

การพัฒนาความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์
เรื่อง ลำดับและอนุกรมเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด

The Development of Mathematical Argumentation Ability on
Geometric Sequences and Series of Mathayomsuksa 5 Students
through Learning Management based on Open Approach

กาญจนา ออรินทร์¹ ทรงชัย อักษรคิด² ชนิศวรา เลิศอมรพงษ์³ สกล ตั้งเก้าสกุล⁴

Kanjana Orain, Songchai Ugsonkid, Chanisvara Lertamornpong, Sakon Tangkawsakul

บทคัดย่อ (Abstract)

การอภิปรายโต้แย้งเป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็น อภิปรายและสรุปได้อย่างมีเหตุผล และสามารถสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ให้เป็นที่ยอมรับได้ แต่ปัจจุบันนักเรียนไม่สามารถอธิบายแนวคิดในการแก้โจทย์ปัญหาหรือโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรมเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 40 คน โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามวงจร PAOR จำนวน 2 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ใบกิจกรรม แบบทดสอบวัดความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ และแบบบันทึกการสัมภาษณ์ การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ในระดับปานกลาง ซึ่งนักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้าง และเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ค่อนข้างดี แต่การให้หลักฐานสนับสนุน เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม และข้อโต้แย้งกลับยังไม่สมบูรณ์ โดยจำแนกจำนวนนักเรียนอยู่ในระดับปานกลางขึ้นไป จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 75 ดังนั้น แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดที่พัฒนาความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ คือ การเลือกสถานการณ์ปัญหาที่มีวิธีการแก้ปัญหาหลากหลาย และใกล้ตัวนักเรียน

Received: 2023-06-28 Revised: 2023-07-15 Accepted: 2023-07-18

¹ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, Faculty of Education, Kasetsart University.

Corresponding Author e-mail: kanjana.or@ku.th

^{2 3 4} คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, Faculty of Education, Kasetsart University.

การสร้างแบบทดสอบแบบต่อเนื่องในการหาคำตอบ และการสร้างบรรยายกาศที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดและกล้าแสดงความคิดเห็น

คำสำคัญ (Keywords): การจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด; ความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์

Abstract

Argumentation is a reflection of students' ability to express their opinions, engage in reasoned arguments, and make logical conclusions. They can effectively communicate mathematical concepts, but currently, students are unable to explain problem-solving strategies or mathematical arguments to others. The objective of this research is to enhance students' ability to engage in mathematical argumentation on geometric sequences and series of mathayomsuksa 5 students through learning management based on open approach in a large specialized high school in Bangkok, with a total of 40 participants. The research adopts a practical action research PAOR in two experimental cycles. The research tools used in this research were lesson plans, worksheets, mathematical argumentation ability test, and interview recordings. Data analysis includes mean, median, standard deviation, and percentages. The research findings indicate that the majority of students possess intermediate-level abilities in mathematical argumentation. Students are able to provide claims and supporting reasons fairly well, but providing opposing evidence and counterarguments is incomplete. Approximately 75% of the students fall into the intermediate level or higher. Therefore, the suggested approach for enhancing mathematical argumentation ability through open-ended learning includes selecting problem situations with various problem-solving methods that are close to students' experiences, creating consecutive testing formats to find answers, and creating a stimulating atmosphere that encourages students to think and express their opinions.

Keywords: Open Approach; Mathematical argumentation ability

บทนำ (Introduction)

จากการเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกในหลาย ๆ ด้านที่พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีการสื่อสาร และทุกด้านมีความเชื่อมโยงกัน ทำให้การศึกษาจึงต้องมีการปฏิรูปเพื่อให้ทันการเปลี่ยนแปลง ซึ่งหน่วยงานต่าง ๆ ของภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาจึงมีความพยายามในการปฏิรูประบบการศึกษา และรัฐบาลไทยโดยกระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดเรื่องนี้เป็นวาระแห่งชาติเพื่อยกระดับการศึกษาไทยให้ทัดเทียมนานาชาติ (วนิดา สิงห์น้อย, 2560) การ

จัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์จึงต้องมีการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ซึ่งทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะเน้นที่ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น ซึ่งความสามารถในการเชื่อมโยงถือเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยเป็นการนำความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ให้มีความสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล และความสามารถในการสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์เป็นการถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ หรือกระบวนการคิดของตนเองให้ผู้อื่นรับรู้ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการให้เหตุผลเป็นการคิดวิเคราะห์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการรวบรวมข้อเท็จจริง สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ แจกแจงความสัมพันธ์หรือการเชื่อมโยง เพื่อให้เกิดข้อเท็จจริงหรือสถานการณ์ใหม่ด้วยการรับฟังและให้เหตุผลสนับสนุนหรือโต้แย้ง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) จึงทำให้การพิสูจน์ด้วยการอภิปรายโต้แย้งจะช่วยให้นักเรียนได้แสดงแนวคิด อธิบายเหตุผลในการพิสูจน์ข้อโต้แย้งกับข้อคาดการณ์ทางคณิตศาสตร์กับเพื่อนแต่ละคนในระหว่างการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น (Stigler & Hiebert, 1999) ซึ่งการอภิปรายโต้แย้งจึงมีความสอดคล้องโดยตรงกับกระบวนการให้เหตุผล และกระบวนการสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นหนึ่งในทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มีความสำคัญในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์

