

เมื่อผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิดไปใช้สอนนักเรียนกลุ่มเป้าหมายและให้นักเรียนทำ แบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม จากนั้นทำการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย กับเกณฑ์ร้อยละ 60 (คะแนนเต็ม 45 คะแนน คิดเป็น 27 คะแนน) ซึ่งหากได้คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 27 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่าน เกณฑ์ สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาปลายเปิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 60

จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
36	35.53	78.95	6.35

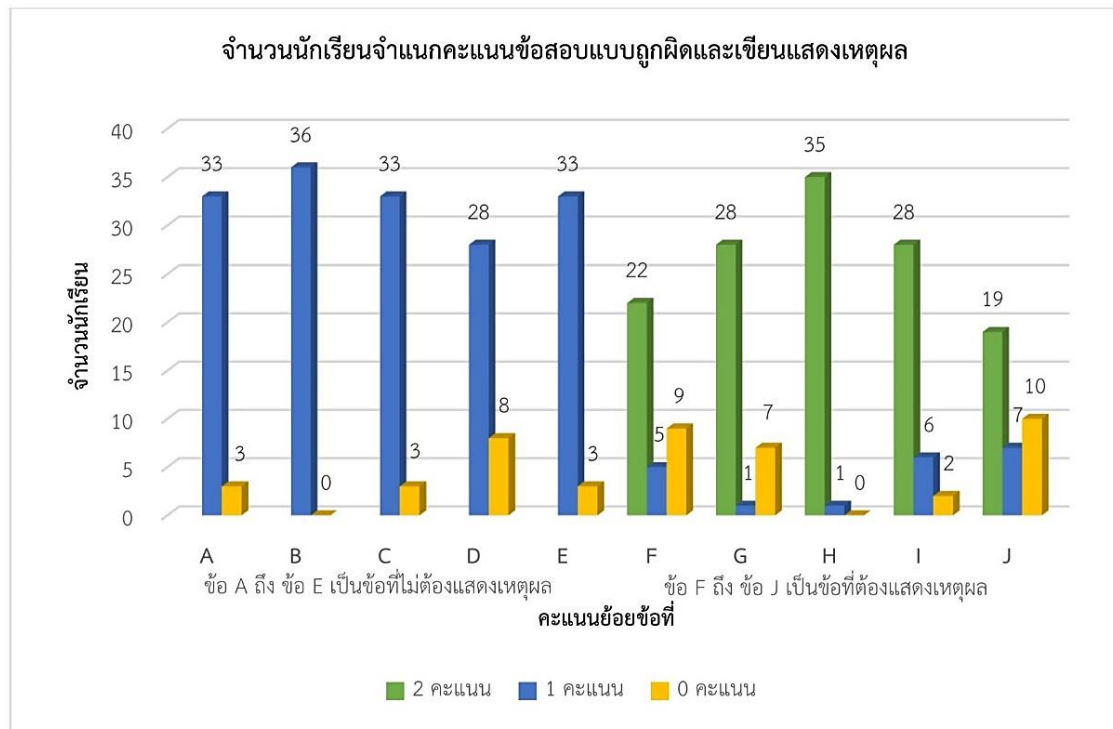
จากตารางที่ 1 จะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 โดยนักเรียนได้คะแนน เฉลี่ย 35.53 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.95 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิด ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ที่กำหนด สามารถจำแนกนักเรียนตาม ระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภูมิแท่งจำแนกนักเรียนตามระดับความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 45 คะแนน)

จากภาพที่ 1 เมื่อพิจารณาในภาพรวมของความเข้าใจโน้ตส่นทางคณิตศาสตร์ จากที่นักเรียนทำแบบทดสอบ วัดความเข้าใจโน้ตส่นทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม พบว่า นักเรียนมีระดับความเข้าใจโน้ตส่นทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 52.78 ระดับดี จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 และระดับปานกลาง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 13.89

