



The Effects of 4Ex2 Instructional Model Integrated with Higher-Order Questions on the Mathematical Problem-Solving Ability of Grade 11 Students

Tarisara Radrongtai^{1,*} and Montri Thongmoon²

¹*Teaching of Science and Mathematics, Faculty of Education, Mahasarakham University*

²*Faculty of Science, Mahasarakham University*

**Email: 63010558007@msu.ac.th*

Received <3 Jan. 2026>; Revised <9 Apr. 2026>; Accepted <16 Apr. 2026>

Abstract

The purposes of this research were: (1) to develop 4Ex2 instructional model plans integrated with higher-order questioning to enhance the mathematical problem-solving ability and mathematics learning achievement of Grade 11 students with an efficiency criterion of 70/70; (2) to compare the mathematical problem-solving ability and mathematics learning achievement of Grade 11 students after receiving the 4Ex2 instructional model integrated with higher-order questioning with the 70 percent criterion; and (3) to compare the mathematical problem-solving ability and mathematics learning achievement of Grade 11 students before and after receiving the 4Ex2 instructional model integrated with higher-order questioning. The sample consisted of 30 grade 11 students from Class 11/1 of the 2024 academic year. The sample was collect using cluster random sampling from a random school in kadrang district, Mahasarakham. The research instruments included: (1) 4Ex2 instructional model plans integrated with higher-order questioning, (2) a mathematical problem-solving ability test, and (3) a mathematics achievement test. The data were analyzed using percentage, mean, standard deviation, one-sample t-test, and dependent samples t-test. The results revealed that the developed 4Ex2 instructional model integrated with higher-order questioning on arithmetic and geometric sequences achieved an efficiency of 80.27/71.52, which met the established criterion of 70/70. In addition, the students' mathematical problem-solving ability and mathematics learning achievement after the implementation were significantly higher than the 70 percent criterion at the .05 level. Furthermore, the post-test scores of both mathematical problem-solving ability and mathematics learning achievement were significantly higher than the pre-test scores at the .05 level. These findings indicate that the 4Ex2 instructional model integrated with higher-order questioning is effective in enhancing mathematical problem-solving ability and mathematics learning achievement of Grade 11 students.

Keywords: 4Ex2 instructional model; Higher-Order Questions; Mathematical Problem-Solving Ability

ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ธริศรา รัตนองไ้^{1,*} และ มนตรี ทองมูล²

¹สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

²คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

*Email: 63010558007@msu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 3) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 30 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) ณ โรงเรียนแห่งหนึ่ง ตำบลนาโพธิ์ อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดมหาสารคาม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง 2) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ One sample t-test และ Dependent samples t-test ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.27/71.52 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 70/70 นอกจากนี้ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอย่างชัดเจน

คำสำคัญ: รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2; คำถามระดับสูง; ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

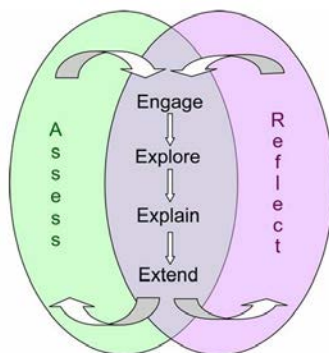
บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นวิชาความรู้ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยคณิตศาสตร์ช่วยพัฒนาการคิดที่หลากหลาย เช่น การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดวางแผน การให้เหตุผล และการแก้ปัญหา ซึ่งถือเป็นสมรรถนะหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 อีกทั้งความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ช่วยให้คนเราเข้าใจสิ่งต่าง ๆ รอบตัว สามารถแก้ปัญหาในชีวิตได้อย่างสมเหตุสมผล และยังเป็นพื้นฐานของการพัฒนาความคิด เพื่อสร้างความสำเร็จก้าวหน้าในด้านต่าง ๆ (Makhanong, 2014) ที่สำคัญคณิตศาสตร์ยังมีบทบาทต่อความเจริญของสังคมยุคใหม่ที่ใช้คณิตศาสตร์เป็นฐานในการหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ วิวัฒนาการ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ โดยกระทรวงศึกษาธิการได้เล็งเห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์ จึงบรรจุคณิตศาสตร์เป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมีการปรับปรุงเพื่อให้ทันต่อยุคสมัยเป็นฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2560 (Ministry of Education, 2017) โดยมีจุดมุ่งหมายให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องตามศักยภาพ และกำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน ดังนี้ จำนวนและพีชคณิต 1) การวัดและเรขาคณิต 2) สถิติและความน่าจะเป็น 3) แคลคูลัส (ม.ปลาย) 4) ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้และคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ครูผู้สอนต้องจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพควรมุ่งเน้นการพัฒนาทักษะการคิด การแก้ปัญหา และการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตจริง ควบคู่กับการพัฒนาทักษะทางสังคมและคุณลักษณะของผู้เรียน อันจะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตมนุษย์อย่างรอบด้านและยั่งยืน

ปัจจุบันผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนยังอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งสะท้อนให้เห็นจากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง อำเภอกุดรัง จังหวัดมหาสารคาม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประจำปีการศึกษา 2561 และ 2562 ที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 23.52 และ 20.15 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน (Academic Naphopittayasan School, 2021) ซึ่งคะแนนเฉลี่ยดังกล่าวต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 50 ที่หน่วยงานระดับชาติกำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับที่ต้องได้รับการพัฒนา ปัญหาดังกล่าวอาจเกิดจากหลายสาเหตุ หนึ่งในสาเหตุสำคัญคือการที่นักเรียนยังขาดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากประสบการณ์การจัดการเรียนการสอนของผู้วิจัยในโรงเรียนดังกล่าว พบว่านักเรียนจำนวนมากสามารถทำแบบฝึกหัดที่มีลักษณะคล้ายกับตัวอย่างที่ครูอธิบายได้ แต่เมื่อเผชิญกับโจทย์ปัญหาที่มีบริบทใหม่หรือสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ วางแผนการแก้ปัญหา หรือแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถอธิบายวิธีการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ถือเป็นเป้าหมายพื้นฐานของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เนื่องจากช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล การวิเคราะห์ และการตัดสินใจอย่างเหมาะสม โดย Kennedy and Tipps (1994) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และเป็นกระบวนการที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ Thipkong (2001) ยังได้กล่าวว่าการฝึกกระบวนการแก้ปัญหาจะช่วยให้เด็กเกิดทักษะการคิดอย่างเป็นขั้นตอน มีระเบียบแบบแผนในการคิด รู้จักใช้เหตุผล และสามารถตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นทักษะสำคัญที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์จึงควรมุ่งเน้นการพัฒนาความสามารถในการคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิด วิเคราะห์ และเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กับสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย และฝึกวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อนำไปสู่การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหามีขั้นตอน ทั้งนี้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรเริ่มจากสถานการณ์ที่ง่ายและเพิ่มระดับความซับซ้อนของปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดและการแก้ปัญหาได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ อันจะส่งผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในแนวคิดทางคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น และสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ให้สูงขึ้นต่อไป

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-based Learning) เป็นแนวทางที่ช่วยพัฒนา การคิด วิเคราะห์และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนามาอย่างต่อเนื่อง เช่น รูปแบบการเรียนรู้ 5E ซึ่งพัฒนาโดย Biological Sciences Curriculum Study (2006) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และ 5) ขั้นประเมินผล โดยรูปแบบดังกล่าว เน้นการสร้างความรู้ผ่านการสืบเสาะและการลงมือปฏิบัติของผู้เรียน อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนการประเมินผล (Evaluation) มักเกิดขึ้นในช่วงท้ายของการจัดการเรียนรู้ ทำให้ครูไม่สามารถติดตามพัฒนาการของผู้เรียนระหว่างกระบวนการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องด้วยเหตุผลดังกล่าว Marshall, Horton and Smart (2009) จึงได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 สำหรับการเรียนการ

สอน โดยเฉพาะในรายวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งยังคงโครงสร้างหลักของการสืบเสาะ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจ 3) ขั้นอธิบายและสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และได้เพิ่มองค์ประกอบสำคัญ คือ การสะท้อนการรู้คิด (Reflect) และการประเมินผลระหว่างเรียน (Assess) ที่ดำเนินควบคู่ไปในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้ ทำให้ครูสามารถติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียนและปรับการสอนได้อย่างเหมาะสมโดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังรูปภาพที่ 1



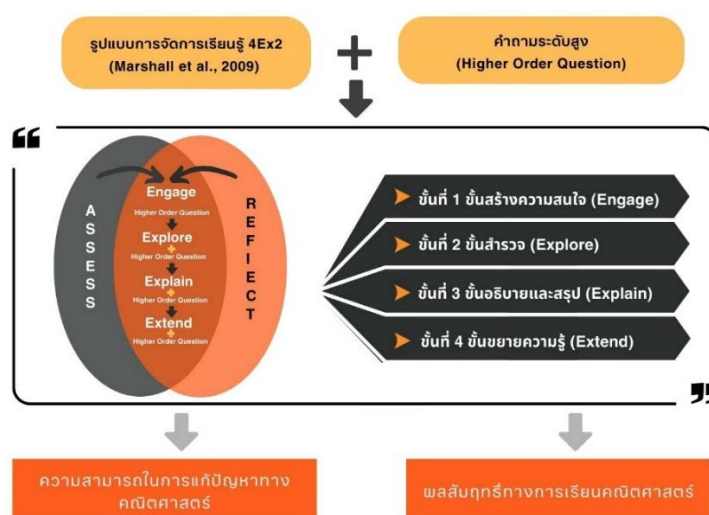
ภาพที่ 1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 (Marshall, 2007)

