



วารสารอิเล็กทรอนิกส์
ทางการศึกษา

OJED, Vol. 12, No. 1, 2017, pp. 307 - 323

OJED

An Online Journal
of Education

<http://www.edu.chula.ac.th/ojed>

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ที่มีต่อ
ความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5
EFFECTS OF ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITIES USING A FOUR-POINT
INSTRUCTIONAL MODEL ON MATHEMATICAL REASONING AND COMMUNICATION
ABILITIES OF ELEVENTH GRADE STUDENTS

นายไตรภพ คงเสน *

Traipop Khongsen

อ.ดร.ไพโรจน์ น่วมนุญ **

Pairot Noumnom, Ed.D.

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน 2) เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์กับกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒารามในพระบรมราชินูปถัมภ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 เป็นกลุ่มทดลอง 44 คน และกลุ่มควบคุม 36 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์มีความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์มีความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

* นิสิธมหาบัณฑิตสาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
E-mail Address: t.khongsen@hotmail.com

** อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
E-mail Address: pairorj_m@yahoo.com

ISSN 1905-4491

Abstract

The purpose of the research were: 1) to compare the mathematical reasoning and communication abilities of students before and after being taught by learning activities using a four-point instructional model; and 2) to compare the mathematical reasoning and communication abilities of students being taught by learning activities using a four-point instructional model as well as by using a conventional approach. The subjects were eleventh grade students of Mahaprutaram Girls' School under the Royal Patronage of her Majesty the Queen in the second semester of academic year 2016. There were 44 students in the experimental group and 36 students in the control group. The instruments of data collection were mathematical reasoning ability tests and mathematical communication ability tests. The experimental instruments constructed by the researcher were lesson plans using a four-point instructional model, as well as a conventional lesson plan. The data was analyzed by means of arithmetic mean, standard deviation, and t-test.

The results of the study revealed that: 1) the mathematical reasoning and communication abilities of students in the experimental group after learning were higher than before learning at a .05 level of significance; and 2) the mathematical reasoning and communication abilities of students in the experimental group were higher than those of students in the control group at a .05 level of significance.

คำสำคัญ: รูปแบบการเรียนการสอนโฟร์พอยท์/ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์/ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

KEYWORDS: A FOUR-POINT INSTRUCTIONAL MODEL/ MATHEMATICAL REASONING ABILITY/ MATHEMATICAL COMMUNICATION ABILITY

บทนำ

คณิตศาสตร์มีความสำคัญยิ่งสำหรับการพัฒนาคนเพื่อนำไปสู่การพัฒนาความเจริญในด้านต่าง ๆ การจัดการศึกษาด้านคณิตศาสตร์จึงมุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ (อัมพร ม้าคนอง, 2557) คณิตศาสตร์ยังช่วยพัฒนาให้แต่ละบุคคลเป็นคนที่มีสมบูรณ์ เป็นพลเมืองดี เพราะคณิตศาสตร์ช่วยส่งเสริมความมีเหตุผล ความเป็นคนช่างคิด มีระบบระเบียบในการคิด มีการวางแผนในการทำงาน ตลอดจนมีลักษณะของความเป็นผู้นำในสังคม (สิริพร ทิพย์คง, 2545) จากความสำคัญของคณิตศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จึงกำหนดให้คณิตศาสตร์เป็นสาระหลัก มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความเข้าใจในคณิตศาสตร์พื้นฐานพร้อมทั้งสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ได้ รวมถึงมีทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551) อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ยังไม่ประสบความสำเร็จ เห็นได้จากผลการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี ในโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ หรือ PISA (Programme for International Student Assessment)