4.2 ผลการทำข้อสอบแบบถูกผิดและเขียนแสดงเหตุผล หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปรากฏผลดังนี้



ภาพที่ 2 แผนภูมิแท่งจำแนกคะแนนข้อสอบแบบถูกผิดและเขียนแสดงเหตุผลของนักเรียน (คะแนนเต็ม 15 คะแนน)

จากข้อสอบแบบถูกผิดและเขียนแสดงเหตุผล จากการเขียนตอบของนักเรียนในแบบทดสอบ พบว่า

4.2.1 ข้อสอบข้อที่ไม่ต้องแสดงเหตุผล สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทำข้อสอบแบบถูกผิดและเขียนแสดงเหตุผลในข้อสอบข้อที่ไม่ต้องแสดงเหตุผล (ข้อ A ถึง ข้อ E)

ข้อสอบย่อย	ข้อความ	เฉลย	จำนวนนักเรียน	
			ตอบได้ถูกต้อง	ตอบได้ไม่ถูกต้อง
ข้อ A	รูปเรขาคณิตสามมิติที่มีฐานเป็นรูปเหลี่ยมใด ๆ มียอดแหลมที่ไม่อยู่บนระนาบเดียวกับฐาน และหน้าทุกหน้าเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีจุดยอดร่วมกันที่ยอดแหลมนั้น เรียกว่าพีระมิด	เป็นข้อความที่เป็นจริง	33	3

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ข้อสอบย่อย	ข้อความ	เฉลย	จำนวนนักเรียน	
			ตอบได้ถูกต้อง	ตอบได้ไม่ถูกต้อง
ข้อ B	ถ้าพีระมิดมีฐานเป็นรูปห้าเหลี่ยม รูปคลี่ของพีระมิดนี้จะต้องประกอบด้วยรูปห้าเหลี่ยมจำนวน 1 รูป และรูปสามเหลี่ยมจำนวน 5 รูป ซึ่งจำนวนของรูปสามเหลี่ยมจะขึ้นอยู่กับลักษณะของฐาน	เป็นข้อความที่เป็นจริง	36	0
ข้อ C	ปริมาตรของพีระมิด เป็นหนึ่งในสามของปริมาตรของปริซึมที่มีพื้นที่ฐานและความสูงเท่ากับพีระมิด	เป็นข้อความที่เป็นจริง	33	3
ข้อ D	ถ้าขยายกรวยให้มีความสูงเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า จะได้ว่าปริมาตรของกรวยใหม่จะเพิ่มเป็น 2 เท่าของปริมาตรของกรวยเดิมด้วย	เป็นข้อความที่เป็นจริง	28	8
ข้อ E	ปริมาตรของครึ่งทรงกลมเป็นหนึ่งในสามของปริมาตรของทรงกระบอก เมื่อรัศมีของครึ่งทรงกลมเท่ากับรัศมีของฐานของทรงกระบอก และรัศมีของครึ่งทรงกลมเป็นครึ่งหนึ่งของความสูงของทรงกระบอก	เป็นข้อความที่เป็นจริง	33	3

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบข้อสอบข้อที่ไม่ต้องแสดงเหตุผลได้ถูกต้องทั้ง 5 ข้อ โดยเฉพาะข้อ B ที่นักเรียนสามารถทำข้อสอบได้ถูกต้องทุกคน โดยนักเรียนสามารถระบุ แยกแยะ หรือบอกลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์ และบอกคำจำกัดความของมโนทัศน์นั้นได้ถูกต้อง

4.2.2 ข้อสอบข้อที่ต้องแสดงเหตุผล สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทำข้อสอบแบบถูกผิดและเขียนแสดงเหตุผลในข้อสอบข้อที่ต้องแสดงเหตุผล (ข้อ F ถึง ข้อ J)

