

บทความวิจัย (Research Article)

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง
ที่มีต่อมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

THE EFFECTS OF LEARNING MANAGEMENT USING 4E×2 INSTRUCTIONAL MODEL
AND HIGHER-ORDER QUESTIONS ON MATHEMATICAL CONCEPTS AND REASONING
ABILITY OF GRADE 8 STUDENTS

Received: April 10, 2019

Revised: June 14, 2019

Accepted: June 27, 2019

นริศ บัวขาว^{1*} คงรัฐ นวลแปง² และอาพันธ์ชนิต เจนจิต³
Narit Buakhao^{1*} Kongrat Nualpang² and Apunchanit Jenjit³

^{1,2,3}คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
^{1,2,3}Faculty of Education, Burapha University, ChonBuri, 20130, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: n20naritbuakhao@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความเท่ากันทุกประการและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี จำนวน 48 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง 2) แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และ 3) แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที (one sample t-test) ผลการวิจัย พบว่า

1. มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความเท่ากันทุกประการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05
2. ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

คำสำคัญ: รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

Abstract

The purposes of this research were to compare the student's mathematical concepts on congruence and mathematical reasoning ability of grade 8 after using 4Ex2 instructional model and higher-order questions with a 70 percent criterion. The sample for this research consisted of 48 grade 8 students at from a large size school in Chonburi Province, selected by cluster random sampling. The research instruments were lesson plans of 4Ex2 instructional model with higher-order questions, mathematical concepts test and mathematical reasoning ability test. The data were analyzed by mean, standard deviation and one sample t-test. The results were as follows:

1. The mathematical concepts on congruence of grade 8 students after using 4Ex2 instructional model and higher-order questions was statistically higher than 70 percent criterion at the .05 level of significance.
2. The mathematical reasoning ability of grade 8 students after using 4Ex2 instructional model and higher-order questions was statistically higher than 70 percent criterion at the .05 level of significance.

Keywords: 4Ex2 Instructional Model and Higher-order Questions, Mathematical Concepts, Mathematical Reasoning Ability

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการดำรงชีวิตและการพัฒนาการคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ แบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตและทำให้อยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (Ministry of Education, 2003, p. 1)

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กำหนดให้วิชาคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็น 6 สาระ ซึ่งสาระที่ 1-5 เป็นความรู้ทางคณิตศาสตร์และสาระที่ 6 เป็นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ ความรู้ทางคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) ความรู้เชิงมโนทัศน์ เป็นความรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอด ทฤษฎี และที่มาหรือเหตุผลของขั้นตอนหรือวิธีการทางคณิตศาสตร์ และ 2) ความรู้เชิงขั้นตอน เป็นความรู้เกี่ยวกับการคำนวณ การใช้กฎ กลวิธีและขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (Makanong, 2010, pp. 3-5) ซึ่งความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน มีความสำคัญต่อการนำความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้งานจะช่วยให้นักเรียนทำงานเกี่ยวกับทางคณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจ สามารถนำความรู้ที่ไปประยุกต์ใช้เมื่อมีปัญหาที่มีเงื่อนไขที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (Makanong, 2010, p. 6) โดยเฉพาะความรู้เชิงมโนทัศน์ เนื่องจาก มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และนำความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาหรือใช้งาน เพราะความรู้เชิงมโนทัศน์เป็นความรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอด ทฤษฎี และที่มาหรือเหตุผลของขั้นตอน นักเรียนที่มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ดีมักเรียนรู้และแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ รวมทั้งมีพื้นฐานที่จะเชื่อมโยงและคิดในระดับสูงได้ดีด้วย (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2012, p. 61) และสอดคล้องกับคำกล่าวของ Makanong (2010, p. 3) ที่ว่า มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นความรู้ที่สำคัญในการเรียนคณิตศาสตร์ ทั้งต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับสูงและต่อการนำคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหา เพราะความรู้เชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์หรือความเกี่ยวข้องกับความคิดรวบยอด ทฤษฎี และที่มาหรือเหตุผลของขั้นตอนหรือวิธีการทางคณิตศาสตร์

นอกจากการสอนให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์แล้ว การให้เหตุผลเป็นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างหนึ่งที่ครูจะต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นกับนักเรียน ทั้งนี้ เนื่องจากการให้เหตุผลเป็นทักษะและกระบวนการที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์ได้ โดยการให้เหตุผลเป็นเครื่องมือที่จะเข้าในงานธรรมนั้น และเป็นสิ่งที่ใช้คิดเกี่ยวกับสมบัติต่างๆ ในทางคณิตศาสตร์ และ

พัฒนาให้อยู่ในลักษณะของการอ้างอิง เพื่อให้สามารถใช้ข้อเท็จจริงที่เรียนรู้มาอ้างอิงไปยังสิ่งใหม่ จะเห็นว่าการให้เหตุผลเป็นทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างหนึ่งที่ สำคัญ ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ (Russell, 1999, p. 1) และสอดคล้องกับ The National Council of Teachers of Mathematics (2000, pp. 56-59) ที่เสนอว่า การให้เหตุผลและการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ นั้นจะเป็นแนวทางในการพัฒนาให้เกิดการแสดงออกถึงความเข้าใจอันลึกซึ้งเกี่ยวกับนิเทศศาสตร์ได้ ดังนั้น การให้เหตุผล จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่ง ที่จะช่วยพัฒนานักเรียนให้ดีขึ้นได้

จากการศึกษาผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ผ่านมา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ประสบความสำเร็จในการเรียน คณิตศาสตร์เท่าที่ควร (Thipkong, 2001, p. 1) เห็นได้จากการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับ นานาชาติ พ.ศ. 2558 (Trends in International and Science Study 2015) เป็นโครงการที่สมาคมนานาชาติใช้ประเมินผลสัมฤทธิ์ ทางการศึกษา ซึ่งการประเมินประกอบด้วย ด้านเนื้อหาและด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ พบว่า ประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิชา คณิตศาสตร์เท่ากับ 431 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยที่กำหนด คือ 500 คะแนน เมื่อจำแนกตามเนื้อหาวิชาและพฤติกรรมการเรียนรู้ พบว่า คะแนนเฉลี่ยในเนื้อหา เรื่อง เรขาคณิต เท่ากับ 429 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยด้านการให้เหตุผลเท่ากับ 436 คะแนน ตามลำดับ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, หน้า 11-12) ซึ่งในการทำข้อสอบพบว่า นักเรียนทำข้อสอบแบบเลือกตอบ ได้มากกว่าแบบเขียนตอบแสดงให้เห็นว่า นักเรียนไม่สามารถเขียนคำอธิบายหรืออ้างอิงเหตุผลในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (2017, p. 1) ที่เสนอว่า มีนักเรียน ส่วนใหญ่ยังขาดความสามารถเกี่ยวกับการแสดงหรืออ้างอิงเหตุผลทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้คณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน รวมถึงผลการทดสอบการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ที่ได้มีการกำหนดเป้าหมายยุทธศาสตร์และตัวบ่งชี้ การปฏิรูปการศึกษาใน พ.ศ. 2552-2561 โดยระบุว่า นักเรียนต้องมีคะแนนเฉลี่ยในวิชาคณิตศาสตร์มากกว่าร้อยละ 50 (Maensanguan, 2013, p. 270) แต่ผลการทดสอบปีการศึกษา 2558-2560 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี พบว่า มีคะแนน เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 33.16, 29.46 และ 24.76 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 50 สาเหตุหนึ่งอาจเนื่องมาจาก นักเรียนขาดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับสิ่งที่เรียน หรือขาดความรู้ความเข้าใจพื้นฐานในการเรียน เมื่อไม่เข้าใจเนื้อหานั้นจะทำให้ นักเรียนไม่ยอมเรียนรู้ นักเรียนไม่เกิดกระบวนการคิด และไม่สามารถสรุปความรู้ได้ด้วยตนเองได้ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ต่ำลง (Wonglekha, 2010) และสอดคล้องกับการสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนแห่งหนึ่งใน จังหวัดชลบุรี พบว่า ในเรื่องความเท่ากันทุกประการ นักเรียนส่วนใหญ่ใช้วิธีการท่องจำวิธีการและเน้นเฉพาะการหาคำตอบโดยไม่ สามารถอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถสรุปเนื้อหาเป็นความรู้ของตนเองได้ และยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับ มโนทัศน์อยู่มาก ทำให้นักเรียนนำไปใช้ในการหาคำตอบได้ไม่เท่าที่ควร (Osotphasom & Wangkunklang, January 15, 2018, Personal Communication)

จากปัญหาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังประสบปัญหาเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และการให้เหตุผลทาง คณิตศาสตร์อยู่เป็นอย่างมาก สาเหตุอาจเกิดจากการจัดกิจกรรมการสอนของครูที่ไม่ส่งเสริมกระบวนการคิด โดยครูเป็นคนบอกขั้นตอน แล้วให้นักเรียนทำตาม บอกวิธีทำ ให้ตัวอย่างและมุ่งให้นักเรียนทำได้ตามตัวอย่างโดยไม่ให้ออกาสนักเรียนได้เรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ทำให้ ผู้เรียนขาดการสะท้อนคิดของตนเองที่ตอบสนองต่อข้อมูลหรือข้อความที่ได้อ่าน และครูขาดการประเมินความรู้ของนักเรียนอย่าง สม่าเสมอ เนื่องจากมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่ไม่สามารถเรียนได้ด้วยการบอกแต่จะต้องเกิดจากประสบการณ์และการคิด ยังมี ประสบการณ์มากเท่าไรมโนทัศน์ก็จะเกิดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น (Chaisuwanathawee, 1999, p. 85) ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Pattanatrakulsuk (2003, pp. 54-58) ที่ว่าสภาพการจัดการเรียนรู้ในระดับมัธยมศึกษายังคงยึดครูเป็นศูนย์กลาง ขาดการปลูกฝังให้ นักเรียนเป็นคนที่มีจิตสำนึก สังเกต สำรวจ ตั้งข้อคำถามการค้นคว้า พร้อมทั้งให้เหตุผลและพิสูจน์ต่างๆ ได้ด้วยตนเอง การดำเนินการหาคำตอบ มักมุ่งเน้นไปที่ความรวดเร็วในการได้มาซึ่งคำตอบมากกว่าพิจารณาที่กระบวนการคิดของนักเรียน

แนวทางที่จะพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ คือ ต้องจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนฝึกกระบวนการคิด รู้จักสะท้อนคิดได้ด้วยตนเองและครูควรประเมินผลการพัฒนามโนทัศน์เป็นระยะๆ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะต้อง

