



Developing Mathematical Communication Abilities through Experiential Learning for Grade 10 Students at Wiengmok Wittaya School in Lampang Province

Saseya Maimun¹, Sureerat Areeraksakul Konglok² and Vinit Thueakthong³

¹ Student of the Master of Education in Curriculum and Instruction, Sukhothai Thammathirat Open University, Thailand

²⁻³ Faculty of Education, Sukhothai Thammathirat Open University, Thailand

¹E-mail: omsinsasi@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-5806-4340>

²E-mail: sakonglok@yahoo.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-3439-4794>

³E-mail: vithong1@yahoo.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-3707-7601>

Received 16/09/2024

Revised 21/09/2024

Accepted 21/10/2024

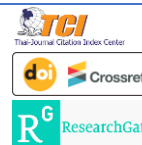
Abstract

Background and Aims: Mathematical skills and processes refer to the ability to apply knowledge to learn various things, gain understanding, and effectively apply them in daily life. Learning management that emphasizes students' self-experienced learning and analytical thinking processes enhances students' ability to learn more effectively. Therefore, the purposes of this research were to (1) develop the mathematical communication abilities of grade 10 students through experiential learning activities and (2) study best practices in organizing experiential learning activities that enhance mathematical communication abilities.

Methodology: The target group consisted of 10 students from grade 10, the second semester of the academic year 2023, at Wiang Mok Wittaya School, Lampang province. The research instruments included: 1) an experiential learning activity plan, 2) a teacher's classroom behavior observation form, 3) a student learning behavior observation form, 4) two mathematical communication abilities assessment forms focusing on speaking one for peer assessment and one for teacher assessment, 5) a written mathematical communication abilities test administered at the end of each cycle, and 6) a final written mathematical communication abilities test after the completion of the activities. Data were analyzed using mean, standard deviation, and content analysis.

Results: In each cycle and after the activities, 1) the student's average mathematical communication abilities exceeded 80%. The average score for verbal communication abilities was over 95% in every cycle and after the activities. The students were able to explain their concepts clearly to peers, discuss and exchange ideas within groups and class levels until concluding, and present their ideas and problem-solving methods in a clear and structured manner. The student's average score for written communication abilities in the first cycle was 67.11%, which increased to over 70% in the second to fourth cycles and after the activities. The students demonstrated the ability to create tree diagrams to illustrate problem-solving concepts and write step-by-step explanations using mathematical language and symbols. 2) The best practices for conducting experiential





learning activities that enhance mathematical communication abilities include: (2.1) using a variety of activities, designing situations relevant to the students' daily lives, and incorporating materials to stimulate interest and encourage participation; (2.2) encouraging students to review their learning through hands-on activities; and (2.3) encouraging continuous verbal and written communication through group discussions, using guiding questions, and providing positive reinforcement when students express their ideas.

Conclusion: The mathematical communication abilities of grade 10 students at Wiang Mok Wittaya School improved by more than 80% after participating in experiential learning activities. The best practices for conducting experiential learning activities that enhance mathematical communication abilities involve students learning through hands-on experiences using activities that are closely related to real life, with concrete materials. Additionally, these practices encourage students to continuously develop their mathematical communication abilities, both in speaking and writing.

Keywords: Experiential Learning; Mathematical Communication; Secondary Education



การพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเวียงมอกวิทยา จังหวัดลำปาง

ศศิยา หมายมั่น¹, สุรรัตน์ อารักษ์สกุล ก้องโลก² และวินิจ เทือกทอง³

¹นักศึกษาลัทธิศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต แขนงหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

²⁻³คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บทคัดย่อ

ภูมิหลังและวัตถุประสงค์: ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้ความรู้ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งรูปแบบ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ด้วยตนเอง และเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์หาเหตุผลช่วย ให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ และ 2) ศึกษา แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ระเบียบวิธีการวิจัย: กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนเวียงมอกวิทยา จังหวัดลำปาง จำนวน 10 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดกิจกรรม การเรียนรู้เชิงประสบการณ์ 2) แบบบันทึกพฤติกรรมการสอนของครูในชั้นเรียน 3) แบบบันทึกพฤติกรรม การเรียนรู้ของนักเรียนในชั้นเรียน 4) แบบประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูด 2 ฉบับ คือ (4.1) สำหรับนักเรียนประเมินกันเอง และ (4.2) สำหรับครูประเมินนักเรียน 5) แบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียนท้ายแต่ละวงจร และ 6) แบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียนหลังเสร็จสิ้นปฏิบัติการ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ การวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัย: พบว่าในทุกวงจรและหลังปฏิบัติการ 1) นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 80 โดยความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดมีค่าเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 95 ทุกวงจรและหลังปฏิบัติการ นักเรียนสามารถพูดอธิบายแนวคิดตนเองให้เพื่อนเข้าใจ อภิปรายแลกเปลี่ยนแนวคิดร่วมกันภายในกลุ่มและระดับชั้นเรียนจนได้ข้อสรุปและสามารถนำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียนอย่างเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน ส่วนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียนของนักเรียน ในวงจรแรกมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 67.11 และเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 – 4 และหลังปฏิบัติการ นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพต้นไม้แสดงแนวคิดการแก้ปัญหาและเขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนด้วยข้อความและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และ 2) แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดกิจกรรม การเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ คือ (2.1) เลือกใช้กิจกรรมที่หลากหลาย ออกแบบสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน และมีสื่อวัสดุประกอบเพื่อกระตุ้นความสนใจและอยากลงมือทำกิจกรรม (2.2) ทบทวนการเขียนการเรียนรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติ (2.3) ครูควรใช้คำถามนำกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความสามารถในการสื่อสารทั้งการพูดและการเขียนอย่างต่อเนื่องผ่านการทำกิจกรรมแลกเปลี่ยนแนวคิดภายในกลุ่ม พร้อมทั้งพูดให้กำลังใจเมื่อนักเรียนสื่อสารแนวคิดตนเอง

สรุปผล: ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเวียงมอกวิทยา มีพัฒนาการดีขึ้นมากกว่าร้อยละ 80 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ซึ่งแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ โดยใช้กิจกรรมที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง มีสื่อที่เป็นรูปธรรม พร้อมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้งการพูดและการเขียนอย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ : กิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์; การสื่อสารคณิตศาสตร์; มัธยมศึกษา