ข้อสอบย่อย	ข้อความ	เฉลย	จำนวนนักเรียน		
			คำตอบและเหตุผลถูกต้อง	คำตอบถูกต้อง เหตุผลไม่ถูกต้อง	คำตอบและเหตุผลไม่ถูกต้อง
ข้อ F	ถ้าพีระมิดตรงมีฐานเป็นรูปเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า แล้วหน้าทุกหน้าของพีระมิดต้องเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า	เป็นข้อความที่เป็นเท็จ	22	5	9
ข้อ G	ส่วนของเส้นตรงที่ลากจากยอดของกรวยตรงมายังจุดบนเส้นรอบวงของฐาน เรียกว่า ส่วนสูงตรงของกรวย	เป็นข้อความที่เป็นเท็จ	28	1	7

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ข้อสอบย่อย	ข้อความ	เฉลย	จำนวนนักเรียน		
			คำตอบ และ เหตุผล ถูกต้อง	คำตอบ ถูกต้อง เหตุผลไม่ ถูกต้อง	คำตอบ และ เหตุผลไม่ ถูกต้อง
ข้อ H	รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ประกอบด้วย รูปวงกลม	เป็นข้อความ	35	1	0
ข้อ I	จำนวน 1 รูป และรูปสามเหลี่ยมจำนวน 1 รูป	ที่เป็นเท็จ			
	ถ้ากำหนดจุดจุดหนึ่งบนผิวของทรงกลม จะมี	เป็นข้อความ	28	6	2
	วงกลมใหญ่ที่อยู่บนผิวของทรงกลมผ่านจุดนี้	ที่เป็นเท็จ			
	ได้เพียง 1 วง				
ข้อ J	ถ้าขยายทรงกลมให้เส้นผ่านศูนย์กลาง	เป็นข้อความ	19	7	10
	เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า จะได้ว่าปริมาตรของทรง	ที่เป็นเท็จ			
	กลมใหม่จะเพิ่มเป็น 2 เท่าของปริมาตรของ				
	ทรงกลมเดิมด้วย				

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบข้อสอบข้อที่ต้องแสดงเหตุผลได้ถูกต้องทั้งคำตอบและเหตุผล เมื่อข้อความใดที่เป็นเท็จนักเรียนสามารถเขียนเป็นข้อความหรือวาดภาพที่เป็นลักษณะสำคัญของมโนทัศน์และระบุตัวอย่างของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์จากความรู้และความเข้าใจของนักเรียนได้ถูกต้องและชัดเจน แต่ในข้อสอบข้อ F และข้อ J พบว่า เป็นข้อสอบที่นักเรียนยังให้เหตุผลไม่สมเหตุสมผลและคำตอบผิดพลาดมากกว่าข้ออื่น ๆ เนื่องจากนักเรียนบางส่วนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการใช้ความรู้สึกที่มาจากสัญชาตญาณ หรือความรู้สึกนึกคิดมาประกอบการตัดสินใจในการหาคำตอบจึงทำให้เกิดการตีความผิด ส่งผลให้นักเรียนตอบข้อสอบไม่ถูกต้องและให้เหตุผลที่ไม่สมเหตุสมผล

เมื่อพิจารณาภาพรวมการทำแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม โดยข้อสอบแบบถูกผิดและเขียนแสดงเหตุผลของนักเรียน พบว่านักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 12.58 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ สามารถตอบได้ว่าข้อความนั้นเป็นจริงหรือเท็จ และหากข้อความนั้นเป็นเท็จ นักเรียนสามารถบอกเหตุผลหรือยกตัวอย่างได้อย่างถูกต้อง

ผลการทำข้อสอบแบบอัตนัยที่ให้แสดงแนวคิดและวิธีทำอย่างละเอียด หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 4 ผลการทำข้อสอบแบบอัตนัยที่ให้แสดงแนวคิดและวิธีทำอย่างละเอียด (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเฉลี่ยข้อสอบแบบอัตนัย	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
36	23	76.67	5.46