ฝึกให้นักเรียนเกิดการสังเกตสำรวจ สืบค้น ค้นหาข้อมูลลักษณะสำคัญ หรือสร้างความสัมพันธ์ภายในสิ่งที่เป็นโน้ตสนธิ์เรื่องนั้นๆ และหาข้อสรุปความรู้ที่ได้ด้วยตนเอง และควรจัดบรรยากาศให้นักเรียนเห็นว่าการให้เหตุผลเป็นสิ่งสำคัญ และสามารถส่งเสริมการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนพูดอธิบายและแสดงเหตุผลของแนวคิดได้ (Klausmeier & Ripple, 1971, p. 431; Rowan & Morrow, 1993, pp. 16-18)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 เป็นการจัดการเรียนการสอนมุ่งเน้นให้นักเรียนใช้กระบวนการคิดและนำความรู้เดิมเป็นฐานสร้างความรู้ใหม่ ผ่านการสังเกต สำรวจ รวบรวมข้อมูลและอภิปรายร่วมกันของนักเรียน จนค้นพบความรู้หรือโน้ตสนธิ์ใหม่ ซึ่งผู้วิจัยได้ประยุกต์แนวคิดของ Marshall, Horton and Smart มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) ครุณำนักเรียนเข้าสู่บทเรียน โดยใช้สื่อการสอนเพื่อกระตุ้นให้เริ่มกระบวนการเรียนรู้ จากนั้นใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมหรือตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) ครูให้นักเรียนค้นคว้าหาข้อมูลผ่านกระบวนการสำรวจ ตรวจสอบ รวบรวม และหาเหตุผล จากนั้นครูใช้คำถามกระตุ้นเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ค้นหาได้ ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย (Explain) ครูให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นข้อสรุปโดยใช้ถ้อยคำของตนเอง แล้วนำเสนอข้อสรุปพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อสรุปของตนเอง จากนั้นใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสรุปมโนทัศน์ แล้วร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเพื่อให้เกิดเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Extend) ครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนนำความรู้หรือมโนทัศน์ที่ได้ไปใช้หาคำตอบ พร้อมแสดงเหตุผลประกอบคำตอบ โดยการทำงานหรือแบบฝึกหัด (Marshall et al., 2009) และใช้การสะท้อนการรู้คิดเป็นส่วนสนับสนุนให้นักเรียนได้คิด ค้นคว้าจนเกิดความรู้ ข้อค้นพบ หรือมโนทัศน์ได้ด้วยตนเองและให้เหตุผลประกอบการอธิบายความรู้ที่ค้นพบ และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ และการประเมินผลระหว่างเรียนเป็นกระบวนการที่ครูใช้ในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียนในระหว่างเรียนเพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าหรือพัฒนาการของผู้เรียนเป็นระยะๆ อย่างต่อเนื่องทุกขั้นตอน จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์จะเกิดขึ้นในขั้นอธิบาย เนื่องจากผู้วิจัยให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นข้อสรุปโดยใช้ถ้อยคำของตนเอง จากนั้นใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนสรุปมโนทัศน์แล้วร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเพื่อให้เกิดเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง และความสามารถการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เกิดขึ้นในขั้นอธิบายและขั้นขยายความรู้ เนื่องจากในขั้นอธิบายนักเรียนต้องให้เหตุผลสนับสนุนข้อสรุปมโนทัศน์ และในขั้นขยายความรู้ นักเรียนต้องแสดงเหตุผลประกอบคำตอบที่ได้ อีกทั้งผลการวิจัยของ Ponkwunchotica (2011) พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เนื่องจากรูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดและนำความรู้เดิมเป็นฐานสร้างความรู้ใหม่ โดยครูใช้คำถามกระตุ้นผ่านกระบวนการทางความคิดและสร้างมโนทัศน์ผ่านการอภิปรายร่วมกัน ซึ่งจะเห็นว่าการใช้คำถามเป็นบทบาทหนึ่งที่ทำในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Pengsrikote (2006, p. 58) ที่ว่าคำถามนั้นมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการจัดประสบการณ์ เป็นการส่งเสริมให้เด็กได้คิดและเกิดการเรียนรู้ การใช้คำถามที่ดีต้องมีจุดมุ่งหมายที่แน่นอน โดยเฉพาะคำถามระดับสูง (Higher Order Questions) เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้ตอบใช้การประยุกต์ การประเมิน หรือใช้ความคิดในระดับสูงในการตอบ (Khamwachirapitak, 1995, p. 75) และสอดคล้องกับคำกล่าวของ Mekanong (2011, p. 80) ที่ว่าคำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนใช้การคิดในระดับสูงในการเปรียบเทียบ หาข้อสรุปที่เป็นเหตุเป็นผล รวมถึงเป็นการถามที่ต้องการให้ผู้เรียนได้ค้นพบสิ่งใหม่ๆ จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า คำถามระดับสูง เป็นคำถามที่ต้องการส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความคิดในการอธิบาย วิเคราะห์ สังเคราะห์ ประยุกต์ และประเมินค่า เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดในระดับสูงเพื่อค้นหาคำตอบ โดยคำถามให้อธิบายจะเกิดขึ้นในขั้นสร้างความสนใจ คำถามให้วิเคราะห์จะเกิดขึ้นในขั้นสำรวจและค้นหา คำถามให้สังเคราะห์จะเกิดขึ้นในขั้นอธิบาย และคำถามให้ประยุกต์และประเมินค่าจะเกิดขึ้นในขั้นขยายความรู้ ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนสามารถเข้าใจมโนทัศน์และพัฒนาความคิดของนักเรียนให้คิดอย่างมีเหตุผลได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Natenimit (2015)

พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากได้รับการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ 5 ขั้นตอน (5Es) ร่วมกับคำถามระดับสูง มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มาใช้พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เรื่องความเท่ากันทุกประการกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อจะนำผลไปใช้ปรับปรุงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความเท่ากันทุกประการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง กับเกณฑ์ร้อยละ 70
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี จำนวน 48 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)
2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เป็นเนื้อหาเรื่องความเท่ากันทุกประการ ในรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอน จำนวน 12 คาบ และมีบททดสอบหลังเรียน จำนวน 2 คาบ
4. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่
 - 4.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง
 - 4.2 ตัวแปรตาม คือ 1) มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องความเท่ากันทุกประการ และ 2) ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งเชิงทดลอง เพื่อศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดำเนินการทดลองแบบศึกษากลุ่มเดียววัดหลังการทดลองครั้งเดียว (One-Group Posttest Only Design) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