บทนำ

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ประกอบไปด้วยความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสารและ การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยง การให้เหตุผล และการคิดสร้างสรรค์ จากการจัดกิจกรรม การเรียนการสอนที่ผ่านมาเน้นให้ผู้เรียนฝึกทักษะหรือความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ทักษะหรือความสามารถด้านอื่น ๆ ไม่ได้รับการพัฒนาหรือให้ความสำคัญเท่าที่ควร หนึ่งในนั้น คือ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ตามที่สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้กล่าวไว้ว่า ความสามารถในการสื่อสาร และสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมาย สรุปผล และนำเสนอได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน ซึ่งถือว่ามีค่าสำคัญมากเนื่องจากในชีวิตจริง มนุษย์ต้องอธิบายสิ่งต่าง ๆ ทั้งที่มองเห็นในรูปธรรมและมองไม่เห็นในเชิงนามธรรม เพื่อให้ผู้อื่นรับรู้และเข้าใจในสิ่งที่ต้องการสื่อสารร่วมกัน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้กล่าวว่า สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกาเล็งเห็นว่าการสื่อสารและการนำเสนอต้องเป็นจุดสำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์นอกจากนี้ในวิชาคณิตศาสตร์ เนื้อหาส่วนใหญ่อยู่ใน เชิงนามธรรม จึงจำเป็นต้องใช้สัญลักษณ์ ตัวแปร หรือตัวแบบทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอความคิดการที่นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย หรือการเขียนแลกเปลี่ยนความรู้และความคิดเห็น ถ่ายทอดประสบการณ์ซึ่งกันและกัน ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น จะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้อธิบายคณิตศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้งและจดจำได้นานมากขึ้นอีกด้วย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) เห็นได้ว่าความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ มีความสำคัญและจำเป็นที่ผู้เรียนจะต้องพัฒนา

ผลการประเมินตามโครงการ PISA (Programme for International Student Assessment) ใน การประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญที่ช่วยในการแปลงปัญหา สถานการณ์ต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อดำเนินการแก้ปัญหาตามกระบวนการหรือวิธีการทางคณิตศาสตร์ อีกทั้งต้องอธิบายผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่ แสดงหลักฐานประกอบข้อสนับสนุนหรือข้อโต้แย้ง ซึ่งผลการประเมิน PISA ประเทศไทย ในปี 2018 ที่ผ่านมา พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนคณิตศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD และนับตั้งแต่การประเมิน PISA ครั้งแรกในปี 2000 ตลอดระยะเวลาเกือบ 20 ปี ความรู้และทักษะด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยไม่ได้มีการพัฒนาขึ้น ซึ่งทำให้เห็นว่าแนวโน้มผลการประเมินด้านคณิตศาสตร์ของไทยไม่เปลี่ยนแปลง (ศูนย์ดำเนินการ PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) ผู้วิจัย

ได้นำข้อสอบ PISA ไปทดสอบกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 2 โรงเรียนเวียงมอกวิทยา พบว่านักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 10.64 ต่ำกว่าระดับประเทศที่มีคะแนนเฉลี่ย 11.81

จากการวิเคราะห์คะแนนผลการประเมินข้อสอบ PISA ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 ทั้งหมดพบว่า นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ได้ ไม่สามารถเขียนแปลงสถานการณ์เป็นปัญหาคณิตศาสตร์ ใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง เขียนแสดงวิธีแก้ปัญหาร่วมให้เหตุผลประกอบอย่างเป็นลำดับขั้นตอนไม่ได้ ไม่ใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และไม่สามารถแปลงผลลัพธ์กลับในรูปของสถานการณ์ รวมทั้งแสดงความสมเหตุสมผลของคำตอบไม่ได้ นอกจากการเขียนแล้วด้านการพูดจากการสังเกตการทำกิจกรรมในชั้นเรียน นักเรียนไม่กล้าแสดงความคิดเห็น ไม่ตอบคำถาม ไม่สามารถอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นได้ข้อสรุป รวมทั้งไม่กล้านำเสนอหน้าชั้นเรียน หรือมีการนำเสนอได้ไม่ชัดเจน ทำให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไม่ดีเท่าที่ควร

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ด้วยตนเอง และเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์หาเหตุผลช่วยพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่น่าสนใจ คือ การเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (Experiential Learning) เป็นการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากกิจกรรมหรือการปฏิบัติ ซึ่งเป็นประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม เพื่อนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจเชิงนามธรรมผ่านการสะท้อนประสบการณ์การคิดวิเคราะห์ การสรุปเป็นหลักการ ความคิดรวบยอด และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) ซึ่งรูปแบบการเรียนรู้เชิงประสบการณ์มีรากฐานจากทฤษฎี Learning by doing ของ John Dewey ที่เชื่อว่า มนุษย์ต้องปรับตัวเพื่อให้ชีวิตอยู่รอดสิ่งแวดล้อม มีผลให้มนุษย์ฝึกแก้ปัญหา เพื่อให้เกิดการเรียนรู้จากการกระทำ ซึ่งคนเราจะสามารถเรียนรู้ได้ดีที่สุดจากการลงมือปฏิบัติเอง สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์ หรือ Experiential Learning Theory (ELT) ของ Kolb (1984) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้จากประสบการณ์ (Experiential Learning) คือ กระบวนการสร้างความรู้ ทักษะ และเจตคติ ด้วยการนำเอาประสบการณ์เดิมของผู้เรียนมาบูรณาการเพื่อสร้างการเรียนรู้ใหม่ ๆ ขึ้น ซึ่ง พินันทา ฉัตรวัฒนา (2564) ได้กล่าวว่าการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ เป็นรูปแบบการเรียนรู้หนึ่งที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองด้วยการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความท้าทายและพบเจอกับประสบการณ์จริง ก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ด้วยการต่อยอดความรู้เดิม เนื่องจากยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เชิงประสบการณ์ที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยตรง มีเพียงบางงานวิจัยที่ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ช่วยพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านอื่น ๆ อย่างเช่น วาสนา เพ็ชรพันธ์ (2564) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ อีกทั้งยังมีเพียง บางงานวิจัยที่ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้อื่น ๆ อย่างเช่น พรภัทร สินดี (2557) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเชิงวิธีการที่เน้นกระบวนการกลุ่ม ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และพฤติกรรมการทำงาน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และพฤติกรรมการทำงาน

กลุ่มของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเชิงวิธีการที่เน้นกระบวนการกลุ่ม สูงกว่าเกณฑ์ จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยสนใจออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ในกิจกรรมที่มีกระบวนการกลุ่ม เพื่อพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยตรง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเวียงมอกวิทยา จังหวัดลำปาง เพื่อเสริมสร้างหรือพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์
2. เพื่อศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