ที่เน้นการนำคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนมาไปใช้ในสถานการณ์ของชีวิตจริง ผลการประเมินของนักเรียนไทยใน PISA 2012 มีคะแนนคณิตศาสตร์เฉลี่ย 427 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยนานาชาติที่มีคะแนนเฉลี่ย 494 คะแนน และยังพบว่าผลการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยมีแนวโน้มลดต่ำลง (สสวท., 2557) ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 4 และมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ หรือ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) ที่ประเมินทั้งด้านเนื้อหาวิชา และด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ ผลการประเมินของนักเรียนไทยประถมศึกษาปีที่ 4 ใน TIMSS 2011 มีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ 458 คะแนน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ 427 คะแนน ซึ่งต่างก็ต่ำกว่าค่ากลางของการประเมินคือ 500 คะแนน (สสวท., 2554) และจากผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับชาติ (O-NET) ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประจำปีการศึกษา 2558 ที่นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยในวิชาคณิตศาสตร์ 32.40 คะแนน และตั้งแต่ปีการศึกษา 2551 - 2558 พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในวิชาคณิตศาสตร์ต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม (ไทยรัฐออนไลน์, 2559) ข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนไทยจำนวนไม่น้อยยังด้อยความสามารถเกี่ยวกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ปัญหาดังกล่าวทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในชีวิตประจำวัน และในการศึกษาต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สสวท., 2551) จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน โดยเฉพาะความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนคณิตศาสตร์

ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่อย่างหลากหลายในการทำทำความเข้าใจแนวคิด ค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด สร้างข้อสรุปหรือข้อสนับสนุนเกี่ยวกับแนวคิด (O'Daffer & Thornquist, 1993) การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญทั้งในการเป็นเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์และการดำรงชีวิตของมนุษย์ (Baroody & Coslick, 1993) ผลการวิจัยจำนวนมากยืนยันว่าการสอนให้นักเรียนเข้าใจหลักการอย่างมีเหตุผลเป็นสิ่งที่ดีกว่าการสอนให้จำ การเรียนคณิตศาสตร์ในลักษณะที่มีความเป็นเหตุเป็นผลจะส่งผลให้นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์เกิดความมั่นใจและสามารถที่จะค้นพบสิ่งใหม่ ๆ ได้ด้วยตนเอง (ปิยวดี วงษ์ใหญ่, 2548) นอกจากนี้การให้เหตุผลและการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์นั้นจะเป็นแนวทางในการพัฒนาให้เกิดการแสดงออกถึงความเข้าใจอันลึกซึ้งซึ่งเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง (National Council of Teachers of Mathematics, 2000) อีกทั้งความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ยังเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นความสามารถของนักเรียนในการใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงและทำความเข้าใจแนวคิด โดยนักเรียนจะเข้าใจความคิดของตนเองอย่างลึกซึ้งเมื่อนักเรียนได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของตน ได้พิสูจน์ความมีเหตุผลต่อคนอื่น หรือเมื่อนักเรียนได้ตั้งโจทย์หรือคำถาม ด้วยวิธีการสื่อสารที่หลากหลาย เช่น การเขียน การฟัง การพูด (NCTM, 1989) สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกาได้กล่าวว่า “การสื่อสารและการนำเสนอต้องเป็นจุดเน้นที่สำคัญของการเรียนการ

สอนคณิตศาสตร์” (สสท., 2555) สอดคล้องกับ Kennedy and Tipps (1994) ที่ว่า เป้าหมายที่สำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ก็คือ ให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพราะการสื่อสารจะเป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างข้อมูล ความรู้ และสิ่งที่เป็นามธรรมไปสู่สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ผ่านมายังไม่ได้เน้นเรื่องการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มากนัก ผู้เรียนจึงยังมีความสามารถในด้านนี้ไม่ดีพอ จะเห็นได้จากการที่ผู้เรียนจำนวนมากไม่สามารถนำเสนอข้อมูลให้ผู้อื่นเห็นภาพรวมหรือเข้าใจประเด็นสำคัญ ๆ ของสิ่งที่ต้องการนำเสนอได้ สิ่งเหล่านี้แสดงถึงปัญหาในการสื่อสาร การพัฒนาผู้เรียนให้สามารถสื่อสาร สื่อความหมาย และนำเสนอให้ผู้อื่นเข้าใจได้จึงมีความจำเป็น (อัมพร ม้าคอง, 2553)

จากความสำคัญของความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว ผู้วิจัยจึงศึกษารูปแบบการเรียนการสอนเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้พบรูปแบบการเรียนการสอนที่น่าสนใจคือ รูปแบบการเรียนการสอนโฟร์พอยท์ (A Four-Point Instructional Model)

รูปแบบการเรียนการสอนโฟร์พอยท์ ถูกพัฒนาขึ้นโดย Manouchehri (2001: 180 - 186) เพื่อตอบสนองข้อเสนอแนะของสภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM, 2000) ที่มีเป้าหมายให้นักเรียนได้คิดและทำงานเหมือนนักคณิตศาสตร์คือ สำรวจข้อมูล (explore) สร้างข้อคาดการณ์ (experiment) แก้ปัญหา (solve problems) และตั้งปัญหา (pose problems) รูปแบบการเรียนการสอนโฟร์พอยท์จึงมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ทำการสืบสอบ (inquiry) ผ่านกิจกรรมการตั้งปัญหาและการแก้ปัญหา ร่วมกับการสนทนาหรืออภิปรายกับผู้อื่น โดยผู้สอนคอยใช้คำถามในการแนะหรือคำถามปลายเปิดเพื่อนำทางการเรียนรู้ของนักเรียนให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ครูวางไว้ ซึ่งมีระยะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4 ระยะ ดังนี้ **ระยะที่ 1 การตั้งปัญหาในกลุ่มใหญ่ (Large-group problem posing)** ในระยะนี้นักเรียนจะได้ฝึกสำรวจข้อมูลและตั้งคำถาม โดยครูกำหนดข้อมูลให้นักเรียนสำรวจและตั้งคำถามที่สอดคล้องแล้วนำเสนอต่อชั้นเรียน ซึ่งครูอาจใช้คำถามในการแนะหรือคำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนขยายคำถามให้มีความยากที่เหมาะสม จากนั้นนักเรียนเลือกคำถามที่สนใจแล้วสร้างเป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อนำไปใช้ในระยะต่อไป **ระยะที่ 2 การแก้ปัญหาในกลุ่มเล็ก (Small-group problem solving)** ในระยะนี้นักเรียนจะได้ฝึกสร้างข้อคาดการณ์และแก้ปัญหาเป็นกลุ่มย่อย โดยครูใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มฝึกสร้างข้อคาดการณ์เกี่ยวกับแนวคิดหรือคำตอบของปัญหาที่ถูกเลือกจากระยะที่ 1 แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือแก้ปัญหา โดยครูคอยใช้คำถามในการแนะเพื่อให้นักเรียนแก้ปัญหาได้ หรือใช้คำถามปลายเปิดเพื่อขยายแนวคิดของนักเรียน **ระยะที่ 3 การอภิปรายผลในกลุ่มใหญ่เกี่ยวกับการค้นพบของนักเรียน (Large-group discussion about the students' findings and discoveries)** ในระยะนี้นักเรียนจะได้ฝึกสำรวจแนวคิด ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดหรือคำตอบ และตั้งคำถามที่สงสัย โดยครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดและคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาต่อชั้นเรียน ครูใช้คำถามปลายเปิดกระตุ้นให้นักเรียนคนอื่นตั้งคำถามที่สงสัยหรือเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวคิดหรือคำตอบที่กลุ่มนำเสนอใช้ จากนั้นครูให้นักเรียนสรุปแนวคิดที่ได้เรียนรู้ **ระยะที่ 4 การมอบหมายภาระงานและโครงการเพิ่มเติม (Extended**