- 1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ความเท่ากันทุกประการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 7 แผน ซึ่งแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด โดยมี $\bar{X} = 4.75$ และ $S = 0.34$
- 1.2 แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความเท่ากันทุกประการ เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยจำนวน 7 ข้อ ข้อละ 3 คะแนน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อสอบแต่ละข้อมีค่าตั้งแต่ 0.60 - 1.00 มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.46 - 0.75 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.40 - 0.54 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.89

1.3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยจำนวน 7 ข้อ ข้อละ 3 คะแนน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อสอบแต่ละข้อ มีค่าตั้งแต่ 0.80 - 1.00 มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.46 - 0.79 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ตั้งแต่ 0.24 - 0.64 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.77

2. ขั้นตอนดำเนินการทดลอง

2.1 ผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยตนเองด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ความเท่ากันทุกประการกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี ซึ่งใช้เวลาจัดการเรียนการสอน จำนวน 12 คาบ

2.2 เมื่อดำเนินการสอนครบตามแผน ผู้วิจัยทำการวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จำนวน 2 คาบ

2.3 ตรวจให้คะแนนการทำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

2.4 ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ได้ไปวิเคราะห์ผลโดยใช้วิธีทางสถิติ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และแบบ ทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยเปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เรื่องความเท่ากันทุกประการ และคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ One Sample t - Test

ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความเท่ากันทุกประการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลปรากฏดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์กับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มตัวอย่าง	n	คะแนนเต็ม	μ	$\bar{X}$	S	t	p
คะแนนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์	48	21	14.70	16.15 (76.90 %)	2.43	4.12*	.00

* $p < .05$ ($t_{0.05, 47} = 1.6779$)

จากตาราง 1 พบว่า คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มีค่าเท่ากับ 16.15 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 76.90 และเมื่อทดสอบสมมติฐานพบว่า คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เรื่อง ความเท่ากันทุกประการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์รายข้อ ซึ่งผู้วิจัยสามารถจำแนกนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม ตามเกณฑ์การให้คะแนนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้ผลการวิเคราะห์แสดง ดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์จำแนกตามเกณฑ์การให้คะแนนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

ข้อ	จำนวนนักเรียนที่ได้คะแนน (48 คน)				ร้อยละของคะแนน
	0 คะแนน	1 คะแนน	2 คะแนน	3 คะแนน	
1	9	9	8	22	63.19
2	3	14	16	15	63.19
3	0	0	29	16	75.69
4	0	0	33	15	77.08
5	0	0	8	40	94.44
6	0	3	25	20	78.47
7	0	1	18	29	86.11
ร้อยละของนักเรียน	3.57	8.93	40.77	46.73	-

จากตาราง 2 พบว่า ร้อยละของคะแนนรายข้อส่วนใหญ่สูงกว่าร้อยละ 70 แต่มีอยู่จำนวน 2 ข้อ ที่มีร้อยละของคะแนนรายข้อต่ำกว่าร้อยละ 70 ซึ่งเป็นแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในเรื่อง ความเท่ากันทุกประการของรูปเรขาคณิต และความเท่ากันทุกประการของรูปสามเหลี่ยมที่ตรวจสอบโดยใช้ด้านคู่ที่สมนัยกันและมุมคู่ที่สมนัยกัน และเมื่อพิจารณาร้อยละของนักเรียนจำแนกตามเกณฑ์การให้คะแนน พบว่า ร้อยละของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 3 คะแนน และ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 46.73, 40.77 ตามลำดับ โดยมีนักเรียนส่วนน้อยอยู่ในระดับคะแนน 1 คะแนน และ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 8.93, 3.57 ตามลำดับ

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลปรากฏดังตารางที่ 3

ตาราง 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์กับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มตัวอย่าง	n	คะแนนเต็ม	μ	$\bar{X}$	S	t	p
คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	48	21	14.70	16.56 (78.86 %)	3.09	4.18*	.00

* $p < .05$ ($t_{0.05, 47} = 1.6779$)

จากตาราง 3 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มีค่าเท่ากับ 16.56 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.86 และเมื่อทดสอบสมมติฐานพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์รายข้อ ซึ่งผู้วิจัยสามารถจำแนกนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม ตามเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ผลการวิเคราะห์แสดง ดังตารางที่ 4

ตาราง 4 ผลการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์จำแนกตามเกณฑ์การให้คะแนน
ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ข้อ	จำนวนนักเรียนที่ได้คะแนน (48 คน)				ร้อยละของคะแนน
	0 คะแนน	1 คะแนน	2 คะแนน	3 คะแนน	
1	0	1	7	40	93.75
2	10	9	19	10	53.47
3	1	11	16	20	71.53
4	0	2	28	18	77.78
5	0	2	11	35	89.58
6	1	1	19	27	83.33
7	1	1	20	26	82.64
ร้อยละของนักเรียน	3.87	8.04	35.71	52.38	-

จากตาราง 4 พบว่า ร้อยละของคะแนนรายข้อส่วนใหญ่สูงกว่าร้อยละ 70 แต่มีอยู่จำนวน 1 ข้อ ที่มีร้อยละของคะแนนรายข้อต่ำกว่าร้อยละ 70 ซึ่งเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในเรื่องความเท่ากันทุกประการของรูปสามเหลี่ยมที่ตรวจสอบโดยใช้ด้านคู่ที่สมนัยกันและมุมคู่ที่สมนัยกัน และเมื่อพิจารณาร้อยละของนักเรียนจำแนกตามเกณฑ์การให้คะแนน พบว่า ร้อยละของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ระดับ 3 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 52.38 รองลงมาอยู่ในระดับ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 35.71 โดยมีนักเรียนส่วนน้อยอยู่ในระดับคะแนน 1 คะแนน และ 0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 8.04, 3.87 ตามลำดับ