การทบทวนวรรณกรรม

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ หมายถึง กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์หรือการปฏิบัติ ซึ่งเป็นประสบการณ์ในรูปแบบ สะท้อนประสบการณ์ จากการสังเกตและการปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง จนสามารถสรุปองค์ความรู้ ความคิดรวบยอดในเชิงนามธรรม และ นำประสบการณ์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ ตามแนวคิดของ Kolb(1984) ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน บรรจุในชั้นสอน ดังนี้

ขั้นนำ เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ร่วมอภิปรายจากประเด็นคำถามที่ผู้สอนกำหนดสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริงของผู้เรียน เพื่อกระตุ้นความสนใจให้ผู้เรียนก่อนเริ่มทำกิจกรรม โดยผู้สอนทำหน้าที่ยกตัวอย่างสถานการณ์ ตั้งคำถามอภิปราย และเชื่อมโยงสถานการณ์ดังกล่าวกับกิจกรรมที่ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ตามหลักการเรียนรู้ เชิงประสบการณ์ในชั้นสอน

ขั้นสอน ประกอบด้วย 4 ขั้น ตามหลักการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างประสบการณ์ (Concrete Experience) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้รับประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหาในสถานการณ์จำลองผ่านใบกิจกรรมที่ผู้สอนกำหนดเพื่อให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้จากสื่อรูปธรรม โดยผู้สอนทำหน้าที่เตรียมสื่อ อธิบายวิธีการทำกิจกรรม จัดกิจกรรม และเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการทำกิจกรรมให้ผู้เรียน และผู้เรียนมีหน้าที่ทำกิจกรรมตามที่คุณสอนเตรียมให้ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 2 ขั้นสะท้อนคิดจากการสังเกต และอภิปราย (Reflective Observation and Discussion) เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องสะท้อนความคิด ความรู้สึก ความคิดเห็นจากประสบการณ์ที่ได้ปฏิบัติในขั้นที่ 1 ผ่านการอภิปรายประเด็นที่ผู้สอนกำหนดขึ้น และบันทึกข้อสังเกตที่ได้จากการแก้ปัญหาจากสถานการณ์จำลองลงในแบบบันทึกกิจกรรมของตนเอง จากนั้นร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของตนเองกับเพื่อนภายในกลุ่ม โดยผู้สอนทำหน้าที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนกันมากที่สุด

ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแนวคิดที่เป็นนามธรรม (Abstract Conceptualization) เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้ ความคิดรวบยอดที่ได้จากการอภิปราย สะท้อนความคิดในขั้นที่ 2 ให้เป็นความคิดรวบยอดของกลุ่มตนเอง พร้อมทั้งบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม จากนั้นผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอความคิดรวบยอดของกลุ่มตนเอง และร่วมกันสรุปความคิดรวบยอดของห้อง พร้อมทั้งบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม โดยผู้สอนทำหน้าที่ใช้คำถามในการกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันสรุปความคิดรวบยอด

ขั้นที่ 4 ขั้นทดลองปฏิบัติ (Active Experimentation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำองค์ความรู้ ความคิดรวบยอดที่ได้ในขั้นที่ 3 ไปแก้ปัญหาจากสถานการณ์ใหม่โดยใช้องค์ความรู้เดิมในการแก้ปัญหาเป็นรายบุคคลจากแบบฝึกหัด โดยผู้สอนมีหน้าที่กระตุ้นให้ผู้เรียนลงมือทำแบบฝึกหัดด้วยตนเอง

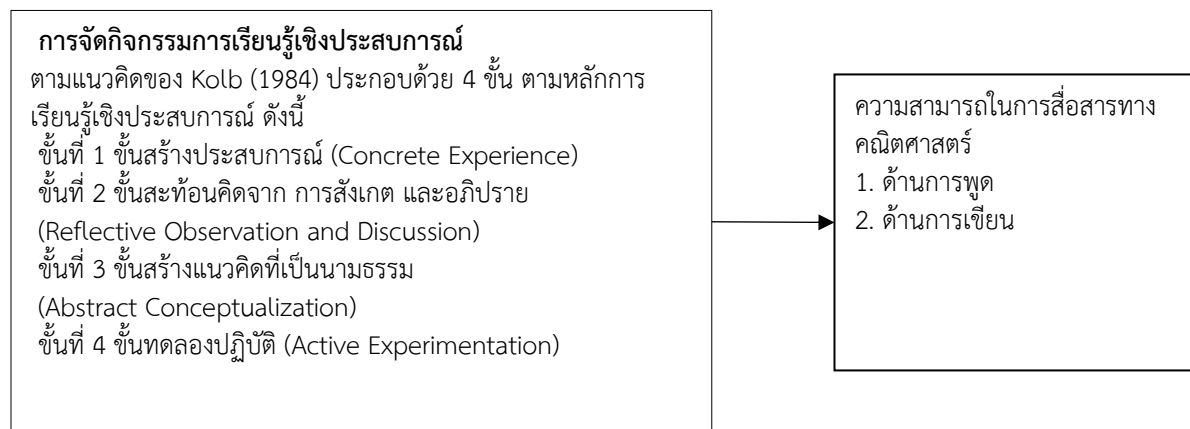
ขั้นสรุป เป็นขั้นที่ผู้เรียนอภิปรายและสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับในแผนการจัดการเรียนรู้ นั้น ๆ โดยผู้สอนทำหน้าที่ตั้งคำถาม กระตุ้นให้ผู้เรียนได้อภิปรายร่วมกัน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนถามข้อสงสัย

ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการอธิบายด้วย การพูด และการเขียนแสดงความเข้าใจหรือสิ่งที่นึกคิด เพื่อให้ผู้อื่นรับรู้และเข้าใจอย่างถูกต้อง โดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ในการสื่อสาร สื่อความหมาย และนำเสนอได้อย่างมีลำดับขั้นตอน ตามกรอบแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) โดยความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ด้านการพูด ผู้เรียนสามารถพูดอธิบายให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ หรือความคิดของตนเอง และนำเสนอหน้าชั้นเรียนอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งวัดได้จากแบบประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูด ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเมิน 2 ส่วน คือนักเรียนประเมินสมาชิกภายในกลุ่ม และครูประเมินนักเรียน