การอภิปรายโต้แย้ง (Argumentation) เป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็น อภิปรายและสรุปได้อย่างมีเหตุผล และสามารถสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ให้เป็นที่ยอมรับได้ ซึ่ง Paul and Elder (2007) กล่าวว่า การอภิปรายโต้แย้งเป็นกระบวนการหนึ่งของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) หรือมีทักษะการให้เหตุผล ให้ข้อสรุป และแก้ปัญหาจากกรอบการประเมินผลของ PISA ที่วัดความฉลาดรู้คณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับระดับความสามารถของนักเรียนและครอบคลุมทุกระดับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยนักเรียนจะต้องนำความรู้จากเนื้อหาคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาที่พบเจอในโลกชีวิตจริง ซึ่งในแต่ละกระบวนการแก้ปัญหาต้องอาศัยการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น เพื่อตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลประกอบในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่สามารถอธิบายได้ในเชิงคณิตศาสตร์ รวมถึงการคิดไตร่ตรองถึงกระบวนการแก้ปัญหาและผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินและตัดสินใจที่น่าเชื่อถือของข้อมูล สิ่งเหล่านี้คือสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความฉลาดรู้คณิตศาสตร์สำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ซึ่งการอภิปรายโต้แย้งเป็นหนึ่งในสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่นำมาประกอบการประเมินนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ที่มีแนวคิดทางคณิตศาสตร์หรือกระบวนการคิดของตนเองให้ผู้อื่นรับรู้ได้อย่างถูกต้องชัดเจนและสามารถสร้างและแสดงการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งสะท้อนให้เห็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในการแก้ปัญหา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551; กระทรวงศึกษาธิการ, 2560; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563)

การจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) เป็นการส่งเสริมความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง โดยเปิดโอกาสการสืบเสาะ

ด้วยวิธีการที่ตนเชื่อมั่นตามระดับความสามารถของนักเรียนและนำไปสู่การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน (Lin & Mintzes, 2010) ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเป็นการสอนเพื่อให้นักเรียนทุกคนสามารถเรียนคณิตศาสตร์ในแนวทางที่ตอบสนองความสามารถของพวกเขาควบคู่ไปกับระดับของการตัดสินใจด้วยตนเองในการเรียนรู้ได้มี 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การนำเสนอปัญหาปลายเปิด 2) การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน 3) การอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน และ 4) การสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2557) และจากงานวิจัยของ นิรัชชลา ทับพุ่ม (2564) ได้ศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมทักษะการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์มีประเด็นที่ควรเน้น คือ ครูควรสร้างสถานการณ์ปัญหาที่มีวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย การใช้คำถามปลายเปิด และสร้างบรรยากาศให้นักเรียนกล้าแสดงออก พบว่านักเรียนมีทักษะการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ ธชินี ไสยรส, สมควร สีชมพู, และไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2562) ที่ศึกษาการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนที่ใช้การศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด พบว่านักเรียนสามารถสร้างการอภิปรายโต้แย้งและวิจารณ์เหตุผลของผู้อื่นได้

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงพัฒนาความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรมเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปปรับใช้ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นสูงและการแก้ปัญหาได้ ผู้วิจัยจึงนำวิธีการแบบเปิดมาประยุกต์ใช้เพื่อให้นักเรียนมีความมั่นใจในการแสดงความคิดเห็นและอภิปรายร่วมกันอย่างอิสระใน 5 องค์ประกอบ คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง 2) เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 3) หลักฐานสนับสนุน 4) เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม และ 5) ข้อโต้แย้งกลับ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Research Objective)

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรมเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

คำถามของการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยวิธีการแบบเปิดสามารถพัฒนาความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรมเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อยู่ในระดับใด

2. การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยวิธีการแบบเปิดที่พัฒนาความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรมเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีแนวทางอย่างไร

วิธีดำเนินการวิจัย (Research Methods)