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เป็นขั้นที่ครูสร้างสถานการณ์หรือปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนและนำไปสู่การตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ ในขั้นนี้ครูใช้การประเมินระหว่างเรียนเพื่อสำรวจความรู้เดิมของผู้เรียน เช่น การตั้งคำถามปลายเปิด การอภิปราย หรือการให้ผู้เรียนอธิบายแนวคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับปัญหา เพื่อประเมินความเข้าใจต่อสถานการณ์ปัญหา (Marshall, Horton and Smart, 2009) ขณะเดียวกันผู้เรียนสะท้อนการรู้คิดเกี่ยวกับปัญหา โดยพิจารณาว่าปัญหาต้องการอะไรและมีข้อมูลใดที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสอดคล้องกับขั้น ทำความเข้าใจกับปัญหา (Understanding the problem) ตามแนวคิดการแก้ปัญหของ Polya (1957) ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (Explore) เป็นขั้นที่ผู้เรียนสำรวจสถานการณ์ปัญหา ทดลองแนวคิด และค้นหาวิธีการแก้ปัญหาดด้วยตนเอง ในระหว่างกิจกรรมครูใช้การประเมินระหว่างเรียน เช่น การสังเกตการทำงาน การตรวจวิธีแก้ปัญหาคำนวณ และการตั้งคำถามชี้แนะ เพื่อติดตามกลยุทธ์และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ขณะเดียวกันผู้เรียนสะท้อนวิธีคิดและเหตุผลในการเลือกแนวทางแก้ปัญหา รวมทั้งเปรียบเทียบแนวคิดกับเพื่อน ซึ่งช่วยพัฒนาการรู้คิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเอง (metacognition) ตามแนวคิดของ Flavell (1979) และสอดคล้องกับ ขั้นวางแผนแก้ปัญห (Devising a Plan) ในกระบวนการแก้ปัญหของ Polya (1957) ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและสรุป (Explain) เป็นขั้นที่ผู้เรียนอธิบายแนวคิด วิธีการแก้ปัญห และเหตุผลทางคณิตศาสตร์ พร้อมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน และครู โดยครูประเมินระหว่างเรียนจากการให้ผู้เรียนนำเสนอวิธีคิด การอธิบายเหตุผล และการตอบคำถามเชิงวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจและการเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับการแก้ปัญห (Marshall, Horton and Smart, 2009) ขณะเดียวกันผู้เรียนสะท้อนความถูกต้องและประสิทธิภาพของวิธีการที่ใช้ เช่น การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ซึ่งสอดคล้องกับขั้น ดำเนินการตามแผน (Carrying out the Plan) ในกระบวนการแก้ปัญหของ Polya (1957) ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Extend) เป็นขั้นที่ผู้เรียนประยุกต์ใช้ความรู้และแนวคิดทางคณิตศาสตร์ไปแก้ปัญหใหม่หรือสถานการณ์ที่ซับซ้อนมากขึ้น โดยครูประเมินระหว่างเรียนจากความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ เช่น การแก้โจทย์ใหม่ การอธิบายเหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญห ขณะเดียวกันผู้เรียนสะท้อนผลลัพธ์และประสิทธิภาพของวิธีการที่ใช้ พร้อมพิจารณาแนวทางอื่นที่เป็นไปได้ ซึ่งสอดคล้องกับขั้นตรวจสอบและย้อนกลับ (Looking Back) ในกระบวนการแก้ปัญหของ Polya (1957) จากหลักการและเหตุผลดังกล่าวจะเห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และส่งเสริมกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ผู้เรียนได้มีโอกาสสำรวจแนวคิด อธิบายเหตุผล และขยายความรู้ผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย ทำให้เกิดความเข้าใจในแนวคิด ทางคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้ง นอกจากนี้ รูปแบบ 4Ex2 ยังมีการประเมินผลและการสะท้อนผลการเรียนรู้ในทุกขั้นตอน ซึ่งช่วยให้ครูสามารถติดตามพัฒนาการของผู้เรียนและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้การใช้คำถามเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีพัฒนาการในการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด ซึ่งคำถามของครูควรเป็นคำถามที่มีคุณภาพในการกระตุ้นให้นักเรียนต้องใช้ความสามารถด้านการคิดในระดับที่สูงกว่าความจำมาคิดแก้ปัญหาและหาคำตอบ (Brandt, 1984) นั่นคือ คำถามระดับสูง (Higher Order Question) ซึ่ง Schmalz (1973) ได้ระบุไว้ว่า คำถามระดับสูงเป็นเครื่องมือที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อธิบายแนวคิดของตนเอง ตรวจสอบความสมเหตุสมผล และสร้างความเข้าใจเชิงแนวคิดมากกว่าการ