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า คะแนนเฉลี่ยจากการทำข้อสอบแบบอัตนัยที่ให้แสดงแนวคิดและวิธีทำอย่างละเอียด เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิด มีค่าเท่ากับ 23 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 76.67 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถเขียนแสดงแนวคิดการหาคำตอบปริมาตรและพื้นที่ผิวของพีระมิด กรวย และทรงกลม ได้อย่างถูกต้อง

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 จากผลการวิจัย ข้อ 4.1 พบว่า ในภาพรวม ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 35.53 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.95 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ที่กำหนดไว้ นักเรียนมีระดับความเข้าใจเนื้อหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 52.78 ระดับดี คิดเป็นร้อยละ 33.33 และระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 13.89 เมื่อพิจารณาเป็นรายบุคคล พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 88.89 ของจำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์การประเมิน ทั้งนี้เป็นเพราะการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิดช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการวิเคราะห์จนสามารถประมวลความรู้ทั้งหมดที่เรียนเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ นักเรียนเกิดการสื่อสารแลกเปลี่ยนความรู้แล้วนำมาอภิปรายร่วมกัน ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้เหตุผลที่แตกต่างจากแนวคิดของตนเองและทำให้ครูเข้าใจความคิดของนักเรียนจนเกิดบรรยากาศในการเรียนรู้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของกรวยและทรงกลม ผู้วิจัยได้เลือกสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียนที่ส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ผ่านปัญหาในชีวิตจริงในข้อ 3.2.1 จากตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดที่ 1 คือ สถานการณ์รถจักรยานในงานโรงเรียน ที่ให้นักเรียนได้ออกแบบขนาดของลูกสูบสองรูปแบบ ได้แก่ สัม และมันเทศ เพื่อไปขายในงานเปิดโลกกว้างสร้างเส้นทางสู่อาชีพของโรงเรียน โดยผู้วิจัยเน้นให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในกลุ่ม คิดหาวิธีการแก้ปัญหาปลายเปิดด้วยวิธีการที่หลากหลายตามความคิดของตนเอง จากนั้นให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียน ทำให้เกิดการเปรียบเทียบแนวคิดการแก้ปัญหากับกลุ่มอื่นและนำไปสู่การตรวจสอบร่วมกัน ระหว่างการอภิปรายของนักเรียนผู้วิจัยจะทำการแนะนำแนวทางการแก้ปัญหาและอธิบายเพิ่มเติมในประเด็นที่มีข้อสรุปไม่ชัดเจน จะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถเขียนเป็นข้อความหรือวาดภาพที่เป็นลักษณะสำคัญของมโนทัศน์จากความรู้และความเข้าใจของนักเรียนได้ ดังภาพที่ 3 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิดเป็นการสอนเพื่อให้นักเรียนสามารถเปิดความคิดให้หลากหลาย และสามารถหาความสัมพันธ์ นำไปสู่การสร้างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อัครพล พรหมตรุษ (2565) ที่ได้พัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการของความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ท้ายบทเรียนร้อยละ 61.85 อาจเนื่องมาจากการส่งเสริมการคิดนักเรียนผ่านปัญหาปลายเปิดช่วยกระตุ้นให้นักเรียนพยายามไขมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่ในการแก้สถานการณ์ปัญหาเกิดการปรับสภาวะสมดุลทางความคิด จึงก่อให้เกิดการก่อตัวของมโนทัศน์ใหม่ขึ้นมา ทั้งนี้การเรียนรู้จะเกิดขึ้นมาได้นั้นจะต้องมีแรงผลักดันให้เกิดความอยากรู้ซึ่งปัญหาปลายเปิดสามารถก่อให้เกิดสิ่งนี้ได้เป็นอย่างดี ดังที่ Nohda (1995) กล่าวว่า ปัญหาปลายเปิดจะสามารถกระตุ้นให้เกิดความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน จึงทำให้นักเรียนพยายามแก้ปัญหามากกว่าที่จะเรียนรู้แนวคิดเดียวโดยการท่องจำ