รูปแบบการวิจัย คือ การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (2007) โดยทำเป็นวงจรซ้ำ 2 วงจรปฏิบัติการ ได้แก่ วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง ลำดับเรขาคณิต และวงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง อนุกรมเรขาคณิต ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) สำรวจปัญหาในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ควรได้รับการพัฒนาหรือแก้ไข โดยการวางแผนและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด เรื่อง ลำดับและอนุกรมเรขาคณิต จำนวน 2 แผนการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบทดสอบ และแบบบันทึกการสัมภาษณ์

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act) ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยดำเนินการในวงจรปฏิบัติการละ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ จนครบทั้ง 2 แผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) สังเกตเหตุการณ์ต่าง ๆ ของนักเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้แล้วบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น พร้อมสะท้อนความคิดเห็นหลังการจัดการเรียนรู้ลงในแบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ และให้นักเรียนทำใบกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เมื่อครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้ของแต่ละวงจรปฏิบัติการแล้วให้นักเรียนทำแบบทดสอบ เพื่อประเมินความสามารถในการอธิบายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect) นำข้อมูลที่ได้จากขั้นสังเกตการณ์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้ คือ แบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบทดสอบ และแบบบันทึกการสัมภาษณ์มาทำการวิเคราะห์เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป โดยทำซ้ำไปจนครบ 2 แผนการจัดการเรียนรู้แล้วนำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลไปทำการวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 40 คนที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด เรื่อง ลำดับและอนุกรมเรขาคณิต มีจำนวน 2 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งหมด 8 คาบ ซึ่งผู้วิจัยนำปัญหาหรือสถานการณ์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ และใบกิจกรรมมีลักษณะสถานการณ์เฉพาะตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เกิดการอธิบายโต้แย้ง ประกอบด้วย 5 คำถามในแต่ละประเด็น คือ ข้อกล่าวอ้าง เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หลักฐานสนับสนุนเหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม และข้อโต้แย้งกลับ และผ่านการประเมินคุณภาพโดยอาจารย์ที่ปรึกษา ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ ข้อกิจกรรม และเวลา

เรื่อง ลำดับและอนุกรมเรขาคณิต

แผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	ชื่อกิจกรรม	เวลาเรียน
				(คาบ)
1	ลำดับเรขาคณิตและการหาพจน์ต่าง ๆ ของลำดับเรขาคณิต และการนำไปใช้	1. นักเรียนสามารถหาพจน์ต่าง ๆ ของลำดับเรขาคณิต และนำไปใช้ได้	ลิซ่าพาพับ	1
			ปริศนาดนตรี	1
			ร้านนี้ดี อยู่แล้วรวย	1
			Michael Jordan	1
2	อนุกรมเรขาคณิต การหาผลบวก ๆ ของอนุกรมเรขาคณิต และการนำไปใช้	2. นักเรียนสามารถหาผลบวกต่าง ๆ ของอนุกรมเรขาคณิต และนำไปใช้ได้	วงการนักธุรกิจ	1
			พาส่องอุตสาหกรรมยานยนต์	1
			I Roam Alone	1
			จดหมายลูกโซ่	1
รวม				8

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบที่ใช้ประกอบการสร้างของ Lin and Mintzes (2010) แบบอัตนัยแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 สถานการณ์ที่กำหนดให้นักเรียนได้มีการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ และตอนที่ 2 คำถามวัดระดับความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์จำนวน 5 คำถามในแต่ละประเด็น คือ ข้อกล่าวอ้าง เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หลักฐานสนับสนุน เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม และข้อโต้แย้งกลับ โดยแบบทดสอบมีจำนวน 3 ฉบับ รวมทั้งหมด 4 ข้อ คะแนนเต็ม 40 คะแนน ซึ่งมีสัดส่วนของคะแนนฉบับที่ 1-3 คือ 10 : 10 : 20 จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญพบว่าแบบทดสอบทุกข้อมีค่า IOC เท่ากับ 1 ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่สามารถนำไปใช้ได้ และนำมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการจัดการเรียนรู้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์ในการให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์

ความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์	คะแนน	พฤติกรรมที่แสดงออก
ข้อที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง (Claims)	2	สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างของข้อมูลได้อย่างชัดเจน ครบถ้วน
	1	สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างของข้อมูลได้ แต่ไม่ชัดเจน