ด้านการเขียน ผู้เรียนสามารถเขียนอธิบายให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยใช้แผนภาพ หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์หรือความคิดของตนเอง โดยอาศัยความรู้และหลักการประกอบแนวคิด และนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์หรือความคิดของตนเองอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน แบบอัตนัย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

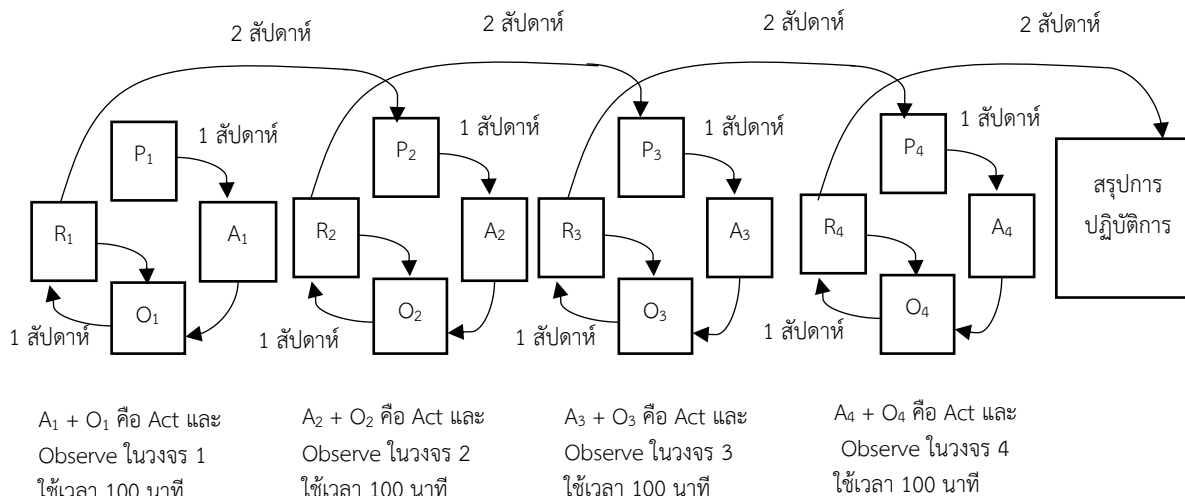
กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ระเบียบวิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) ตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (1990) เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่ละวงจร แต่ละวงจรประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Act) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) โดยลักษณะของวงจรทั้ง 4 แสดงดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 Action Research Cycle according to the Concept of Kemmis & McTaggart (1990)

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนเวียงมอกวิทยา จังหวัดลำปาง จำนวน 10 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ จำนวน 4 แผน แผนละ 100 นาที ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา และการนำไปใช้ โดยใช้แบบประเมินมาตรฐานค่า 5 ระดับ ผลการประเมินความสอดคล้อง และความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมรายแผนเท่ากับ 4.92, 4.86, 4.89 และ 4.89
2. แบบบันทึกพฤติกรรมการสอนของครูในชั้นเรียน ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบประเมินมีความสอดคล้องและครอบคลุมกับกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.66 – 1.00
3. แบบบันทึกพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในชั้นเรียน ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบประเมินมีความสอดคล้องและครอบคลุมกับกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00

4. แบบประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูด 2 ฉบับ คือ 1) สำหรับนักเรียนประเมินตนเอง และ 2) สำหรับครูประเมินนักเรียน เป็นแบบประเมินมาตรวัดระดับ ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบประเมินมีความสอดคล้องกับตัวบ่งชี้ที่กำหนด และคำแนะนำ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.66 – 1.00

5. แบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน แบบอัตนัย จำนวน 4 ฉบับ ใช้ประเมินท้ายแต่ละวงจร และฉบับหลังเรียน ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบทดสอบมีความสอดคล้องกับตัวบ่งชี้ที่กำหนด และคำแนะนำ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 12 คน ที่ผ่านการเรียนเรื่อง หลักการนับเบื้องต้นและความน่าจะเป็น มาแล้ว และวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) จากนั้นหาค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาตามวิธีของครอนบัค ผลการตรวจคุณภาพของแบบทดสอบทุกฉบับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 Index of difficulty (p), Index of discrimination (r), and Reliability of Each Test

แบบทดสอบ	ความยากง่าย (p)	อำนาจจำแนก (r)	ความเที่ยง
1. หลักการบวก	0.50	0.58	0.90
2. หลักการคูณ	0.31	0.43	0.91
3. การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นของสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมด	0.37	0.54	0.94
4. ความน่าจะเป็น	0.38	0.55	0.90
5. ประเมินท้ายปฏิบัติการ	0.50	0.42	0.81

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีขั้นตอนการเก็บข้อมูล ดังนี้

1. ก่อนดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ชี้แจงกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เชิงประสบการณ์ให้ผู้ร่วมวิจัยและนักเรียนเข้าใจวิธีการและขั้นตอนการจัดกิจกรรมดังกล่าว 1 ชั่วโมง

2. ดำเนินการทดลองปฏิบัติการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ให้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 4 แผน โดยแบ่งเป็น 4 วงจรปฏิบัติการ วงจรละ 1 แผน บันทึกวิดีโอขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนระหว่างการปฏิบัติการแต่ละวงจรจะมีการสังเกต ดังนี้

1) พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยและผู้สังเกตเป็นผู้สังเกตและบันทึกลงในแบบบันทึกพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในชั้นเรียน

2) พฤติกรรมการสอนของครูระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยสังเกตตนเองและผู้สังเกตสังเกตและบันทึกลงในแบบบันทึกพฤติกรรมการสอนของครูในชั้นเรียน

3. หลังจากสิ้นสุดการปฏิบัติการจัดกิจกรรมในแต่ละแผน จะมีการบันทึกการใช้แผนการจัดการกิจกรรม การเรียนรู้โดยผู้วิจัยในฐานะผู้สอนบันทึกลงในแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

4. ให้นักเรียนประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดโดยประเมินเพื่อนสมาชิกในกลุ่มหลังทำกิจกรรมทันที และครูประเมินนักเรียนทุกคนท้ายคาบเรียน

5. ให้นักเรียนทุกคนทำแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารด้านการเขียน แบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ ทำววงจรแต่ละวงจร

6. นำข้อมูลทั้งหมดมาสะท้อนการปฏิบัติและปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรต่อไป

7. หลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ ให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารด้านการเขียนฉบับหลังเรียน แบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ มาทำการวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ตามลักษณะของข้อมูล ดังนี้

1. ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยวิเคราะห์ความสามารถในการสื่อสารด้านการพูดและการเขียนด้วยร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยวิเคราะห์เนื้อหาและตรวจสอบแบบสามเส้าและนำเสนอในรูปความเรียง

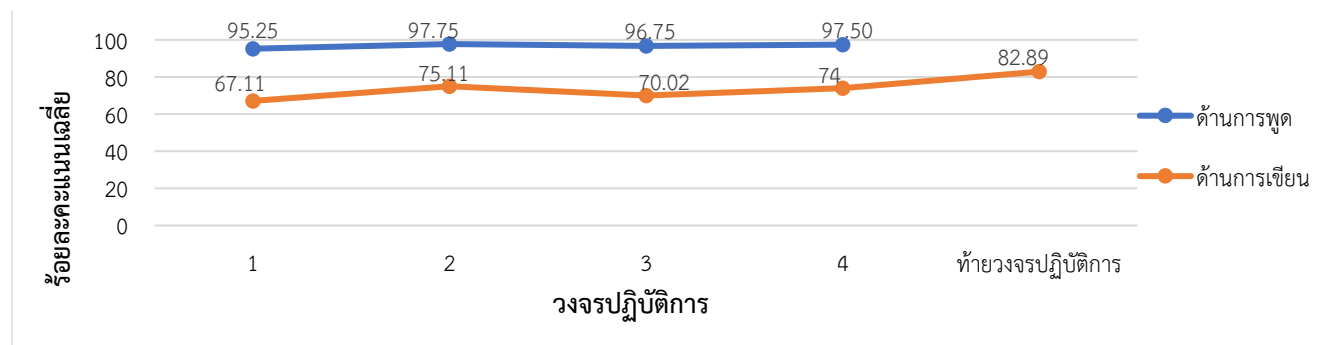
ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 80 โดยวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยรวมร้อยละ 81.18 เพิ่มขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ที่มีคะแนนเฉลี่ยรวมร้อยละ 86.43 แต่ลดลงในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 83.39 เนื่องจาก การเลือกใช้สถานการณ์มีวิธีแก้ปัญหาที่มีขั้นตอนเพิ่มขึ้น ให้นักเรียนรีบร้อนในการอธิบาย และอธิบายไม่ชัดเจน ทำให้เพื่อนสับสน อีกทั้งสรุปสาระสำคัญไม่ครบถ้วนขาดประเด็นสำคัญ เขียนวิธีแก้ปัญหาไม่เป็นลำดับขั้นตอน โดยมักเขียนสั้น ๆ เพียงชื่อหลักการที่ใช้และการคำนวณผลลัพธ์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ครูจึงกระตุ้นและเน้นย้ำ ให้นักเรียนอธิบายและนำเสนออย่างค่อยเป็นค่อยไป อธิบายให้ครบถ้วนทุกประเด็น และเขียนวิธีแก้ปัญหา อย่างเป็นลำดับขั้นตอนให้ครบถ้วนชัดเจน ให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 85.75 ซึ่งนักเรียนสามารถอธิบายแนวคิด ร่วมแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อน และนำเสนอหน้าชั้นเรียนได้ดีขึ้น อีกทั้งเขียนแผนภาพต้นไม้แสดงแนวคิด และเขียนวิธีแก้ปัญหาย่างเป็นลำดับขั้นตอนมากขึ้น พร้อมทั้งระบุชื่อและสัญลักษณ์ของหลักการในการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น โดยความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดมีค่าเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 95 ทุกวงจร คือ 95.25, 97.75, 96.75 และ 97.50 ตามลำดับ อยู่ในระดับดีมากซึ่งคะแนนมากตั้งแต่วงจรปฏิบัติการแรกจนสุดท้าย เห็นได้ว่าคะแนนมีความพอ เนื่องจากนักเรียนบางคนไม่กล้าประเมินคะแนนตาม ความเป็นจริงเท่าที่ควร เกรงใจเพื่อน กลัวเพื่อนได้คะแนนน้อย ส่วนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียนของนักเรียนในวงจรแรกมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 67.11 และเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 70 หลังจากนั้น ทุกวงจรและหลังปฏิบัติการ คือ 75.11, 70.02, 74.00 และ 82.89 ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มจากระดับปานกลาง (วงจรปฏิบัติการที่ 2) เป็นดี (วงจรปฏิบัติการที่ 3 และ 4) และดีมาก (หลังวงจรปฏิบัติการ) ทำให้เห็นว่า นักเรียน มีพัฒนาการความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก หลังการเรียนรู้จากการจัดกิจกรรม การเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ดังตารางที่ 2 และแผนภาพที่ 3

ตารางที่ 2 Average Scores of Mathematical Communication Abilities

วงจรปฏิบัติการที่	ด้านการพูด		ด้านการเขียน		คะแนนเฉลี่ยรวม
	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	
	(4)	คะแนนเฉลี่ย	(45)	คะแนนเฉลี่ย	
1	3.81	95.25	30.20	67.11	81.18
2	3.91	97.75	33.80	75.11	86.43
3	3.87	96.75	31.51	70.02	83.39
4	3.90	97.50	33.30	74.00	85.75
ท้ายการปฏิบัติการ	-	-	37.30	82.89	-



ภาพประกอบ 3 Graph Showing the Percentage of Average Scores for Mathematical Communication Abilities

2. แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

1) เลือกใช้กิจกรรมให้หลากหลาย ออกแบบสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน ไม่ยากหรือง่ายจนเกินไป และมีสื่อวัสดุประกอบที่เป็นรูปธรรมอาจใช้ภาพจำลองหรือสิ่งของ เพื่อกระตุ้นความสนใจนักเรียนและทำให้นักเรียนอยากลงมือทำกิจกรรม

2) ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติ ได้ลองผิดลองถูกจากการใช้สื่อจนเกิดแนวความคิดการแก้ปัญหาด้วยตนเอง จนสามารถสื่อสารวิธีการแก้ปัญหามาของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจผ่านการพูด และการเขียน

3) ครูควรใช้คำถามนำกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความสามารถในการสื่อสารทั้งการพูดและการเขียนอย่างต่อเนื่องผ่านการทำกิจกรรมแลกเปลี่ยนแนวคิดภายในกลุ่ม การนำเสนอหน้าชั้นเรียน และการอภิปราย ความคิดเห็นร่วมกัน อีกทั้งให้นักเรียนฝึกการเขียนแสดงแนวคิดของตนเองโดยใช้แผนภาพหรือแบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์สู่การเขียนอย่างเป็นลำดับขั้นตอนโดยใช้ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนสามารถสื่อสารแนวคิดได้อย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งพูดให้กำลังใจเมื่อนักเรียนสื่อสารแนวคิดตนเอง ทำให้นักเรียนมีความมั่นใจและกล้าที่จะตอบคำถามมากขึ้น