assignments and projects) ในระยะนี้นักเรียนจะได้ฝึกสำรวจข้อมูล สร้างข้อคาดการณ์ และแก้ปัญหาในบริบทอื่น โดยครูมอบหมายให้นักเรียนแก้ปัญหาอื่น ซึ่งครูอาจตั้งขึ้นใหม่หรือใช้ปัญหาที่เหลือจากระยะที่ 1 จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยปัญหาดังกล่าว จากการศึกษารูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ พบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากรูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์อาศัยแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการสืบสอบ (inquiry) และคำถามปลายเปิด (opened-question) ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดดังกล่าวที่พัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (เจนสมุทร แสงพันธ์, 2548; พิชาณิกา เพชรสังข์, 2556; เสาวรัตน์ รามแก้ว, 2552) อีกทั้งในแต่ละระยะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ยังส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกใช้เหตุผลและฝึกการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เห็นได้จากในระยะที่ 1 นักเรียนจะได้ฝึกใช้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลกับความรู้มาตั้งคำถาม ในระยะที่ 2 และ 3 นักเรียนจะได้ฝึกให้เหตุผลเพื่อยืนยันหรือคัดค้านแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหของตนเองหรือของผู้อื่น และในระยะที่ 4 นักเรียนจะได้ฝึกแก้ปัญหาในบริบทอื่น โดยผ่านการพูดหรือเขียน

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผลการวิจัยที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สอนหรือผู้สนใจเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในเนื้อหาอื่น หรือเพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในด้านอื่นที่นอกเหนือจากความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์กับกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์กับกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Study) ประกอบด้วย กลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม และกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม โดยมีรูปแบบของการทดลองแสดงได้ดังนี้

ตาราง 1 รูปแบบของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง	การทดสอบก่อนการทดลอง	การทดลอง	การทดสอบหลังการทดลอง
E	- ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ - ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	X	- ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ - ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
C	- ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ - ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	~X	- ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ - ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการวิจัย

E แทน กลุ่มทดลอง (Experimental Group)

C แทน กลุ่มควบคุม (Control Group)

X แทน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์

~X แทน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ

กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนหญิงมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมในสังกัดคณะกรรมการศึกษาธิการจังหวัด (กศจ.) กรุงเทพมหานคร สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้การเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒารามในพระบรมราชินูปถัมภ์ โรงเรียนมัธยมในสังกัดคณะกรรมการศึกษาธิการจังหวัด (กศจ.) กรุงเทพมหานคร สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่มีนักเรียนทุกระดับความสามารถ โดยสุ่มเลือกมาสองห้องให้ห้องหนึ่งเป็นห้องทดลอง และอีกห้องเป็นห้องควบคุม โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้ 1) นำคะแนนสอบปลายภาครายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน 3 (ค32101) ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จากทั้งหมด 10 ห้อง มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) 2) เลือกนักเรียนสองห้องเป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยการพิจารณาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ที่มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ได้แก่นักเรียนห้อง ม.5/3 และ ม.5/4 3) นำ

ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของนักเรียนทั้งสองห้องมาทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ค่าเอฟ (F-test) ซึ่งผลการทดสอบพบว่า ความแปรปรวนของคะแนนสอบของนักเรียนทั้งสองห้องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากนั้นทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของนักเรียนทั้งสองห้องด้วยค่าที (t- independent samples test) พบว่าค่าเฉลี่ยเลขคณิตของนักเรียนทั้งสองห้องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่านักเรียนทั้งสองห้องมีความรู้รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานไม่แตกต่างกัน 4) จัดสลากเพื่อจัดกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลปรากฏว่า นักเรียนห้อง ม. 5/3 เป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ และนักเรียนห้อง ม.5/4 เป็นกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ ครอบคลุมเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง ความน่าจะเป็น จำนวน 15 แผน รวมทั้งสิ้น 15 คาบ คาบละ 50 นาที