	0	สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างของข้อมูลไม่ตรงกับที่ โจทย์กำหนด หรือสร้างข้อกล่าวอ้างของข้อมูล ไม่ได้
ข้อที่ 2 เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าว อ้าง (Warrants)	2	สามารถให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ โดยใช้ แนวคิดทางคณิตศาสตร์มากกว่า 1 ประเด็น
	1	สามารถให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ โดยใช้ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ 1 ประเด็น
	0	ไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หรือให้ เหตุผลสนับสนุนที่ไม่เป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์
ข้อที่ 3 หลักฐานสนับสนุน (Evidence)	2	สามารถให้หลักฐาน ซึ่งเป็น แนวคิดทาง คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ ได้อย่างชัดเจน ครบถ้วน
	1	สามารถให้หลักฐาน ซึ่งเป็น แนวคิดทาง คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ ได้เป็นบางส่วน
	0	ไม่สามารถให้หลักฐาน ซึ่งเป็น แนวคิดทาง คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ ได้
ข้อที่ 4 เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรง ข้าม (Counter arguments)	2	แสดงความคิดเห็น หรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ เป็นเหตุผลของฝ่ายตรงข้ามได้มากกว่า 1 ประเด็น
	1	แสดงความคิดเห็น หรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ เป็นเหตุผลของฝ่ายตรงข้ามได้ 1 ประเด็น
	0	ไม่แสดงความคิดเห็น หรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ที่จะเป็นเหตุผลของฝ่ายตรงข้าม

ตารางที่ 2 เกณฑ์ในการให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการอภิปรายโต้แย้ง
ทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

ความสามารถในการอภิปราย โต้แย้งทางคณิตศาสตร์	คะแนน	พฤติกรรมที่แสดงออก
ข้อที่ 5 ข้อโต้แย้งกลับ (Supportive arguments)	2	สามารถให้เหตุผล หรือหลักฐานทางคณิตศาสตร์ที่ สนับสนุนให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือในการโต้แย้ง ได้อย่างชัดเจน ครบถ้วน

	1	สามารถให้เหตุผล หรือหลักฐานทางคณิตศาสตร์ที่สนับสนุนให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือในการโต้แย้งได้เป็นบางส่วน
	0	ไม่สามารถให้เหตุผล หรือหลักฐานทางคณิตศาสตร์ที่สนับสนุนให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือในการโต้แย้งได้

3. แบบบันทึกการสัมภาษณ์ เป็นแบบบันทึกที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในเชิงลึกและกรณีที่นักเรียนตอบคำถามในแบบทดสอบไม่ชัดเจน เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ควบคู่กับแบบทดสอบของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ซึ่งคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์จะเจาะจงไปที่คำตอบของนักเรียน และผ่านการประเมินคุณภาพโดยอาจารย์ที่ปรึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบ่งกลุ่มนักเรียนแบบละความสามารถทางคณิตศาสตร์ออกเป็นกลุ่มย่อย โดยนำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในภาคเรียนที่ผ่านมา เรียงลำดับจากสูงไปต่ำแล้วแบ่งกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อน ซึ่งแบ่งนักเรียนได้กลุ่มละ 5 คน นักเรียนมีจำนวนทั้งหมด 40 คน จึงแบ่งนักเรียนได้ 8 กลุ่ม

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง ลำดับและอนุกรมเรขาคณิต กับกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 2 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งหมด 8 คาบ คาบละ 50 นาที

3. ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ของนักเรียนลงในแบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ และใบกิจกรรมของนักเรียน เพื่อนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้

4. หลังการจัดการเรียนรู้ของแต่ละวงจรปฏิบัติการให้นักเรียนทำแบบทดสอบจำนวน 3 ฉบับ รวมทั้งหมด 4 ข้อ คะแนนเต็ม 40 คะแนน

5. สัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมจากการตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับที่ 1-3 และสรุปในแบบบันทึกการสัมภาษณ์ เพื่อนำไปประกอบการสรุปคะแนนจากแบบทดสอบแล้วนำผลมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดระดับความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยกำหนดระดับความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ตามช่วงของค่าเฉลี่ยของคะแนน คือ คะแนน 8.00 – 10.00 อยู่ในระดับดีมาก คะแนน 7.00 – 7.99 อยู่ในระดับดี คะแนน 6.00 – 6.99 อยู่ในระดับปานกลาง คะแนน 5.00 – 5.99 อยู่ในระดับน้อย และ 0.00 – 4.99 อยู่ในระดับปรับปรุง

6. นำผลจากแบบทดสอบฉบับที่ 1-3 และแบบบันทึกการสัมภาษณ์ คำนวณค่ามัธยฐาน ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นจำแนกจำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์

7. นำผลสรุปจากแบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ ไปกิจกรรม แบบทดสอบ และแบบบันทึกการสัมภาษณ์ในประเด็นของแต่ละขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แล้วสะท้อนความคิดเห็นและสรุปออกมาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยจะตอบคำถามของการวิจัยข้อที่ 1 ที่ว่า การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยวิธีการแบบเปิดสามารถพัฒนาความสามารถในการอธิบายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรมเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อยู่ในระดับใด โดยผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบ และแบบบันทึกการสัมภาษณ์ ซึ่งผู้วิจัยได้นำแนวคิดของ Lin and Mintzes (2010) มาปรับใช้ในการในการสร้างเกณฑ์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. วิเคราะห์คะแนนจากแบบทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ของแต่ละวงจรปฏิบัติการจากแบบทดสอบ ฉบับที่ 1-3 ด้วยการนำคำตอบของนักเรียนมาจัดกลุ่มคำตอบตาม 5 องค์ประกอบแล้วนำคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2. ตรวจสอบคำตอบของนักเรียนจากแบบทดสอบ และวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนตามเกณฑ์การให้คะแนน

3. วิเคราะห์ข้อมูลในแบบบันทึกการสัมภาษณ์เพิ่มเติมจากการตอบคำถามในแบบทดสอบ เพื่อนำไปประกอบการสรุปคะแนนจากแบบทดสอบ

4. นำค่ามัธยฐานของคะแนนจากแบบทดสอบฉบับที่ 1-3 และแบบบันทึกการสัมภาษณ์เพื่อสรุปภาพรวมระดับความสามารถในการอธิบายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

5. นำค่าเฉลี่ยของคะแนนเป็นรายบุคคลจากแบบทดสอบและแบบบันทึกการสัมภาษณ์มาจำแนกจำนวนตามระดับความสามารถในการอธิบายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ผู้วิจัยจะตอบคำถามของการวิจัยข้อที่ 2 ที่ว่า การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยวิธีการแบบเปิดที่พัฒนาความสามารถในการอธิบายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรมเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีแนวทางอย่างไร โดยผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ ไปกิจกรรม แบบทดสอบ และแบบบันทึกการสัมภาษณ์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบแต่ละวงจรปฏิบัติการด้วยการนำคำตอบของนักเรียนมาจัดกลุ่มคำตอบตามองค์ประกอบการอธิบายโต้แย้งทั้ง 5 องค์ประกอบ เพื่อประเมินภาพรวมระดับความสามารถในการอธิบายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ของแต่ละวงจรปฏิบัติการ

2. วิเคราะห์บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ และเหตุการณ์ต่าง ๆ ของนักเรียนที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนรู้ จากนั้นสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

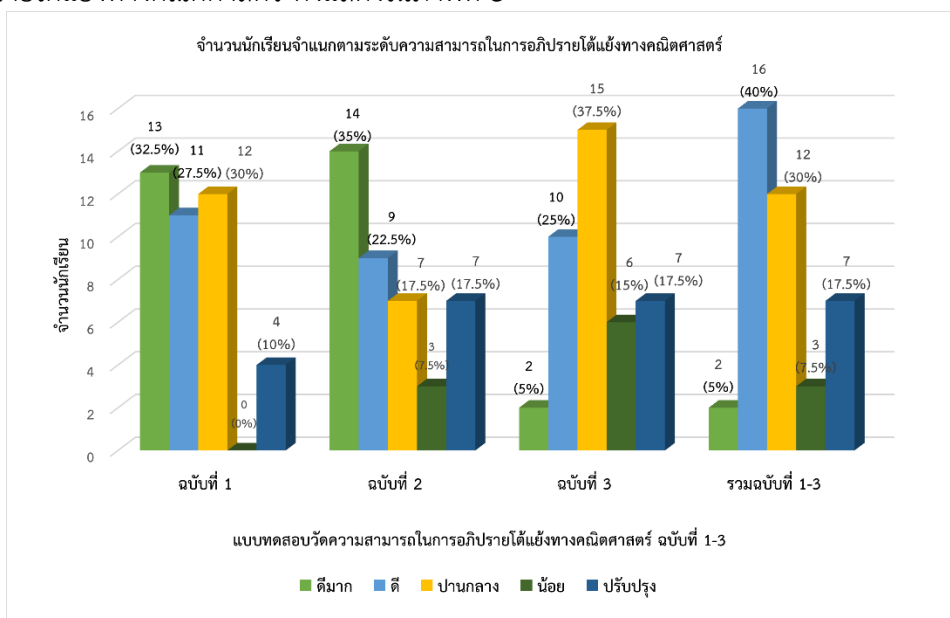
3. แยกประเด็นในแบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด

4. วิเคราะห์ข้อมูลจากสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยขั้นตอนและประเด็นเดียวกันกับการวิเคราะห์ข้อมูลแบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

นักเรียนที่มีความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ในระดับดี โดยเป็นกลุ่มที่จำแนกนักเรียนตามระดับแล้วมีจำนวนมากเป็นอันดับหนึ่ง ซึ่งนักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและหลักฐานสนับสนุนได้ค่อนข้างดี แต่การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามและข้อโต้แย้งกลับยังไม่สมบูรณ์ ดังตัวอย่างในภาพที่ 2

คณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีระดับความสามารถในการอธิบายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปรับปรุงและระดับน้อย จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 25 และระดับปานกลางขึ้นไป จำนวน 30

คน คิดเป็นร้อยละ 75 โดยสามารถสรุปจำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 จำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดที่พัฒนาความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ คือ การเลือกสถานการณ์ปัญหาที่มีวิธีการแก้ปัญหาหลากหลาย และใกล้ตัวนักเรียน การสร้างแบบทดสอบแบบต่อเนื่องในการหาคำตอบ และการสร้างบรรยายกาศที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดและกล้าแสดงความคิดเห็น ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา ครูนำเสนอปัญหาปลายเปิดหรือสถานการณ์ปัญหา และทบทวนสถานการณ์ปัญหาว่าเกี่ยวข้องกับอะไร และอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับคำศัพท์ที่อยู่ในสถานการณ์ปัญหา แต่ไม่ชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหา และกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นด้วยการถามตอบจากคาบก่อนหน้าที่มีการเกริ่นนำสถานการณ์ที่นักเรียนจะได้เรียนในคาบถัดไป รวมทั้งการสร้างแบบทดสอบหรือข้อคำถามแบบต่อเนื่องในการหาคำตอบจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงและขยายแนวคิดต่อไป

2. ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน การกระตุ้นด้วยการเกริ่นนำสถานการณ์ที่นักเรียนจะได้เรียนในคาบถัดไปเป็นการเพิ่มความสนใจในการเรียนรู้ของนักเรียน และเป็นการลดระยะเวลาในการสืบค้น จึงมีระยะเวลาในการอภิปรายภายในชั้นเรียนเพิ่มมากขึ้น โดยครูคอยสังเกตและแนะนำการเลือกข้อมูลร่วมกันด้วยการสร้างหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อมูลร่วมกัน และการแบ่งกลุ่มย่อยด้วยการลดความสามารถของนักเรียนจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกัน

3. ขั้นการอภิปรายเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเองให้เพื่อน ๆ และครูได้รับฟัง เพื่อสะท้อนแนวคิดการแก้ปัญหานั้นจะทำให้เกิดการเปรียบเทียบแนวคิดการแก้ปัญหากับกลุ่มอื่น และนำไปสู่การตรวจสอบร่วมกัน

4. ขั้นการสรุปทบทวนจากการเชื่อมโยงแนวคิดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ครูประเมินแนวคิดหรือสรุปแนวคิดการแก้ปัญหาก็เข้าใจง่าย หรือใช้เวลาน้อยที่สุด โดยครูและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิดการแก้ปัญหานั้นด้วยข้อมูลของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่ออกมาแนะนำ และให้นักเรียนเขียนสรุปเป็นประเด็นสำคัญหลังการเรียนรู้

อภิปรายผลการวิจัย (Research Discussion)

จากผลการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรมเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด มีประเด็นที่น่าสนใจสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. การเลือกสถานการณ์ปัญหาที่มีวิธีการแก้ปัญหาหลากหลาย และใกล้ตัวนักเรียนเป็นสิ่งสำคัญในการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการอภิปรายโต้แย้ง โดยในแผนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ซึ่งผู้วิจัยนำปัญหาหรือสถานการณ์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ ใบกิจกรรมมีลักษณะสถานการณ์เฉพาะตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เกิดการอภิปรายโต้แย้ง และแบบทดสอบที่นำสถานการณ์ปัญหามาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาที่ส่งเสริมการอภิปรายโต้แย้ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นิธิยุธลา ทับพุ่ม (2564) และ ณัฐวัตร อ้ายแก้ว (2563) พบว่า แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมทักษะการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ที่ควรเน้นเป็นหลัก คือ ครูควรสร้างหรือเลือกสถานการณ์ปัญหาที่มีวิธีการแก้ปัญหามากหลายให้กับนักเรียน การใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และการสร้างบรรยากาศภายในชั้นเรียนให้นักเรียนกล้าแสดงออกมากขึ้น จึงทำให้นักเรียนสามารถสร้างข้อคาดการณ์และการให้เหตุผลสนับสนุนข้อมูล สามารถให้หลักฐานสนับสนุนข้อมูล รวมถึงการให้ข้อโต้แย้งที่แตกต่างออกไป และสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับได้ ซึ่งองค์ประกอบของทักษะการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ที่เกิดมากที่สุด คือ การสร้างข้อคาดการณ์และการให้เหตุผลสนับสนุนข้อมูล และการสร้างบรรยากาศที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดและกล้าแสดงความคิดเห็นด้วยการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดประเด็นในการอภิปรายโต้แย้งด้วยการให้นักเรียนกำหนดหลักเกณฑ์ในการนำเสนอ การแสดงความคิดเห็น และหลักฐานที่เป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่สนับสนุนให้ข้อมูลที่คัดเลือกมีความน่าเชื่อถือสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kwon, Park, and Park (2006) พบว่า ปัญหาปลายเปิดสามารถส่งเสริมความคิดแบบขยาย ซึ่งเป็นกระบวนการคิดสร้างสรรค์ที่ทำให้นักเรียนสามารถได้คำตอบ หรือวิธีการที่หลากหลาย