การอภิปรายผลการวิจัย

1. นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมัถนทางคณิตศาสตร์เรื่อง ความเท่ากันทุกประการหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อาจเนื่องมาจาก การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองหรือสร้างความรู้ใหม่ๆ ด้วยตนเองโดยครูใช้คำถามระดับสูง เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางความคิดเพื่อค้นหาคำตอบและช่วยอำนวยความสะดวกในเรียนรู้ด้านต่างๆ และผู้เรียนจะต้องสะท้อนการรู้คิดเพื่อฝึกฝนควบคุมและตรวจสอบกระบวนการคิดของตนเองอีกทั้งครูจะประเมินผลจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนทำให้ครูสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน เพื่อนำไปตรวจสอบกระบวนการคิดของตนเองทำให้เกิดความเข้าใจและสร้างมโนทัศน์ได้ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้นำไปสู่การพัฒนาทัศนทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) นำเข้าสู่บทเรียนโดยครูใช้สื่อการเรียนการสอน เช่น ชุดรูปเรขาคณิตชุดการวัดมุมและด้านโดยใช้ไม้โปรแทรกเตอร์ เป็นต้น เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ อยากรู้ อยากเห็น และมีการใช้คำถามให้อธิบายเพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมไปสู่การอธิบายหาคำตอบของสื่อการเรียนการสอนที่ครูหยิบยกมา ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนแต่ละคนจะได้ฝึกการเรียนรู้ผ่านการใช้สื่อร่วมกันในชั้นเรียน ซึ่งจะช่วยพัฒนาการเรียนรู้ไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ๆ และการใช้คำถามระดับสูงที่เป็นคำถามให้อธิบาย นักเรียนจะได้ฝึกพูดอธิบายสิ่งที่เรียนรู้จากสื่อ ทำให้ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้เดิมร่วมกัน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับ Mekanong (2003, pp. 25-26) ที่กล่าวว่า ควรจัดสื่อการเรียนรู้ที่น่าสนใจและมีประสิทธิภาพที่สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนอธิบายความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์เดิม จะช่วยให้ผู้เรียนรู้มโนทัศน์ใหม่ๆ ย่างขึ้น อีกทั้งผู้เรียนสะท้อนการรู้คิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดเพื่อพูดอธิบายเกี่ยวกับความรู้เดิม และครูประเมินผลจากการตอบคำถาม ทำให้สามารถให้ข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อฝึกให้ผู้เรียนตรวจสอบกระบวนการคิดเกี่ยวกับความรู้เดิม ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ชัดเจนมากขึ้นและนำไปสู่การเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติตามใบกิจกรรมด้วยตนเอง โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูล สืบค้น สำรวจเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอ และมีการใช้คำถามให้วิเคราะห์เพื่อให้นักเรียนได้ค้นหาข้อมูลที่สำคัญเพิ่มเติม เพื่อใช้ในการสร้างข้อสรุปหรือโน้ตด้วยตนเอง ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนแต่ละคนจะได้ฝึกการเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งจะช่วยส่งเสริมความสามารถในการสร้างความรู้เนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์ของตนเองและพัฒนาความเข้าใจของผู้เรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Klausmeier and Ripple (1971, p. 431) ที่กล่าวว่า การส่งเสริมและแนะนำให้ให้นักเรียนค้นคว้าเพื่อที่จะเรียนรู้ด้วยตนเองจะช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เกิดมโนทัศน์ และการใช้คำถามระดับสูงที่เป็นคำถามให้วิเคราะห์ให้นักเรียนแต่ละคนจะได้ฝึกการเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่างของข้อมูล ทำให้ผู้เรียนเกิดการสังเกตและวิเคราะห์ข้อมูลได้ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Trisrichanama (1994, p. 39) ที่กล่าวว่า หากต้องการให้นักเรียนมีมโนทัศน์ ครูต้องสอนให้นักเรียนเกิดการฝึกทักษะการสังเกต พิจารณาเปรียบเทียบความคล้ายคลึงและความแตกต่างแล้วรวบรวมข้อมูลที่ได้เพื่อไปใช้ในการสรุปเป็นมโนทัศน์อีกครั้งที่ผู้เรียนสะท้อนการรู้คิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดเพื่อเขียนเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่างของข้อมูล และครูประเมินผลจากร่องรอยการเขียน ทำให้สามารถให้ข้อมูลชี้แนะแนวทาง พยายามให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบกระบวนการ การคิดเกี่ยวกับข้อมูลที่สังเกตและเปรียบเทียบได้ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาความคิด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ชัดเจนมากขึ้นพัฒนาไปสู่การสร้างข้อสรุปได้ง่ายขึ้น