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 2.1) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนการทดลอง มีค่าความเที่ยงเป็น 0.618 ค่าความยากตั้งแต่ 0.37-0.70 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.29-0.54 2.2) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังการทดลอง มีค่าความเที่ยงเป็น 0.645 ค่าความยากตั้งแต่ 0.27-0.48 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.33-0.46 2.3) แบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนการทดลอง มีค่าความเที่ยงเป็น 0.714 ค่าความยากตั้งแต่ 0.24-0.34 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25-0.40 2.4) แบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังการทดลอง มีค่าความเที่ยงเป็น 0.779 ค่าความยากตั้งแต่ 0.33-0.50 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.33-0.47 ซึ่งแบบวัดทั้ง 4 ฉบับข้างต้นเป็นข้อสอบอัตนัย และแต่ละฉบับมี 4 ข้อ ใช้เวลาทำฉบับละ 50 นาที

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ

1.1 สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับกลุ่มตัวอย่าง เรื่อง ความน่าจะเป็น รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน มัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์เพื่อใช้สำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติเพื่อใช้สำหรับกลุ่มควบคุม

1.2 จัดเตรียมสื่อ อุปกรณ์ และเอกสารที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกลุ่มตัวอย่าง

1.3 ทำหนังสือขอความร่วมมือในการทำวิจัยจากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อขอความร่วมมือในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลถึงผู้อำนวยการโรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒารามในพระบรมราชินูปถัมภ์

2. ขั้นตอนการทดลอง

2.1 ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลอง โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทำการทดสอบก่อนการทดลอง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนการทดลอง และแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนการทดลอง เมื่อนักเรียนทำแบบวัดเสร็จ ผู้วิจัยตรวจให้คะแนน

2.2 ดำเนินการทดลองการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์กับกลุ่มทดลองจำนวนทั้งสิ้น 15 คาบ คาบละ 50 นาที และดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติกับกลุ่มควบคุมจำนวนทั้งสิ้น 15 คาบ คาบละ 50 นาที

2.3 ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังการทดลอง โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทำการทดสอบหลังการทดลอง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังการทดลอง และแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังการทดลอง เมื่อนักเรียนทำแบบวัดเสร็จ ผู้วิจัยตรวจให้คะแนน

3. ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 การศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ จำนวน 2 ครั้ง ครั้งแรกคือก่อนการทดลอง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนการทดลอง และครั้งที่สองคือหลังการทดลอง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังการทดลอง

3.2 การศึกษาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ จำนวน 2 ครั้ง ครั้งแรกคือก่อนการทดลอง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนการทดลอง และครั้งที่สองคือหลังการทดลอง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำผลจากการทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มาตรวจให้คะแนนและดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for Social Science: SPSS) ดังนี้

1. เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน โดยนำคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t-paired samples test) ได้ผลดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และค่าที (t-paired samples test) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน (คะแนนเต็ม 24 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	$\bar{x}$	S	t	Sig.
ก่อนเรียน	12.75	3.243	10.792	.000*
หลังเรียน	19.32	3.233		

* $p < .05$

จากตาราง 2 พบว่าคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 12.75 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.243 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 19.32 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.233 และผลการทดสอบค่าที (t-paired sample test) เท่ากับ 10.792 สรุปได้ว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยนำคะแนนสอบหลังเรียนจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t-independent samples test) ได้ผลดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และค่าที (t-independent samples test) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (คะแนนเต็ม 24 คะแนน)

กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{x}$	S	t	Sig.
กลุ่มทดลอง	19.32	3.233	3.416	.000*
กลุ่มควบคุม	16.61	3.857		

* $p < .05$

จากตาราง 3 พบว่าคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 19.32 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.233 และกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 16.61 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.857 และผลการทดสอบค่าที (t-independent sample test) เท่ากับ 3.416 สรุปได้ว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. เปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน โดยนำคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนจากแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t-paired samples test) ได้ผลดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และค่าที (t-paired samples test) ของคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน (คะแนนเต็ม 36 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	$\bar{x}$	S	t	Sig.
ก่อนเรียน	15.55	5.593	9.616	.000*
หลังเรียน	25.34	6.335		