2. การสร้างแบบทดสอบแบบต่อเนื่องในการหาคำตอบ ซึ่งนักเรียนสามารถตอบคำถามในตอนแรก และนำคำตอบไปใช้เชื่อมโยงในการตอบคำถามในตอนต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัทธราภรณ์ บุญทรศนีย์ (2558) และ อานุภาพ พวงสมจิตร (2559) พบว่า จากการวิเคราะห์แบบ วัดทักษะการอภิปรายโต้แย้งหลังเรียน นักเรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้น และสามารถแสดงข้อกล่าวอ้าง และแสดงเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ โดยหลังการจัดการเรียนรู้ของแต่ละวงจรปฏิบัติการจะให้นักเรียนทำแบบทดสอบ ฉบับที่ 1-3 ซึ่งนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีความสามารถในการให้ข้อกล่าวอ้างได้ทุกคน จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 100 และจากบันทึกการสัมภาษณ์เพิ่มเติมจากการตอบคำถามในแบบทดสอบ เพื่อนำไปประกอบการสรุปคะแนนกับแบบทดสอบแล้วนำผลมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดระดับความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sadler and Donnelly (2006) และ Lin and Mintzes (2010) โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ทักษะการโต้แย้งในแต่ละองค์ประกอบ และนำแบบทดสอบทักษะการโต้แย้งที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบปลายเปิดให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นที่สอดคล้องกับองค์ประกอบการโต้แย้งในด้านต่าง ๆ

3. ผลการพัฒนาความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีระดับความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ระดับปรับปรุงและระดับน้อย จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 25 และระดับปานกลางขึ้นไป จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 75 และคะแนนจากแบบทดสอบ ฉบับที่ 1-3 หลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนอยู่ในระดับปานกลาง และค่ามัธยฐานของคะแนนจากแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับ คือ 6.38 จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน โดยเป็นกลุ่มที่จำแนกนักเรียนตามระดับแล้วมีจำนวนมากเป็นอันดับสอง ซึ่งนักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้าง และเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ค่อนข้างดี แต่การให้หลักฐานสนับสนุน เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม และข้อโต้แย้งกลับยังไม่สมบูรณ์ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเป็นการสอนเพื่อให้นักเรียนทุกคนสามารถเรียนคณิตศาสตร์ในแนวทางที่ตอบสนองความสามารถของพวกเขาควบคู่ไปกับระดับของการตัดสินใจด้วยตนเองในการเรียนรู้และสามารถขยายหรือเพิ่มเติมคุณภาพของกระบวนการและผลที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้ โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติการสอนในชั้นเรียน 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การนำเสนอปัญหาปลายเปิด 2) การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน 3) การอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน และ 4) การสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนินี ไสยรส, สมควร สีสมภู, และ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2562) ที่ศึกษาการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนที่ใช้การศึกษาลักษณะและวิธีการแบบเปิด พบว่า นักเรียนสามารถสร้างการอภิปรายโต้แย้งและวิจารณ์เหตุผลของผู้อื่นได้ ใช้สมมติฐาน/ความรู้ที่มีก่อนหน้านี้ในการสร้างข้อโต้แย้ง สามารถสร้างการคาดเดาและสร้างข้อสนับสนุนของข้อกล่าวอ้าง เพื่อสำรวจความจริงของการคาดคะเนของตนเอง ชี้แจงข้อสรุปของตนเองสื่อสารกับคนอื่น ๆ และตอบข้อโต้แย้งของผู้อื่นได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จุฬาลักษณ์ ใจอ่อน, สุดาทิพย์ หาญเชิงชัย, และ วิภาพร สุทธิธัมพร (2561) ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาความคิด

สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีการแบบเปิด พบว่า การสอนด้วยวิธีการแบบเปิดทำให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

ข้อเสนอแนะการวิจัย (Research Suggestions)

1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1.1 ครูผู้สอนควรเลือกประเด็นในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ที่อยู่ในความน่าสนใจของนักเรียน หรือประเด็นที่ใกล้ตัวของนักเรียน และครูควรศึกษาข้อมูล เหตุผล และหลักฐานต่าง ๆ ของประเด็นในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ในทุกมุมมองของนักเรียน