อภิปรายผล

1. การพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์

ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเวียงมอกวิทยา มีพัฒนาการดีขึ้นมากกว่าร้อยละ 80 เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์เป็นการเรียนรู้จาก การลงมือปฏิบัติที่ผู้วิจัยออกแบบให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมด้วยตนเองผ่านสื่อที่เป็นรูปธรรม พร้อมทั้งส่งเสริม ให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้งการพูดและการเขียน โดยให้นักเรียนได้อธิบาย แนวคิดของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยการแลกเปลี่ยนความคิดร่วมกับเพื่อน การเขียนแสดงแนวคิดโดยใช้แผนภาพ หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ นำเสนอวิธีแก้ปัญหาของกลุ่มหน้าชั้นเรียน และเขียนวิธีแก้ปัญหอย่างเป็นลำดับ ขั้นตอนโดยใช้ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ อีกทั้งมีการอภิปรายร่วมกัน ตอบคำถามจนสรุปเป็นสาระสำคัญของหลักการ โดยกิจกรรมเหล่านี้เชื่อมโยงกับสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริงและใช้สื่อภาพประกอบ ช่วยให้เห็นภาพชัดเจนยิ่งขึ้น โดยความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดมีค่าเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 95 ทุกวงจร ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนไม่กล้าตอบคำถาม กลัวตอบผิด เนื่องจากไม่คุ้นเคยสถานการณ์ที่กำหนด ไม่แลกเปลี่ยนความคิดกับ มีความเขินอายในการนำเสนอ และการสรุปสาระสำคัญของหลักการ ไม่ครบถ้วน ครูได้เสริมแรงบวกและให้กำลังใจเพื่อเพิ่มความมั่นใจในการตอบคำถามและการนำเสนอ พร้อมกับ ใช้คำถามกระตุ้นความคิดเพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปสาระสำคัญได้ครบถ้วน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ครูปรับสถานการณ์ให้ใกล้ตัวนักเรียนมากขึ้น ทำให้นักเรียนสนใจและมีส่วนร่วมในการตอบคำถามและการแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อนในกลุ่ม แต่ยังมีนักเรียนบางคนที่ไม่กล้าตอบคำถาม ครูจึงใช้การเรียกถามรายบุคคล ทำให้นักเรียนตอบคำถามและแลกเปลี่ยนความคิดมากขึ้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 กิจกรรมจากสถานการณ์ที่กำหนด ไม่ยากแต่ต้องอธิบายวิธีแก้ปัญหามีรายละเอียดหลายขั้นตอนทำให้นักเรียนรีบเร่งในการพูด และอธิบายสั้น ๆ ไม่ชัดเจน อีกทั้งสรุปสาระสำคัญของหลักการไม่ครบถ้วน และในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ครูกระตุ้นและเน้นย้ำ ให้นักเรียนอธิบายและนำเสนออย่างค่อยเป็นค่อยไปให้ครบถ้วนทุกประเด็น ทำให้นักเรียนสามารถตอบคำถาม ร่วมแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อน นำเสนอหน้าชั้นเรียนได้ดีขึ้น และสรุปสาระสำคัญของหลักการได้ชัดเจน ครบถ้วนยิ่งขึ้น ดังนั้น การจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้แสดงออกการพูดอย่างต่อเนื่องทั้งการแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อน การนำเสนอหน้าชั้นเรียนบ่อยครั้ง ทำให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็น มีความคุ้นเคยและพัฒนา ความมั่นใจยิ่งขึ้น อีกทั้งการเสริมแรงบวกด้วยการให้กำลังใจ และใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดอย่างเป็นระบบ จะทำให้นักเรียนสื่อสารความคิดของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดี สอดคล้องกับพิชิต แก้วก่อง (2549) ที่กล่าวว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างเต็มที่ที่มีโอกาสได้พูดคุยนทนากัน ได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ได้อธิบายเหตุผลของตนเอง ทำให้นักเรียนพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และมีประสิทธิภาพอย่างชัดเจน และพรรณานิภา ทองนวล (2554) กล่าวว่า การใช้คำถามของครูและการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้พูดโต้ตอบ จะเป็นแนวทางการส่งเสริมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้านการพูดของนักเรียน และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียนของนักเรียนในวงจรแรก มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 67.11 และเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 70 หลังจากนั้นทุกวงจรและหลังปฏิบัติการ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนไม่เข้าใจการเขียนแสดงแนวคิดโดยใช้แผนภาพหรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากสถานการณ์ที่ใช้งานเกินไป นักเรียนสามารถตอบคำถามได้โดยไม่ต้องเขียนแผนภาพ และไม่ทราบวิธีการเขียนแสดงแนวคิดโดยใช้ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ ครูจึงยกตัวอย่างการเขียนให้นักเรียนดู แต่ไม่เชื่อมโยงกับสื่อ ทำให้นักเรียนไม่เห็นความสำคัญของสื่อมาช่วยแสดงแนวคิด และนักเรียนไม่ได้เขียนแสดงแนวคิดอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ครูปรับสถานการณ์ให้ซับซ้อนมากขึ้น เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแนวคิดในการแก้ปัญหาด้วยตนเองจากสื่อ ทำให้นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพต้นไม้แสดงแนวคิดได้มากขึ้น และครูเน้นย้ำให้