* $p < .05$

จากตาราง 4 พบว่าคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 15.55 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.593 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 25.34 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.335 และผลการทดสอบค่าที (t-paired sample test) เท่ากับ 9.616 สรุปได้ว่า ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. เปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยนำคะแนนสอบหลังเรียนจากแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t-independent samples test) ได้ผลดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และค่าที (t-independent samples test) ของคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (คะแนนเต็ม 36 คะแนน)

กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{x}$	S	t	Sig.
กลุ่มทดลอง	25.34	6.335	2.074	.021*
กลุ่มควบคุม	22.83	4.450		

* $p < .05$

จากตาราง 5 พบว่าคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 25.34 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.335 และนักเรียนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 22.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.450 และผลการทดสอบค่าที (t-independent sample test) เท่ากับ 2.074 สรุปได้ว่า ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย

1. นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์มีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์มีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์มีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์มีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยนำเสนอการอภิปรายผลการวิจัยเป็น 2 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ มีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ มีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจมีเหตุผลสนับสนุนดังนี้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูลและหาความสัมพันธ์ อธิบายแนวคิดและเหตุผลประกอบแนวคิดที่ใช้ใน

การแก้ปัญหาของปัญหาที่สนใจ โดยครูเป็นผู้กระตุ้นด้วยคำถามปลายเปิดให้นักเรียนได้คิดและใช้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผลตลอดการจัดกิจกรรมทั้ง 4 ระยะ ดังนี้ **ระยะที่ 1 การตั้งประเด็นปัญหาในกลุ่มใหญ่** นักเรียนได้สำรวจข้อมูลในบริบทที่หลากหลาย ใช้ความรู้ที่ได้เรียนมามาวิเคราะห์ข้อมูล สร้างข้อความคาดการณ์ในลักษณะของคำถามที่สอดคล้องกับข้อมูล สอดคล้องกับแนวคิดของ สสวท. (2547) ที่ได้กล่าวไว้สรุปได้ว่า เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ และสร้างข้อคาดเดาบนพื้นฐานของการคิดอย่างมีเหตุผล **ระยะที่ 2 การแก้ปัญหาในกลุ่มเล็ก** นักเรียนได้ค้นหาแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาของปัญหาที่ถูกเลือกในระยะที่ 1 ซึ่งเป็นปัญหาที่ถูกปรับให้มีความยากที่เหมาะสมแล้ว สอดคล้องกับแนวคิดของ สสวท. (2545) ที่กล่าวไว้สรุปได้ว่า องค์ประกอบหลักอย่างหนึ่งที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถคิดอย่างมีเหตุผลและรู้จักการให้เหตุผล คือ ควรให้ผู้เรียนได้พบกับโจทย์หรือปัญหาที่ผู้เรียนสนใจซึ่งเป็นปัญหาที่ไม่ยากเกินความสามารถของผู้เรียนที่จะคิดและให้เหตุผล อีกทั้งนักเรียนได้อธิบายแนวคิดและเหตุผลประกอบแนวคิดของตนที่ใช้ในการแก้ปัญหา ได้แย้งหรือสนับสนุนแนวคิดหรือข้อสรุปของผู้อื่นโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หรือความรู้ที่ได้เรียนมาเพื่อแสดงความสมเหตุสมผล สอดคล้องกับแนวคิดของ Rowan and Morrow (1993) ที่กล่าวไว้สรุปได้ว่า แนวทางในการพัฒนาการให้เหตุผลครูควรจัดบรรยากาศที่ส่งเสริมหรือสนับสนุนให้นักเรียนได้พูดอธิบายและแสดงเหตุผลของแนวคิด **ระยะที่ 3 การอภิปรายผลในกลุ่มใหญ่เกี่ยวกับการค้นพบของนักเรียน** นักเรียนแต่ละกลุ่มได้แลกเปลี่ยนแนวคิดหรือข้อค้นพบที่ได้จากการแก้ปัญหา ได้แย้งหรือสนับสนุนแนวคิดของกลุ่มอื่น สรุปแนวคิดหรือข้อค้นพบที่ได้ด้วยภาษาของตนเอง **ระยะที่ 4 การมอบหมายภาระงานและโครงการเพิ่มเติม** นักเรียนได้ฝึกวิเคราะห์ข้อมูลและความสัมพันธ์ของข้อมูลในบริบทอื่น ๆ ฝึกใช้แนวคิดหรือข้อค้นพบที่ได้เรียนรู้ มาเป็นแนวทางในการค้นหาแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาอื่นในบริบทที่หลากหลาย