1.2 ครูผู้สอนควรสร้างความมั่นใจของนักเรียนในการตอบข้อคำถามเพราะนักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบของตนเอง และการหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่ไม่มีความน่าเชื่อถือ

1.3 ครูผู้สอนควรสังเกตการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มในระหว่างการจัดการเรียนรู้ เพื่อประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียน และแนะนำการแบ่งหน้าที่การทำงานภายในกลุ่มให้ชัดเจน เพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนความคิดในการแก้ปัญหาอย่างถูกต้อง

1.4 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ครูผู้สอนควรคำนึงถึงรูปแบบกิจกรรมที่สามารถพัฒนาความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ให้ครอบคลุมทั้ง 5 องค์ประกอบ ซึ่งต้องมีการฝึกฝนอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน จึงต้องใช้ระยะเวลาที่มากพอสมควรในการวางแผนและออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเวลา

1.5 การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ ครูผู้สอนควรมีคำถามที่เกริ่นนำแล้วขยายเข้าสู่การหาคำตอบทั้ง 5 องค์ประกอบ เพื่อสร้างโอกาสให้นักเรียนได้เกิดแนวคิดในการหาคำตอบ

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดในการพัฒนาตัวแปรอื่น ๆ เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการให้เหตุผล ความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างดียิ่งขึ้น

2.2 ควรมีระยะเวลาในการสลับเปลี่ยนแปลงสมาชิกภายในกลุ่มเพราะสมาชิกภายในกลุ่มจะมีหน้าที่เดิมในระหว่างการทำงานกลุ่ม เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนแนวคิดที่อาจจะแตกต่างจากกลุ่มเดิม แต่ควรแบ่งกลุ่มแบบละความสามารถเพราะนักเรียนจะเกิดการช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม

เอกสารอ้างอิง (References)

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*.

กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระคณิตศาสตร์*

- (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- จุฬาลักษณ์ ใจอ่อน, สุดาทิพย์ หาญเชิงชัย, และ วิภาพร สุทธิธัมพร. (2561). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีการแบบเปิด. *วารสารนาคบุตรปริทรรศน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*. 10, 289–295.
- ณัฐวัตร อ้ายแก้ว. (2563). การพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์. *วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*.
- ธชนิ ไสยรส, สมควร สีชมภู, และ ไผ่ตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2562). การอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนที่ใช้การศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด. ใน *การประชุมวิชาการเสนอมผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 20* (น. 1873–1883). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- นิรัญชลา ทับพุ่ม. (2564). การส่งเสริมทักษะการอภิปรายโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เรื่องความคล้าย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร*.
- พัชรภรณ์ บุญยทรรศนีย์. (2558). การพัฒนาทักษะการอภิปรายโต้แย้งเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน. *วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*.
- ไผ่ตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2557). *กระบวนการแก้ปัญหาในคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน*. ขอนแก่น: ศูนย์วิจัยคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วนิดา สิงห์น้อย. (2560). *ทักษะการเรียนรู้ของนักเรียนในศตวรรษที่ 21*. สืบค้น 18 ตุลาคม 2565, จาก <https://emagazine.ipst.ac.th/208/#30>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์*. สืบค้น 17 ตุลาคม 2565, จาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/mathematical-literacy/>.
- อานุกาฬ พ่วงสมจิตร. (2559). การพัฒนาทักษะการอภิปรายโต้แย้ง เรื่อง สารชีวโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยบริบทเป็นฐาน. *วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*.
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (2007). Participatory Action Research: Communicative Action and the Public Sphere. In Denzin, N. & Lincoln, Y. (eds.). *Strategies of Qualitative Inquiry* (pp. 271–330). Sage: Thousand Oaks.

- Kwon, O. N., Park, J. H. & Park, J. S. (2006). Cultivating Divergent Thinking in Mathematics through an Open-Ended Approach. *Asia Pacific Education Review*, 7(1), 51–61.
- Lin, S. S., & Mintzes, J. J. (2010). Learning argumentation skills through instruction in socioscientific issues: The effect of ability level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(6), 993-1017.
- Paul, R., & Elder, L. (2007). *The Miniature Guide to Critical Thinking Concepts and Tools*. Retrieved April 9, 2023, from <https://web.iitd.ac.in/~nkurur/2015-16/IIssem/cml522/CriticalThinking.pdf>.
- Sadler, T. D., & Donnell, L. A. (2006). Socioscientific Argumentation: The effects of content knowledge and morality. *International Journal of Science Education*, 28(12), 1463-1488.
- Stigler, J. W., & Hiebert, J. (1999). *The Teaching Gap: Best Ideas from the world's Teachers for Improving Education in the Classroom*. New York: The Free Press.