กับข้อคาดการณ์ของตนเอง จึงส่งผลให้ได้ข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง สอดคล้องกับ พรธิดา สุขกรม และอัมพร ม้าคนอง (2558) ที่กล่าวว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนประเภทการมีมโนทัศน์ที่จำกัดมากที่สุด สาเหตุของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ประเภทการมีมโนทัศน์ที่จำกัด อาจเนื่องมาจากนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องเพียงบางส่วนและสั่งสมประสบการณ์จากการประยุกต์ใช้มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ จนกระทั่งเกิดเป็นความเคยชินและก่อให้เกิดความเข้าใจที่ฝังลึกกว่ามโนทัศน์ที่ตนมีนั้นเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง และนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนประเภทความเข้าใจที่บกพร่องเกี่ยวกับข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์อันดับรองลงมา โดยเป็นความเข้าใจที่มีพื้นฐานจากสัญชาตญาณเพียงอย่างเดียวหรือจากการให้เหตุผลที่ผิด และจากผลการทำข้อสอบแบบอัตนัยที่ให้แสดงแนวคิดและวิธีทำอย่างละเอียด พบว่า ในภาพรวมการทำข้อสอบแบบอัตนัยที่ให้แสดงแนวคิดและวิธีทำอย่างละเอียด นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 23 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน พบว่านักเรียนสามารถนำเสนอขั้นตอน แสดงวิธีการหาคำตอบปริมาตรและพื้นที่ผิวของพีระมิด กรวย และทรงกลม ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ผ่านตัวแทนทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลายตามความเข้าใจของตนเอง ส่งผลให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจและสร้างความหมายของมโนทัศน์ใหม่ ทำให้นักเรียนเข้าใจ สามารถแก้ปัญหาหรืออธิบายได้ จนเกิดความคงทนในการเรียนรู้สำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ขั้นสูงต่อไปได้ ซึ่งสอดคล้องกับ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2555) ได้กล่าวว่า การให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเอง จะช่วยให้นักเรียนมีประสบการณ์โดยตรงและสามารถสร้างแนวทางพื้นฐานในการแก้ปัญหาของตนเองได้ ดังนั้น ปัญหาปลายเปิดกระตุ้นให้นักเรียนใช้มโนทัศน์ระดับพื้นฐานที่มีอยู่โดยพิจารณาว่าองค์ความรู้ดังกล่าวมีความจำเป็นต่อการแก้ปัญหา หากพบข้อขัดแย้งจากการแก้ปัญหา นักเรียนจะเกิดการย้อนกลับเพื่อปรับฐานของมโนทัศน์ ซึ่งในกระบวนการนี้จะส่งเสริมให้มโนทัศน์ระดับพื้นฐานมีความแข็งแรงขึ้น เมื่อนักเรียนเกิดการกระตุ้นผ่านสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดและมโนทัศน์ระดับพื้นฐานมีเพียงพอจะส่งผลให้นักเรียนเกิดการตั้งข้อสังเกตจากมโนทัศน์เดิมกับสถานการณ์ที่พบจึงทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ระดับต่อยอด อีกทั้งยังส่งเสริมการตั้งคำถามที่ต่อยอดจากปัญหาด้านทำให้นักเรียนตั้งข้อสงสัยและค้นหาคำตอบความรู้ใหม่ด้วยกระบวนการวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนสามารถเกิดมโนทัศน์ระดับสมบูรณ์ได้ ซึ่งกระบวนการจะไม่ดำเนินการเป็นเชิงเส้นแต่จะเกิดการย้อนกลับได้เสมอ ขึ้นอยู่กับการเผชิญกับปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหาของนักเรียน

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

6.1.1 เมื่อครูนำเสนอสถานการณ์หรือตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ ที่ทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งระหว่างมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมกับสิ่งที่ครูนำเสนอ นักเรียนจะยังไม่ตอบคำถาม ไม่ร่วมแสดงความคิดเห็น และหากเป็นคำถามปลายเปิด นักเรียนจะใช้เวลาตอบคำถามนาน ครูควรวางแผนการใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิดให้เหมาะสม ต้องใช้เวลาอธิบายในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น และสร้างกิจกรรมเพิ่มเติมให้นักเรียนได้มีการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนเกี่ยวกับลักษณะของพีระมิดและปริมาตรของทรงกลม เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น