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นอธิบาย (Explain) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหามาสร้างเป็นข้อสรุปโดยใช้ถ้อยคำตนเอง แล้วให้แต่ละกลุ่มนำข้อสรุปที่ได้มานำเสนอหน้าชั้นเรียน และมีการใช้คำถามให้สังเคราะห์เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างข้อสรุปที่เป็นความคิดรวบยอดหรือมโนทัศน์ของตนเองร่วมกันในชั้นเรียน จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเพื่อให้เกิดเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนจะได้ฝึกการเขียนข้อสรุปที่เป็นความคิดรวบยอดด้วยถ้อยคำของตนเอง จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักใช้ถ้อยคำที่เหมาะสมแทนมโนทัศน์นั้นๆ ซึ่งจะพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้ นอกจากนี้ ผู้เรียนยังได้ฝึกการแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม และฝึกการยอมรับความคิดเห็นที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ จนสามารถได้แนวคิดของข้อสรุปที่เหมาะสม ทำให้เกิดเป็นข้อสรุปหรือมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ซึ่งจะพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์มากขึ้นและสามารถสร้างสรุปเป็นมโนทัศน์ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Jenjit (2002, pp. 423-424) ที่กล่าวว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถาม ตอบโต้ และพยายามให้อธิบายความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่เรียนด้วยคำพูดของตนเอง เป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และการใช้คำถามระดับสูงที่เป็นคำถามให้สังเคราะห์ให้นักเรียนแต่ละคนจะได้ฝึกคิดและหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลย่อยๆ ของแต่ละกลุ่มที่นำเสนอจนได้ลักษณะที่มีร่วมกัน ทำให้ผู้เรียนเกิดการสร้างข้อสรุปเป็นหลักการหรือแนวคิดใหม่ได้ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ให้เป็นความรู้ที่ลึกซึ้งได้ อีกทั้งผู้เรียนสะท้อนการรู้คิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดเพื่อพูดและเขียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลย่อยๆ เกิดเป็นแนวคิดใหม่หรือมโนทัศน์ของตนเอง และครูประเมินผลจากการตอบคำถาม ทำให้ทราบว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องหรือไม่ เพื่อให้ผู้เรียนฝึกตรวจสอบกระบวนการคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ของตนเอง ซึ่งจะพัฒนาให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ที่ถูกต้องชัดเจนและครอบคลุมยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Extend) ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่ๆ ที่น่าสนใจในชีวิตประจำวัน โดยการทำใบงานเพื่อขยายความรู้ให้กว้างขึ้นหรือความรู้ที่ลึกซึ้งขึ้น และมีการใช้คำถามให้ประยุกต์ในใบงานเพื่อให้นักเรียนมีส่วนได้ใช้ความรู้ในสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน และถามคำถามให้ประเมินค่าในใบงานเพื่อจำลองเหตุการณ์ที่นักเรียนต้องใช้ความรู้ตัดสินใจสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนจะได้ฝึกใช้ความรู้หาคำตอบและเขียนอธิบายคำตอบ ซึ่งจะพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Anganasaphatkachorn (2012, p. 124) ที่กล่าวว่า ผู้สอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีการนำความรู้มาใช้ในการสถานการณ์ต่างๆ ด้วยตนเอง ผู้เรียนจะเข้าใจและพัฒนาบทเรียนทางคณิตศาสตร์ของตนเองได้ และการใช้คำถามระดับสูงที่เป็นคำถามให้ประยุกต์และคำถามให้ประเมินค่าให้นักเรียนแต่ละคนจะได้ฝึกการใช้ความรู้หาคำตอบและเขียนอธิบายคำตอบในรูปของข้อสรุปที่เป็นความคิดรวบยอดหรือมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนใช้มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์อธิบายคำตอบได้ ซึ่งช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนในการใช้มโนทัศน์ทาง

คณิตศาสตร์ อีกทั้งผู้เรียนสะท้อนการรู้คิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดเพื่อเขียนอธิบายคำตอบในรูปของข้อสรุปที่เป็นมโนทัศน์ และครูประเมินผลจากร่องรอยการเขียน ทำให้ครูสามารถตรวจสอบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด สามารถให้ตัวอย่างเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกตรวจสอบกระบวนการคิดเกี่ยวกับการเขียนอธิบายคำตอบในรูปของข้อสรุปที่เป็นความคิดรวบยอดของตนเองได้ และสอดคล้องกับ Klausmeier and Ripple (1971, p. 431) ที่กล่าวว่า ครูควรตั้งคำถามที่สนับสนุนให้ผู้เรียนรู้จักประเมินความคิดของตนเองว่าเข้าใจในความรู้ที่นั้นหรือไม่ซึ่งจะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องขึ้นจนครบถ้วนสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงเรื่องความเท่ากันทุกประการ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ponkwunchotica (2011, p. 128) ที่พบว่า มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะต้องแสดงเหตุผลและอภิปรายแนวคิดของข้อสรุปร่วมกันในชั้นเรียน โดยใช้เหตุผลในการพิจารณาคัดเลือกข้อสรุปที่เป็นมโนทัศน์อย่างสมเหตุสมผล นอกจากนี้ ยังฝึกแสดงเหตุผลประกอบคำตอบในงานและแบบฝึกหัด โดยที่ครูคอยใช้คำถามระดับสูงกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและใช้ภาษาในการอธิบายหรือแสดงเหตุผลประกอบคำตอบ ซึ่งมีขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ที่นำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) นักเรียนจะมีการสนทนา ปรีกษา และแสดงเหตุผลของตนเอง เพื่อให้เพื่อนนักเรียนในกลุ่มได้รับทราบหรือแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน และมีการใช้คำถามให้วิเคราะห์เพื่อให้นักเรียนเกิดการคิดให้เหตุผลที่อาศัยหลักการมากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เกิดความชัดเจนในการให้เหตุผลมากขึ้น โดยในขั้นนี้นักเรียนแต่ละคนจะได้ฝึกการอธิบายแนวคิดและให้เหตุผลสนับสนุนที่มาในการสร้างข้อสรุปภายในกลุ่มย่อย ซึ่งจะช่วยให้ส่งเสริมการคิดอย่างมีเหตุผลมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Thipkong (2002, p. 99) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีโอกาสและเป็นอิสระที่จะแสดงออกถึงความคิดเห็นในการใช้และให้เหตุผลของตนเองนั้นจะช่วยให้นักเรียนสามารถคิดอย่างมีเหตุผลและรู้จักให้เหตุผล และการใช้คำถามระดับสูงที่เป็นคำถามให้วิเคราะห์จะทำให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการอธิบายที่มาของแนวคิดและหาเหตุผลสนับสนุนของตนเองโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ได้ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งจะช่วยพัฒนาการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Mekanong (2011, p. 50) ที่กล่าวว่า ผู้สอนควรพยายามใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนมีอิสระในการแสดงเหตุผล นักเรียนจะได้อธิบายหรือชี้แจงเหตุผลด้วยตนเองจะช่วยให้ผู้เรียนทำกิจกรรมทางคณิตศาสตร์อย่างมีเหตุผล อีกทั้งผู้เรียนสะท้อนการรู้คิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดเพื่อพูดอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผลของแต่ละกลุ่ม จนเกิดเป็นเหตุผลที่ใช้สนับสนุนในการสร้างข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลได้ และครูประเมินผลจากการตอบคำถาม ทำให้ทราบว่านักเรียนมีการให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลหรือไม่ เพื่อฝึกให้ผู้เรียนตรวจสอบกระบวนการคิดเกี่ยวกับการให้และใช้เหตุผลของตนเอง ซึ่งจะช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่สมเหตุสมผลชัดเจนและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นอธิบาย (Explain) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดโดยการนำเสนอข้อสรุปของตนเองด้วยการพูดอธิบายความรู้และเหตุผลที่ใช้สนับสนุนในการสร้างข้อสรุป และมีการใช้คำถามให้สังเคราะห์เพื่อให้นักเรียนฝึกการคิดหาเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปหรือมโนทัศน์ที่สมเหตุสมผล ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนแต่ละคนจะได้ฝึกการอธิบายแนวคิดและใช้เหตุผลสนับสนุนในการสร้างข้อสรุประหว่างกลุ่มภายในชั้นเรียน ซึ่งจะช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Anganasaphatkachorn (2012, p. 131) ที่กล่าวว่า การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลควรเริ่มจาก