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ที่กล่าวมาข้างต้น นักเรียนได้ใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์แทรกไปในทุกระยะของการจัดกิจกรรม ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ NCTM (2000) ที่กล่าวไว้สรุปได้ว่า การพัฒนาการให้เหตุผลควรจัดสภาพการณ์ให้นักเรียนได้คิด ได้ให้เหตุผลในชั้นเรียน และส่งเสริมบรรยากาศการคิดอย่างมีเหตุผล และสอดคล้องกับแนวคิดของ Guilford and Hoepfner (1971) ที่กล่าวว่า การพัฒนาบุคคลให้มีความสามารถในการให้เหตุผลนั้นต้องเริ่มจากการส่งเสริมให้บุคคลได้คิดอย่างมีเหตุผล แต่ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกตินั้น นักเรียนได้วิเคราะห์โจทย์ปัญหาและแก้ปัญหาด้วยตัวเองแต่ไม่ต่อเนื่อง เพราะในบางครั้งครูเป็นผู้วิเคราะห์โจทย์ปัญหาและอธิบายแนวคิดหรือวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาเสียเอง ทำให้นักเรียนไม่ได้ฝึกวิเคราะห์โจทย์ปัญหาหรืออธิบายแนวคิดหรือวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้นักเรียนกลุ่มนี้ไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์หรือข้อสรุปได้ และไม่สามารถยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุปได้ ส่งผลให้นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พ้อยท์ มีความสามารถในการให้เหตุผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ

ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับบทความของ Manouchehri (2001) ที่ได้ยกตัวอย่าง การนำรูปแบบการเรียนการสอนโพร์พ้อยท์ไปใช้กับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ในการสอนเรื่องทฤษฎีจำนวนของครูเอสพบว่านักเรียนมีพัฒนาการของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical thinking) เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และสอดคล้องกับงานวิจัยที่มีแนวคิดใกล้เคียงกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พ้อยท์ของพีชาณิกา เพชรสังข์ (2556) ที่ทำการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 5E ร่วมกับคำถามปลายเปิด ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ รวมทั้งความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้นอีกด้วย และสอดคล้องกับงานวิจัยของเสาวรัตน์ รามแก้ว (2552) ที่ทำการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การสืบสอบแนะแนวทางที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบปกติ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์พัฒนาขึ้นอย่างเป็นลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของเจนสมุทร แสงพันธ์ (2548) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้คำถามปลายเปิดในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเชียงใหม่พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ดีขึ้น ซึ่งหนึ่งในทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ก็คือการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พ้อยท์ มีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พ้อยท์ มีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจมีเหตุผลสนับสนุนดังนี้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พ้อยท์ เป็นการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ค้นหาแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่สนใจ และแสดงแนวคิดดังกล่าวต่อผู้อื่นผ่านการพูดและการเขียน โดยครูเป็นผู้กระตุ้นด้วยคำถามปลายเปิดให้นักเรียนได้คิดและแสดงแนวคิดของตนเองต่อผู้อื่นตลอดการจัดกิจกรรมทั้ง 4 ระยะ ดังนี้ **ระยะที่ 1 การตั้งปัญหาในกลุ่มใหญ่** นักเรียนได้พูดหรือเขียนเพื่อนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและคำถามที่ตนตั้งขึ้นต่อชั้นเรียน **ระยะที่ 2 การแก้ปัญหาในกลุ่มเล็ก** นักเรียนได้ค้นหาแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาของปัญหาที่ถูกเลือกในระยะที่ 1 ซึ่งเป็นปัญหาที่ถูกปรับให้มีความยากที่