6.1.2 จากการที่ครูสุ่มเพียงนักเรียนที่หาคำตอบได้ถูกต้องแล้วออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน ครูควรสุ่มนักเรียนออกมานำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียนที่ไม่ซ้ำกับคนเดิม และสุ่มนักเรียนที่หาคำตอบไม่ถูกต้องออกมานำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาของตนเองหน้าชั้นเรียนด้วย เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเรื่องใด โดยครูและนักเรียนช่วยกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น เพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง

6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

6.2.1 การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลมเพียงเรื่องเดียว ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์กับหน่วยการเรียนรู้อื่น ๆ ที่มีเนื้อหาและ

กิจกรรมที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิด เช่น ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ความคล้าย ความเท่ากันทุกประการ เป็นต้น

6.2.2 การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาความเข้าใจโน้ตทัศน์ทางคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งเป็นการวัดผลเพียงครั้งเดียว ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจมีแบบทดสอบย่อยเพื่อเก็บคะแนนระหว่างเรียน เพื่อให้เห็นพัฒนาการของความเข้าใจโน้ตทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

7. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- ณิรดา เวชญาลักษณ์. (2561). *หลักการจัดการเรียนรู้*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นภสร บุญเสนา และสัมพันธ์ ถิ่นเวียงทอง. (2563). การมีปัญหาของตนเองของนักเรียนในชั้นเรียนที่ใช้วัตรกรรมการศึกษาและวิธีการแบบเปิด. *การประชุมวิชาการเสนอมผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 21*. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พรธิดา สุขกรม และอัมพร ม้าคนอง. (2558). การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 และเขต 2. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 10(4), 599-611.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2549). *การปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาด้วยยุทธวิธีปัญหาปลายเปิด*. คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2555). *การใช้วิธีการพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนแบบ Open Approach เพื่อส่งเสริมการพัฒนาวิชาชีพครูคณิตศาสตร์แบบ Lesson Study Approach*. คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2561). วิธีการแบบเปิด (Open Approach) นวัตกรรมการสอนในชั้นเรียน. ใน เพียรศักดิ์ ภักดี (ประธาน), *การศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด: PLC ภาคปฏิบัติจริงในโรงเรียน. การอบรมกิจกรรมเปิดชั้นเรียนระดับชาติครั้งที่ 12*. คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2562). การสอนทักษะการคิดในศตวรรษที่ 21: การออกแบบลำดับการสอน (Flow of Lesson). ใน สุวิทย์ เปานาเรียง (ประธาน), *21 Century Skills ทักษะแห่งโลกอนาคต. EDUCA 2019 มหกรรมทางการศึกษาเพื่อพัฒนาวิชาชีพครู ครั้งที่ 12*. อิมแพ็ค เมืองทองธานี. นนทบุรี. ประเทศไทย.
- สุภารัตน์ คารวะ และสัมพันธ์ ถิ่นเวียงทอง. (2564). กระบวนการมีปัญหาของตนเองของนักเรียนในชั้นเรียนที่ใช้การศึกษาระดับชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด. *วารสารวิชาการธรรมทศน์*, 21(4), 81-92.
- อัศรพล พรหมตรุษ. (2565). การพัฒนาความเข้าใจโน้ตทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีการแบบเปิด: การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 6(2), 61-75.
- Becker, J. P. & Shimada, S. (1997). *The Open-Ended Approach: A New Proposal for Teaching Mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Nohda, N. (1995). Teaching and Evaluation Using "Open-Ended Problem" in Classroom. *International Reviews on Mathematical Education*, 27(2), 57-61.