นักเรียนชื่อและสัญลักษณ์ของหลักการที่ใช้ในการแก้ปัญหา รวมถึงเขียนวิธีแก้ปัญหอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ส่งผลให้นักเรียนเขียนขั้นตอนแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนพร้อมทั้งระบุชื่อหลักการมากขึ้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 การเขียนแก้ปัญหามีขั้นตอนและรายละเอียดเยอะขึ้น ทำให้นักเรียนเขียนแผนภาพต้นไม้ และระบุหลักการที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้ แต่ขาดการเขียนวิธีแก้ปัญหอย่างเป็นลำดับขั้นตอนที่ครบถ้วน โดยมักเขียนสั้น ๆ เพียงชื่อหลักการที่ใช้และการคำนวณผลลัพธ์เพื่อลดปริมาณในการเขียน ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ครูเน้นย้ำให้นักเรียนเขียนวิธีแก้ปัญหอย่างละเอียดและเป็นลำดับขั้นตอน ทำให้นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพต้นไม้ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และเขียนวิธีแก้ปัญหอย่างเป็นลำดับขั้นตอนมากขึ้น พร้อมทั้งระบุชื่อและสัญลักษณ์ของหลักการในการแก้ปัญหาได้จากการทดสอบหลังเสร็จสิ้นทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ นักเรียนมีความคุ้นเคยและเข้าใจในกระบวนการเขียนแนวคิดโดยใช้แผนภาพต้นไม้หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มากขึ้น รวมทั้งสามารถเขียนวิธีแก้ปัญหอย่างเป็นลำดับขั้นตอน พร้อมทั้งระบุชื่อและหลักการที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและชัดเจน ดังนั้น การจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้แสดงออกการเขียนอย่างต่อเนื่องโดยเริ่มจากเขียนแสดงแนวคิดจากแผนภาพหรือแบบจำลองสู่การเขียนเป็นลำดับขั้นตอน พร้อมทั้งระบุหลักการที่ใช้ในการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนได้ฝึก การเขียนอย่างเป็นระบบมากขึ้น สามารถถ่ายทอดความคิดตนเองในผู้อื่นเข้าใจได้อย่างมีหลักการ สอดคล้องกับไพศาล แผลงทับทอง (2558) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ฝึกฝนทักษะการเขียนของผู้เรียน โดยฝึกให้ผู้เรียนได้เขียนสื่อสารแนวคิดของตนเองไม่ว่าจะเป็น การเขียนสรุปสูตร กฎเกณฑ์ หลักการต่าง ๆ หรือเขียนเหตุผลประกอบการตัดสินใจจากการทำใบกิจกรรมและแบบฝึกหัดอย่างสม่ำเสมอ ทำให้นักเรียนมีความคุ้นเคยใน การเขียนสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์ให้ผู้อื่นเข้าใจ และกรวิภา ปานศักดิ์ (2562) ที่กล่าวว่า การทำงานกลุ่ม นักเรียนจะได้ร่วมแสดงความคิดเห็นและปรึกษากับเพื่อนภายในกลุ่ม เพื่อช่วยกันเขียนแสดงแนวคิดในการหาคำตอบ โดยการกระทำเหล่านี้ จะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับการเขียนแสดงแนวคิดซึ่งกันและกัน ซึ่งช่วยให้ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนดีขึ้น ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์สามารถพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดและการเขียนของนักเรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวาสนา เพ็ชรพันธ์ (2564) และเรียมพร แสนซึ้ง (2558) ที่ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับ การจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีผลการวิจัยที่สอดคล้องกันว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Son et al. (2021) ที่ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chesimet et al. (2016) ที่ทำวิจัยเกี่ยวกับผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสนใจในการเรียนรู้ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ช่วยเพิ่มความสนใจในการเรียนรู้ของนักเรียน

2. แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

2.1 การเลือกใช้กิจกรรมให้หลากหลาย ให้นักเรียนได้แสดงออกพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้งการพูดและ การเขียน ออกแบบสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน ไม่ยากหรือง่ายจนเกินไป และมีสื่อวัสดุประกอบที่เป็นรูปธรรมอาจใช้ภาพจำลองหรือสิ่งของ เพื่อกระตุ้นความสนใจนักเรียนและทำให้นักเรียนอยากลงมือทำกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรียมพร แสนซึ้ง (2558) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ให้สอดคล้องกับกระบวนการพัฒนาสื่อการเรียนรู้อย่างถูกต้อง ประกอบกับกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เน้น

กระบวนการเรียนรู้มากกว่าการหาคำตอบเป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาบทเรียนกับชีวิตจริงโดยใช้คำถาม สื่อ และสถานการณ์กระตุ้นให้นักเรียนได้คิด ยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน อีกทั้งนำสถานการณ์ในชีวิตจริงที่นักเรียนคุ้นเคยมาเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนสนใจ ให้ความร่วมมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rowan & Morrow (1993) ที่กล่าวว่า แนวทางในการพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สำหรับครู แนวทางหนึ่ง คือ การใช้เนื้อหา เรื่องราวหรืองาน ที่เกี่ยวข้องและใกล้ตัวนักเรียน มีสื่อที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สื่อสารโดยตรง ช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ที่มีประโยชน์ในการดำเนินชีวิต และเป็นเรื่องราวที่ใกล้ตัวของนักเรียนจะทำให้นักเรียนใช้คณิตศาสตร์ในการสื่อสารอย่างสมบูรณ์

2.2 ทบทวนการเขียนการเรียนรู้ด้วยตนเองจากการลงมือ ได้ลองฝึกลองถูกจากการใช้สื่อจนเกิดแนวความคิด การแก้ปัญหาด้วยตนเองจนสามารถสื่อสารวิธีการแก้ปัญหาของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจผ่านการพูดจากการแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อนในกลุ่ม การนำเสนอหน้าชั้นเรียน และการเขียนจากการเขียนวิธีแก้ปัญหาโดยใช้แผนภาพและการเขียนวิธีแก้ปัญหาย่อยอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเรียมพร แสนสูง (2558) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวความคิดการจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริง ทำให้นักเรียนสนใจให้ความร่วมมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น อีกทั้ง ในทุกขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้บันทึกความรู้ที่ได้รับจากการปฏิบัติด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาที่ถูกต้องและชัดเจนขึ้น และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2555) ที่กล่าวว่า การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและแสดงความคิดเห็นด้วยตนเองเป็นแนวทางในการส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ให้ดีขึ้นได้