จดจำข้อมูลหรือการคำนวณตามขั้นตอนเพียงอย่างเดียว การใช้คำถามลักษณะนี้ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดเชิงเหตุผล และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ นอกจากนี้การใช้คำถามระดับสูงในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด การเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนได้พบความรู้ใหม่ๆ หลังจากการพิจารณาสิ่งที่เคยเรียนรู้หรือได้เรียนมาแล้ว อีกทั้งยังเป็นกลยุทธ์สำคัญที่ช่วยกระตุ้นการคิดขั้นสูง การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการให้เหตุผล ซึ่ง National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), 2000 ระบุว่า การตั้งคำถามที่ท้าทายความคิดของผู้เรียน จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย และพัฒนาทั้งความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากหลักการและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงในการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เพื่อกระตุ้นความสนใจและเชื่อมโยงความรู้เดิมของผู้เรียนกับเนื้อหาใหม่ ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ทดลอง และค้นหาแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ขั้นอธิบาย (Explain) ที่ผู้เรียนได้นำเสนอแนวคิด วิธีคิด และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน ขั้นขยายความรู้ (Extend) ซึ่งผู้เรียนได้นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์หรือปัญหาใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังบูรณาการ การประเมินผล (Assess) และ การสะท้อน (Reflect) ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ พร้อมทั้งสอดแทรกคำถามระดับสูงเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดขั้นสูง ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ และการประเมินค่า อันนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือแนวทางการแก้ปัญหาใหม่บนพื้นฐานของความรู้เดิมของผู้เรียน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย และสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในกรอบแนวคิดการวิจัย ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ทั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้เนื้อหา เรื่อง ลำดับเลขคณิตและลำดับเรขาคณิต เป็นบริบทในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่มีลักษณะเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์รูปแบบของจำนวน การพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูล และการใช้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ในการคาดการณ์ผลลัพธ์ ซึ่งเอื้อต่อการออกแบบสถานการณ์ปัญหาและการใช้คำถามระดับสูงเพื่อกระตุ้นกระบวนการคิดของผู้เรียน อีกทั้งเนื้อหาดังกล่าวยังสามารถกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีระดับความซับซ้อนแตกต่างกันได้อย่างหลากหลาย จึงเหมาะสมต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70
2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง

สมมติฐานการวิจัย

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้วิจัยแบบแผนก่อนแบบทดลอง (Pre-Experimental Research) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง (One Group Pre-test Post-test Design) Worakham (2019) ซึ่งมีรูปแบบการวิจัยดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pre-test Post-test Design

กลุ่มทดลอง	ทดสอบก่อน	สิ่งทดลอง	ทดสอบหลัง
E	O_1	X	O_2

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนแห่งหนึ่ง ตำบลนาโพธิ์ อำเภอกุดรัง จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 2 ห้อง ซึ่งโรงเรียนจัดนักเรียนเข้าชั้นเรียน แบบละความสามารถทางด้านการเรียน จำนวน 58 คน

2. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 30 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนแห่งหนึ่ง ตำบลนาโพธิ์ อำเภอกุดรัง จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ในรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับเลขคณิต และลำดับเรขาคณิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและจากการวิเคราะห์มาตรฐานและตัวชี้วัด ได้แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 10 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง ใช้เวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการหาประสิทธิภาพตามแนวคิดการทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนแบบ E1/E2 ของ Promwong (2013) ซึ่งพิจารณาประสิทธิภาพจากกระบวนการเรียนรู้ระหว่างเรียน (E1) และผลลัพธ์หลังเรียน (E2) โดยหาค่า E_1/E_2 โดยคำนวณหาค่า E_1 จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำใบกิจกรรมและแบบทดสอบย่อย จำนวน 10 แผน และคำนวณหาค่า E_2 จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต

ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 10 แผนการจัดการเรียนรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินตรวจสอบความเหมาะสมในแต่ละด้าน ได้แก่ ด้านมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านสาระการเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล และด้านการจัดการเรียนการสอน ซึ่งแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยใช้เป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ Srisaard (2013) โดยมีค่าเฉลี่ยทุกด้านเท่ากับ 4.91 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.06 ซึ่งถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากและสามารถนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย เรื่องลำดับเลขคณิตและลำดับเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 ข้อ โดยแต่ละข้อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนตามกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน ตามแนวคิดของ Polya (1975) ได้แก่ (1) การทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) (2) การวางแผนการแก้ปัญหา (Devising a Plan) (3) การดำเนินการตามแผน (Carrying

Out the Plan) และ (4) การตรวจสอบผล (Looking Back) ซึ่งแบบทดสอบดังกล่าวผ่านการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1 ค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.42–0.68 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.59–0.76 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (R) เท่ากับ 0.88 สำหรับเกณฑ์การให้คะแนน ผู้วิจัยได้พัฒนาเกณฑ์การประเมินตามกระบวนการแก้ปัญหาทั้ง 4 ขั้นตอนของ Polya (1975) ในรูปแบบรูบริก (Rubric Scoring) โดยกำหนดระดับคะแนนในแต่ละขั้นตอนตั้งแต่ 0–3 คะแนน ส่งผลให้แบบทดสอบแต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 12 คะแนน ทั้งนี้ รายละเอียดเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การประเมิน	คะแนน	พฤติกรรมในการแก้ปัญหา
ทำความเข้าใจปัญหา	0	ไม่มีการเขียน
	1	มีการเขียนข้อความบางส่วน หรือข้อมูลที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหาเพียงบางส่วน หรือมีบางส่วนเข้าใจไม่ถูกต้อง หรือแปลความหมายของปัญหาบางส่วนผิด
	2	มีการเขียนข้อความหรือแสดงข้อมูลที่แสดงความเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้องแต่ยังไม่ครบ
	3	มีการเขียนข้อความหรือแสดงข้อมูลที่แสดงความเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้องครบถ้วน
วางแผนการแก้ปัญหา	0	ไม่มีการวางแผนแก้ปัญหา หรือไม่มีการเขียนแผนการแก้ปัญหา
	1	มีการเขียนวางแผนแก้ปัญหาแต่ไม่เหมาะสมหรือเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ไม่เหมาะสม
	2	มีการเขียน วางแผนการแก้ปัญหา ซึ่งนำไปสู่การปัญหาได้บางส่วน หรือเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้แต่ไม่เหมาะสม
	3	มีการเขียน วางแผนการแก้ปัญหา ซึ่งนำไปสู่การปัญหาได้อย่างเหมาะสม และสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน
การดำเนินการแก้ปัญหา	0	ไม่มีการเขียนแสดงวิธีทำใดเลย
	1	มีการเขียนแสดงวิธีทำได้บางส่วน
	2	มีการเขียนแสดงวิธีทำที่เหมาะสมเกือบสมบูรณ์ หรือเขียนแสดงวิธีทำได้อย่างสมบูรณ์ แต่มีการคำนวณหรือเขียนสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ผิดพลาดจนได้คำตอบที่ผิดพลาดหรือแสดงวิธีการทำได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์แต่ตอบคำถามผิดพลาด
	3	มีการแสดงวิธีการทำอย่างเป็นขั้นตอน ได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน สื่อความหมายชัดเจนสมบูรณ์ และแสดงคำตอบที่ถูกต้อง
การตรวจสอบผล	0	ไม่มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบ หรือมีการเขียนแสดงการตรวจคำตอบไม่เหมาะสม ไม่สามารถยืนยันคำตอบที่คำนวณได้
	1	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบ แต่มีความผิดพลาดในการคำนวณโดยเขียนสัญลักษณ์ที่ผิดพลาดตั้งแต่เริ่มต้น
	2	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบที่เหมาะสมถูกต้อง แต่มีความผิดพลาดในการคำนวณโดยเขียนสัญลักษณ์ที่ผิดพลาดเล็กน้อย
	3	มีการเขียนแสดงการตรวจสอบคำตอบที่เหมาะสมถูกต้องสมบูรณ์ไม่มีข้อผิดพลาดใดเลย

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC เท่ากับ 1 มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ในช่วง 0.44 – 0.76 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.35 – 0.76 และค่าความเชื่อมั่น (R) เท่ากับ 0.81

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแห่งหนึ่ง ตำบลนาโพธิ์ อำเภอกุดรัง จังหวัดมหาสารคาม จากทั้งหมด 2 ห้อง มาจำนวน 1 ห้อง โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

2. ทำการทดสอบนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นก่อนดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง จำนวน 1 ชั่วโมง

3. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งหมดจำนวน 10 ชั่วโมง

4. เมื่อสิ้นสุดการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนที่วางไว้แล้วอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ จากนั้นทำการทดสอบนักเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น โดยใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมด 1 ชั่วโมง ผลคะแนนที่ได้จากการทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับกลุ่มตัวอย่าง มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 70/70

2. นำคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ One Sample t-test

3. นำคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ Dependent Sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญ .05

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยของการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงมีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถสรุปผลได้เป็น 3 ประเด็นสำคัญ ดังนี้

1. ผลการหาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) โดยคำนวณหาค่า E_1 จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำใบกิจกรรมและแบบทดสอบย่อย จำนวน 10 แผน และคำนวณหาค่า E_2 จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวแสดงไว้ในตารางที่ 3 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต

คะแนน	รวมคะแนนระหว่างเรียน (60:40)			ทดสอบหลังเรียน (68 คะแนน)
	ใบกิจกรรม (60 คะแนน)	แบบทดสอบย่อย (40 คะแนน)	รวม (100 คะแนน)	
รวม	1581	1270	2408	1459
ค่าเฉลี่ย	50.6	29.67	80.27	48.63
S.D.	2.59	4.92	6.60	7.14
ร้อยละ	84.33	74.17	80.27	71.52
ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง (E_1/E_2) เท่ากับ 80.27/71.52				

จากตารางที่ 3 พบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ของแผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต เท่ากับ 80.27 ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 71.52 ดังนั้นแผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 80.27/71.52 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 70/70

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังจากการที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงไว้ใน ตารางที่ 4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียน ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงกับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบหลังเรียน	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	μ_0 (70%)	t	df	p
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	30	48	33.73	5.92	33.6	30.57*	29	0.000
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	30	20	14.9	1.65	14	47.23*	29	0.000

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนเท่ากับ 33.73 คิดเป็นร้อยละ 70.27 และคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 14.90 คิดเป็นร้อยละ 74.50 ทั้งสองด้านมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังจากการได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังจากการได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง โดยใช้สถิติ Dependent samples t-test ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงไว้ในตารางที่ 5 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง โดยใช้สถิติ Dependent samples t-test

ตัวแปรที่ศึกษา	แบบทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	df	t	p
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	ก่อนการทดสอบ	30	48	9.93	2.46	29	35.24*	0.000
	หลังการทดสอบ	30	48	33.73	5.92	29		
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ก่อนการทดสอบ	30	20	4.9	1.12	29	45.51*	0.000
	หลังการทดสอบ	30	20	14.9	1.65	29		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 9.93 เป็น 33.73 คะแนน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกัน โดยเพิ่มขึ้นจาก 4.90 เป็น 14.90 คะแนน แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงมีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

อภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถอภิปรายผล ได้ดังนี้

1. ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.27/71.52 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ที่กำหนดไว้ แสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีประสิทธิภาพ สามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งระหว่างเรียนและหลังเรียนได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการหาประสิทธิภาพตามแนวคิดการทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนแบบ E1/E2 ของ Promwong (2013) ซึ่งพิจารณาประสิทธิภาพจากกระบวนการเรียนรู้ระหว่างเรียน (E1) และผลลัพธ์หลังเรียน (E2) ผลการวิจัยดังกล่าวอาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบ 4Ex2 ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่ช่วยกระตุ้นการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของ Khammani (2017) และแนวคิดลำดับขั้นการคิดของ Anderson, and Krathwohl (2001) ที่กล่าวว่าการส่งเสริมการคิดระดับสูงจะช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น แผนการจัดการเรียนรู้แบบ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจึงมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 33.73 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.27 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเรียนรู้ โดยครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์สถานการณ์ ใช้เหตุผล และค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ ในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้นี้ยังมีการผสมผสานกระบวนการสะท้อนการรู้คิด (Reflection) ซึ่งช่วยให้นักเรียนได้ทบทวน ตรวจสอบ และปรับปรุงแนวคิดของตนเองผ่านการพูด การเขียน และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในชั้นเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาอย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น อีกทั้งการประเมินระหว่างเรียนยังช่วยให้ครูสามารถติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ และกระบวนการคิดได้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ การสอดแทรกคำถามระดับสูงในแต่ละขั้นของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ยังช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการพิจารณาแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Makhanong (2010) ที่กล่าวว่าคำถามระดับสูงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ครูคณิตศาสตร์ควรใช้ในการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากช่วยส่งเสริมการคิดขั้นสูงและพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน เมื่อพิจารณากระบวนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 พบว่า ใน ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่กระตุ้นให้เกิดความสนใจและนำความรู้เดิมมาใช้ในการทำความเข้าใจปัญหา ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า ทดลอง และค้นหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาร่วมกัน ซึ่งช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องและเป็นระบบ และ ขยายความรู้ (Extend) นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ผลการวิจัยครั้งนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Polya (1975) ซึ่งเสนอว่ากระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผลลัพธ์ โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ที่ผู้วิจัยนำมาใช้มีลักษณะสอดคล้องกับขั้นตอนดังกล่าว ทำให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบและสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพทดทั้งนั้น จึงอาจสรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เนื่องจากช่วยส่งเสริมกระบวนการคิด การวิเคราะห์ การใช้เหตุผล

และการเชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.9 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.5 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้ ตั้งแต่การกระตุ้นความสนใจ การสำรวจและค้นพบความรู้ด้วยตนเอง การอธิบายและแลกเปลี่ยนแนวคิด ไปจนถึงการขยายและประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000) ที่เน้นกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำคัญ ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร และการเชื่อมโยงความรู้ เมื่อพิจารณาในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 พบว่า ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต พร้อมทั้งคำถามกระตุ้นการคิดเพื่อเชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียน นักเรียนมีหน้าที่สังเกต วิเคราะห์สถานการณ์ และอภิปรายแนวคิดเบื้องต้นร่วมกัน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสนใจและมีความพร้อมในการเรียนรู้ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาใหม่ ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) ครูจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า ทดลอง และแก้ปัญหาผ่านใบกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหา โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะและตั้งคำถามระดับสูงเพื่อกระตุ้นการคิด ขณะที่นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม ร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูล คาดคะเนคำตอบ และค้นหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง การลงมือปฏิบัติจริงในขั้นตอนนี้ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึกและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) นักเรียนนำเสนอแนวคิด วิธีการแก้ปัญหา และผลการค้นพบของกลุ่มตนเองต่อเพื่อนร่วมชั้น ขณะที่ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อกระตุ้นการให้เหตุผลและช่วยชี้แนะให้เกิดข้อสรุปที่ถูกต้อง กระบวนการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นดังกล่าวช่วยพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ ขั้นขยายความรู้ (Extend) ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นเพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ นักเรียนมีหน้าที่วิเคราะห์สถานการณ์ วางแผน และแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดที่ได้เรียนรู้มาแล้ว ขั้นตอนนี้ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ และพัฒนาความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย นอกจากนี้ การบูรณาการคำถามระดับสูงในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้อย่างช่วยกระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ ให้เหตุผล และอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึกและสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) (2012) ที่มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ผ่านการลงมือปฏิบัติและการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เป็นแนวทางที่ช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากส่งเสริมทั้งความรู้ ความเข้าใจเชิงลึก และทักษะการคิดขั้นสูง ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.27/71.52 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 70/70 นอกจากนี้ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 ในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงไปใช้ ครูผู้สอนควรศึกษาและทำความเข้าใจขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้ชัดเจน เตรียมคำถามที่มีความหลากหลาย เตรียมสื่อให้พร้อมสำหรับการจัด

กิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง และควรบันทึกหลังสอนเพื่อให้ทราบถึงปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการแก้ไข เพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 ก่อนเริ่มนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ ครูผู้สอนควรเตรียมความพร้อมนักเรียน โดยการอธิบายลำดับขั้นตอน และลักษณะกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในชั้นเรียนให้ชัดเจน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจรูปแบบของการจัดการเรียนรู้ที่จะได้รับ เพื่อที่ผู้สอนจะสามารถจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

1.3 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละครั้ง ครูผู้สอนต้องระบุเวลาในแต่ละขั้นให้ชัดเจนและคอยกำกับเวลานักเรียน รวมถึงมีเทคนิค หรือวิธีการเพื่อคอยกระตุ้นให้นักเรียน รักษาเวลา เพื่อให้ผู้สอนจะสามารถจัดการเรียนรู้ได้ครบทุกขั้นตอนจัดการเรียนรู้

1.4 ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วม และจะต้องพยายามกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ความคิด รายงานความคิดของตนเองออกมาให้ได้มากที่สุดถึงสิ่งที่ตนทำหรือคิด ในการแก้ปัญหาหรือในบางกรณีที่นักเรียนบางคนไม่สามารถอธิบายถึงสิ่งที่ตนคิดได้ ครูผู้สอนอาจจะใช้การซักถามเพื่อกระตุ้นความคิดของนักเรียน