การส่งเสริมให้นักเรียนคิดอย่างมีเหตุผลจากบรรยากาศที่สนับสนุน ส่งเสริมให้นักเรียนได้พูดอธิบายและแสดงเหตุผลของแนวคิดอย่างมีอิสระ และเปลี่ยนแนวคิดหรือคำตอบและชี้แจงเหตุผลร่วมกัน และการใช้คำถามระดับสูงที่เป็นคำถามให้สังเคราะห์จะทำให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิด และหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผลที่ใช้สนับสนุนในการสร้างข้อสรุปหรือโน้ตสโนของแต่ละกลุ่ม จนได้ลักษณะการใช้เหตุผลร่วมกันทำให้ผู้เรียน เกิดการใช้เหตุผลโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ประกอบการสร้างข้อสรุปที่เป็นความคิดรวบยอดได้อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งจะช่วยพัฒนาการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น อีกทั้งผู้เรียนสะท้อนการรู้คิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดเพื่อพูดอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผลของแต่ละกลุ่ม จนเกิดเป็นเหตุผลที่ใช้สนับสนุนในการสร้างข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลได้ และครูประเมินผลจากการตอบคำถาม ทำให้ทราบว่านักเรียนมีการให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลหรือไม่ เพื่อฝึกให้ผู้เรียนตรวจสอบกระบวนการคิดเกี่ยวกับการให้และใช้เหตุผลของตนเอง ซึ่งจะช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่สมเหตุสมผลชัดเจนและคลอบคลุมมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 3 ขยายความรู้ (Extend) ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้หรือโน้ตสโนที่ได้ไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ๆ ที่น่าสนใจในชีวิตประจำวัน โดยการทำใบงานเพื่อฝึกการให้เหตุผลประกอบคำตอบมากขึ้น และมีการใช้คำถามให้ประยุกต์ในใบงานเพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมได้ให้เหตุผลยืนยันคำตอบในสถานการณ์ชีวิตประจำวัน และมีการใช้คำถามให้ประเมินค่าเพื่อจำลองเหตุการณ์ที่นักเรียนต้องใช้เหตุผลตัดสินใจสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน รวมถึงสามารถใช้เหตุผลประเมินคำตอบได้ว่าเหตุการณ์ที่กำหนดให้เป็นจริงหรือเป็นเท็จ ซึ่งในขั้นตอนนี้ นักเรียนแต่ละคนมีโอกาสดแสดงเหตุผลของตนเองได้อย่างเต็มที่ โดยเป็นการนำความรู้หรือโน้ตสโนที่ได้มาเป็นเหตุผลประกอบคำตอบ เพื่อให้คำตอบนั้นสมเหตุสมผลมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยพัฒนาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้ และการใช้คำถามระดับสูงที่เป็นคำถามให้ประยุกต์และคำถามให้ประเมินค่านักเรียนแต่ละคนจะได้ฝึกการเขียนแสดงเหตุผลประกอบคำตอบหรือแสดงเหตุผลประกอบการตัดสินใจในรูปของข้อสรุปที่เป็นความคิดรวบยอดหรือโน้ตสโน ทำให้ผู้เรียนใช้โน้ตสโนทางคณิตศาสตร์ประกอบคำตอบได้ ซึ่งจะช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลของผู้เรียนยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Makanong (2011, p. 50) ที่กล่าวว่า ครูควรพยายามใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงเหตุผล เช่น “ทำไม” “เพราะอะไร” “ถ้าเงื่อนไขบางอย่างเปลี่ยนไป จะเกิดอะไรขึ้น รู้ได้อย่างไร” และครูควรตั้งคำถามให้นักเรียนใช้เหตุผลได้อย่างต่อเนื่อง จะช่วยพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างสมเหตุสมผล อีกทั้งผู้เรียนจะต้องสะท้อนการรู้คิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดเพื่อเขียนแสดงเหตุผลประกอบคำตอบหรือตัดสินใจเหตุการณ์ และครูประเมินผลจากร่องรอยการเขียน ทำให้ครูสามารถตรวจสอบได้ว่านักเรียนมีการแสดงเหตุผลประกอบคำตอบได้อย่างสมเหตุสมผลหรือไม่ ทำให้ตัวอย่างการแสดงผลเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบกระบวนการคิดเกี่ยวกับการเขียนแสดงเหตุผล ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนใช้และให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผลมากยิ่งขึ้น

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงเรื่องความเท่ากันทุกประการ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chompoo (2013, p. 120) ที่พบว่าความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ครูควรมีการใช้คำถามนำก่อน แล้วค่อยเพิ่มเป็นคำถามระดับสูง เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิดที่สูงขึ้น เพื่อใช้ในการสร้างโน้ตสโนทางคณิตศาสตร์และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