2.3 ครูควรใช้คำถามนำกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความสามารถในการสื่อสารทั้งการพูดและการเขียนอย่างต่อเนื่องผ่านการทำกิจกรรมแลกเปลี่ยนแนวคิดภายในกลุ่ม การนำเสนอหน้าชั้นเรียน และการอภิปราย ความคิดเห็นร่วมกัน ทำให้นักเรียนฝึกการเขียนแสดงแนวคิดของตนเองโดยใช้แผนภาพหรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สู่การเขียนอย่างเป็นลำดับขั้นตอนโดยใช้ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งพูดให้กำลังใจเมื่อนักเรียนสื่อสารแนวคิดตนเอง ทำให้นักเรียนมีความมั่นใจและกล้าที่จะตอบคำถามมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วาสนา เพ็ชรพันธ์ (2564) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้เชิงประสบการณ์มีขั้นตอนการเรียนรู้ ที่ผู้สอนเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงโดยผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน มีการอภิปรายและออกมานำเสนอ ผู้เรียนได้มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ซึ่งกันและกัน จากนั้นนำความรู้ ที่ได้มาคิดวิเคราะห์ และสังเคราะห์ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในบทเรียน นับว่าบทบาทของผู้เรียนและผู้สอนเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการดำเนินขั้นตอนการจัดกิจกรรม โดยครูผู้สอนต้องคำนึงถึงการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงศักยภาพของตนเองในการเรียนรู้ให้ได้มากที่สุด อีกทั้งครูควรกระตุ้นให้นักเรียนฝึกทักษะการสื่อสารทั้งการพูดและการเขียนตลอดเวลา โดยใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสังเกตและแก้ปัญหา เสริมแรงบวกด้วยการชื่นชมและให้กำลังใจ และงานวิจัยของกรวิภา ปานศักดิ์ (2562) ที่กล่าวว่า แนวทางในการส่งเสริมความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ ควรเน้นให้การพัฒนาในด้านการพูดและการเขียนของนักเรียน ด้านการพูดพัฒนาโดยให้นักเรียนได้ออกมาพูดหน้าชั้นเรียน มีการตั้งคำถามโดยใช้คำถามปลายเปิดหรือการถามตอบจากเพื่อนในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนได้คิดและแสดงการโต้ตอบ และมีการนำเสนอเป็นกลุ่ม ส่วนด้านการเขียนควรสนับสนุนให้นักเรียนเขียนสื่อสารแนวคิดของตนเอง เพื่อให้นักเรียนตระหนักว่าการเขียนเป็นส่วนสำคัญในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ส่งเสริมให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน ทำให้นักเรียนได้ซักถามหลังการอธิบาย การได้แสดงแนวคิดหรือเหตุผลที่แตกต่างจากครู หรือการให้คำติชม รวมถึงการได้รับความรู้จากเนื้อหาลำดับที่ง่ายไปยาก และแบบฝึกหัดควรมีความท้าทายให้นักเรียนได้ฝึกคิด หรือโจทย์ปัญหาควรเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวนักเรียน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ควรกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในการพูดอธิบาย รวมทั้งนำเสนอแนวคิดของตนเอง เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ซึ่งช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้มากขึ้น อีกทั้งครูและเพื่อนสมาชิกในกลุ่มทราบถึงระดับความสามารถของนักเรียน เพื่อช่วยเหลือได้อย่างเหมาะสม
2. ควรมีการสะท้อนผลให้นักเรียนทราบเป็นรายบุคคล เพื่อทราบระดับความสามารถในการสื่อสาร ทั้งด้านการพูดและด้านการเขียนของตนเอง และนำผลที่ได้ไปพัฒนาความสามารถของตนเอง
3. ควรเริ่มสอนเนื้อหาที่มีความซับซ้อนน้อย เป็นรูปธรรม แล้วจึงพัฒนาความยากขึ้นไป เนื่องจาก ในการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้งด้านการพูดและด้านการเขียนต้องใช้เวลาในการทำทำความเข้าใจก่อนที่จะสามารถแสดงออกทางการพูดและการเขียน
4. ควรสร้างความมั่นใจในการสื่อสารของนักเรียนทั้งการพูดและการเขียน โดยอาจให้เพื่อนสมาชิกในกลุ่มช่วยเหลือเพื่อนที่ไม่มีความมั่นใจ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการเพิ่มการทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียนก่อนเรียน เพื่อเห็นพัฒนาการของนักเรียนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น
2. ควรมีการเพิ่มการทดลองในวงจรปฏิบัติการต่อไปหรือเพิ่มระยะเวลาในแต่ละวงจรปฏิบัติการ เพื่อให้เห็นพัฒนาการความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น
3. ควรมีการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ในการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านอื่น ๆ นอกเหนือจากความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
4. ควรมีการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ในการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์กับเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง

- กรวิภา ปานศักดิ์. (2562). การพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเสริมต่อการเรียนรู้ เรื่อง จำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 13 (2), 32-44.
- พรภัทร สินดี. (2557). ผลการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเชิงวิธีการที่เน้นกระบวนการกลุ่มที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม เรื่องลำดับและอนุกรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พรรณนิภา ทองนวล. (2554). ผลการจัดการเรียนรู้ที่มีชีวิตชีวาโดยเน้นการใช้ตัวแทนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการให้เหตุผลและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พิชิต แก้วก่อ. (2549). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสันหนองควาย จังหวัดเชียงราย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.



- พินันทา ฉัตรวัฒนา. (2564). นวัตกรรมการศึกษาเชิงสร้างสรรค์ด้วยการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ เพื่อส่งเสริมการศึกษาในผู้เรียนยุคดิจิทัล. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*. 20 (1), C1-C9.
- ไพศาล แผลงทับทอง. (2558). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบอุปนัยและนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผล และความสามารถในการสื่อสารด้านการเขียนทางคณิตศาสตร์ เรื่องทฤษฎีจำนวนเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์*. 26 (2), 102-113.
- เรียบพร แสนซึ้ง. (2558). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและ ร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วาสนา เพ็ชรพันธ์. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.
- ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564, 25 มีนาคม). *ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์*. PISA THAILAND สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. <https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2018-fullreport/>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. คลังความรู้ SciMath. <https://www.scimath.org/ebook-mathematics/item/8379-2560-2551-8379>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3)*. กรุงเทพฯ : 3-คิว มีเดีย.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑*. กรุงเทพฯ : ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- Chesimet, M.C., Github, B.N., & Ng'eno, J. K. (2016). Effects of A Scratch-based Experiential Learning Approach on Student's Math Learning Achievements and Interest. *Journal of Education and Practice*, 7(35), 51-57.
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (1990). *The action research planner*. 3rd edition. Deakin University Press.
- Kolb, D.A. (1984). *Experiential Learning: Experience as The Source of Learning and Development*. Case Western Reserve University. https://www.researchgate.net/publication/235701029_Experiential_Learning_Experience_As_The_Source_Of_Learning_And_Development
- Rowan, T.E., & Morrow, L. J. (1993). *Implementing K-8 curriculum and evaluation standards: reading from the arithmetic Teacher*. The National Council of Teachers of Mathematics.
- Son, N.T., Thanh, H.T., & Thanh, V.T. (2021). Designing and Organising Experiential Learning Activities in Math Teaching at Secondary School in Northwestern Viet Nam. *Asia Research Network Journal of Education*. 1 (3), 136-150