1.5 ในการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับคำถามระดับสูง แต่ละขั้นตอนควรใช้คำถามการสะท้อนความคิดที่หลากหลายและควรเลือกคำถามจากง่ายไปหาคำถามที่มีความซับซ้อนขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาผลของการจัดการการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับคำถามระดับสูง ในระดับอื่น ๆ หรือในเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่น ๆ เช่น ความน่าจะเป็น มูลค่าของเงิน การหาพื้นที่ผิวและปริมาตร เป็นต้น เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2.2 ควรมีการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับคำถามระดับสูงในการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ในด้านอื่น ๆ เช่น ด้านการให้เหตุผล ด้านการเชื่อมโยง เป็นต้น

2.3 ควรมีการศึกษานำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับคำถามระดับสูง ไปใช้ร่วมกับเทคนิคการสอนอื่น ๆ เพื่อพัฒนาความสามารถทางด้านอื่น ๆ ต่อไป เช่น เทคนิคผังกราฟฟิกเพื่อพัฒนาความคิดรวบยอด

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ขอความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หลักความเคารพในสิทธิส่วนบุคคล หลักคุณประโยชน์และไม่ก่ออันตรายต่อผู้เข้าร่วมวิจัยและหลักความยุติธรรม พร้อมทั้งได้ดำเนินการขออนุญาตจากทางสถานศึกษาอย่างเป็นทางการ

การใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์

การวิจัยและการเขียนบทความฉบับนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ ได้แก่ ChatGPT และ Grammarly เพื่อสนับสนุนการตรวจทานภาษา การปรับสำนวนเชิงวิชาการ การสรุปและจัดโครงสร้างเนื้อหา รวมถึงการแปลภาษา ทั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้กำหนดแนวคิด วิเคราะห์ข้อมูล ตรวจสอบความถูกต้อง และรับผิดชอบต่อเนื้อหาทั้งหมด เครื่องมือดังกล่าวถูกใช้เป็นเพียงผู้ช่วยในการพัฒนาคุณภาพของงานเขียน มิได้ทดแทนกระบวนการวิจัยหรือการตัดสินใจเชิงวิชาการของผู้วิจัย

References

- Academic Naphopittayasan School. (2021). *The Report O-Net Test for Mathematics of Mathayomsuksa 6 Students* (in Thai). Maha Sarakham: Naphopittayasan School.
- Anderson, L. W. and Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Biological Sciences Curriculum Study. (2006). *BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS.
- Brandt, R. (1984). Teaching of thinking, for thinking, about thinking. *Educational Leadership*, 42(1), 3.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.
- Kennedy, L. M. and Tipps, S. (1994). *Guiding children's learning of mathematics*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.

- Khammani, T. (2017). **Teaching science: Knowledge for effective instructional model** (21st ed.). Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Makhanong, A. (2010). **Mathematical skills and processes: Development for learning development** (in Thai). Bangkok: Textbook and Academic Document Center, Faculty of Education, Chulalongkorn University.
- Makhanong, A. (2014). **Mathematics for secondary school teachers** (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University.
- Marshall, J. C. (2007). **4Ex2 Instructional Model: Promoting stronger teaching and deeper conceptual understanding**. Paper presented at the School Science and Mathematics Association, Indianapolis, IN.
- Marshall, J. C., Horton, B. and Smart, J. (2009). 4Ex2 Instructional Model: Uniting three learning constructs to improve praxis in science and mathematics classrooms. **Journal of Science Teacher Education**, 20(6), 501-516.
- Ministry of Education. (2017). **Basic Education Core Curriculum B.E.2551, revised B.E. 2560** (in Thai). Bangkok: Printing House of the Agricultural Cooperative Federation of Thailand printing House.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). **Principles and Standards for School Mathematics**. Virginia: NCTM, Inc.
- Promwong, C. (2013). Efficiency testing of instructional media or instructional packages (E1/E2). **Silpakorn Educational Research Journal**, 5(1), 7–20.
- Polya, G. (1957). **How to solve it: a new aspect of mathematical method**. New Jersey: Princeton University Press.
- Schmalz, R. S. (1973). Categorization of questions that mathematics teachers ask. **Mathematics Teacher**, 66(7), 616–629.
- Srisaard, B. (2013). **Fundamental Research** (9th ed) (in Thai). Bangkok: Suweeriyasarn.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2012). **Mathematical thinking process skills** (3rd ed) (in Thai). Bangkok: S Charoen Printing.
- Thipkong, S. (2001). **Research on mathematics teaching and learning** (in Thai). Bangkok: Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University.
- Worakham, P. (2019). **Education research** (8th ed) (in Thai). Mahasarakham: Taksila.