1.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงในเรื่อง ความเท่ากันทุกประการของรูปสามเหลี่ยม ในขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Explore) ครูควรให้เวลากับนักเรียนในการใช้ไม้โปรแทรกเตอร์วัดมุมและด้านของรูปสามเหลี่ยมที่กำหนดให้ ไม่ควรรีบบอกเพื่อให้ นักเรียนได้ฝึกการสำรวจและค้นหาข้อมูลด้วยตนเอง ครูควรเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้อง และให้คำแนะนำหากนักเรียนเกิดข้อสงสัย

1.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ครูควรเน้นการสอนเรื่องความเท่ากันทุกประการ ในหัวข้อความเท่ากันทุกประการของรูปสามเหลี่ยมที่ตรวจสอบโดยใช้ด้านคู่ที่สมนัยกันและมุมคู่ที่สมนัยกัน อันเนื่องมาจากนักเรียนมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยมีนัยทางคณิตศาสตร์และทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในหัวข้อนี้ต่ำกว่าหัวข้ออื่นๆ

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการวิจัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ไปใช้พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ร่วมกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านอื่นๆ เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา เนื่องจากขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนจะต้องนำองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นด้วยตนเองไปใช้ในขั้นขยายความรู้ และใช้วิธีการต่างๆ ในการหาคำตอบในสถานการณ์ที่ครูตั้งคำถามขึ้น ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ดังกล่าว น่าจะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดี

2.2 ควรมีการวิจัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง กับนักเรียนในระดับชั้นอื่นๆ เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยกิจกรรมที่จัดขึ้นในแผนการจัดการเรียนรู้ จะเน้นให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้หรือสร้างความรู้ใหม่ๆ ด้วยตนเอง หากเป็นนักเรียนในระดับชั้นที่ต่ำกว่า อาจจะต้องปรับกิจกรรมให้เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน เพื่อพัฒนานักเรียนที่มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ต่ำ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

References

- Anganasaphatkachorn, V. (2012). *Complete Equipment: Matters should be known for mathematics teachers on curriculum, Teaching and research*. Bangkok: Charan Sanitwong Printing. [in Thai]
- Chaisuwanathawee, C. (1999). *Mathematics teaching*. Bangkok: Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Srinakharinwirot University. [in Thai]
- Chompoo, C. (2013). *The effects of organizing mathematics learning activities using the 4e × 2 instructional model on mathematical concept and reasoning ability of twelfth grade students* (Master thesis). Chon Buri: Burapha University. [in Thai]
- Jenjit, P. C. (2002). *Teaching psychology*. Bangkok: Methi Thip. [in Thai]
- Khamwachirapitak, R. (1995). *Teaching psychology*. Bangkok: Sukhothaimathirath University Press. [in Thai]
- Klausmeier, H. J., & Ripple, R. E. (1971). *Learning and human abilities* (3rd ed.). New York: Harper International Edition.
- Maensanguan, S. (2013). *Mathematics teaching behavior 2* (2nd ed.). Bangkok: Ramkhamhaeng University. [in Thai]
- Makanong, A. (2003). *Mathematics: Teaching and learning*. Bangkok: Chulalongkorn University Press. [in Thai]
- Makanong, A. (2011). *Mathematical skills and processes* (2nd ed.). Bangkok: Chulalongkorn University Press. [in Thai]
- Marshall, J. C., Horton, C., & Smart, J. (2009). 4E×2 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. (2003). *Indicators and Core content, mathematics learning area, according to the Basic Education Curriculum 2008*. Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand. [in Thai]

- Natenimit, D. (2015). *The effects of instructional inquiry model (5es) and high-order questions on mathematical reasoning ability and mathematical concept of function of mathayomsuksa iv students* (Master thesis). Chon Buri: Burapha University. [in Thai]
- Osothphasom, K., & Wangkunklang, B. (2018, January 15). Teacher, Ban Suan School (Chan Anusorn). *Interviews*. [in Thai]
- Pattanatrakulsuk, K. (2003). The Teaching of mathematics at the secondary level of Thailand actually fails. *Journal of Mathematics*, 46(530-532), 54-58. [in Thai]
- Pengsrikote, S. (2006). That question is important. *Journal of Management Science Pibulsongkram Rajabhat University*, 105(5), 58-61. [in Thai]
- Ponkwunchotica, S. (2011). *Effects of organizing mathematics learning activities using 4E x 2 instructional model on mathematical concept and solving ability of ninth grade students* (Master thesis). Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]
- Rowan, T. E., & Morrow, L. J. (1993). *Implementing K-8 curriculum and evaluation standards: Reading from the arithmetic teacher*. Virginia: The National Council of teachers of Mathematics.
- Russell, S. J. (1999). Mathematical reasoning in the elementary grades. In L. V. Stiff & F. R. Curcio (Eds.), *Developing mathematical reasoning, K-12*. Reston Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2012). *Mathematical skills and processes*. 3rd Ed. Bangkok: 3-Q Media. [in Thai]
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2017). *Trends in International Mathematics and Science Study 2015*. Retrieved February 12, 2018, from <http://timssthailand.ipst.ac.th/timss/reports> [in Thai]
- The National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, National Council of Teachers of Mathematics.
- Thipkong, S. (2001). *Mathematics Teaching Research*. Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University. [in Thai]
- Thipkong, S. (2002). *Mathematics Curriculum and Instruction*. Bangkok: Academic Quality Development Institute. [in Thai]
- Trisrichanama, W. (1994). Some concept related to concept. *Curriculum Development Substance*, 113, 49-51. [in Thai]
- Wonglekha, F. (2010). *Learning mathematics: the necessity that should not be overlooked*. Retrieved April 4, 2018, from <http://social.obec.go.th/node/22>