เหมาะสมแล้ว สอดคล้องกับแนวคิดของ กรมวิชาการ (2546) ที่กล่าวไว้สรุปได้ว่า แนวทางหนึ่งในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาให้นักเรียนเกิดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ คือ ให้นักเรียนได้พบกับโจทย์ปัญหาที่น่าสนใจและเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน นอกจากนี้นักเรียนยังได้พูดหรือเขียนเพื่อนำเสนอแนวคิดของตนที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่อกลุ่ม รับฟังแนวคิด ข้อโต้แย้งหรือข้อสนับสนุนของสมาชิกในกลุ่ม สอดคล้องกับแนวคิดของ Rowan and Morrow (1993) ที่กล่าวไว้สรุปได้ว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สำรวจแนวคิดอธิบายแนวคิดกันในกลุ่มเป็นการส่งเสริมความสามารถในการสื่อสาร **ระยะที่ 3 การอภิปรายผลในกลุ่มใหญ่เกี่ยวกับการค้นพบของนักเรียน** นักเรียนแต่ละกลุ่มได้นำเสนอขั้นตอนและแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่อชั้นเรียนผ่านการพูดและการเขียนอธิบาย สรุปแนวคิดหรือข้อค้นพบที่ได้ด้วยภาษาของตนเอง **ระยะที่ 4 การมอบหมายภาระงานและโครงการเพิ่มเติม** นักเรียนได้นำเสนอแนวคิดหรือวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาของโจทย์ปัญหาในบริบทอื่น ๆ

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ที่กล่าวมาข้างต้นนั้น นักเรียนได้คิดและแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์แทรกไปในทุกระยะของการจัดกิจกรรม โดยมีคำถามปลายเปิดของครูเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและแสดงแนวคิดออกมา ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Rowan and Morrow (1993) ที่กล่าวไว้สรุปได้ว่า แนวทางหนึ่งในการพัฒนาการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ คือ ครูควรใช้คำถามปลายเปิดเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและแสดงแนวคิดออกมา สอดคล้องกับแนวคิดของ NCTM (2000) ที่กล่าวไว้สรุปได้ว่า แนวทางในการจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ คือ ควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ต่อการสืบค้น โดยการอ่าน การพูด การเขียน การแสดงแนวคิดและการรับฟัง ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดในลักษณะต่าง ๆ และทำให้เกิดความชัดเจนในแนวคิดของตน แต่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกตินั้น นักเรียนได้คิดและแสดงแนวคิดของตนที่ใช้ในการแก้ปัญหา หรือรับฟังแนวคิดของผู้อื่นแต่ไม่ต่อเนื่อง เพราะในบางครั้งครูเป็นผู้สรุปและนำเสนอแนวคิดเสียเอง ทำให้นักเรียนไม่ได้ฝึกพูดหรือเขียนเพื่ออธิบายแนวคิดของตนเองอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้นักเรียนในกลุ่มนี้ไม่สามารถนำเสนอแนวคิดของตนได้อย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ มีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ

ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับบทความของ Manouchehri (2001) ที่ได้ยกตัวอย่างการนำรูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ไปใช้กับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ในการสอนเรื่องทฤษฎีจำนวนของครูเอสพบว่าทักษะการสื่อสาร (Communication skills) ของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีแนวคิดใกล้เคียงกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ของเสาวรัตน์ รามแก้ว (2552) ที่ทำการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การสืบสอบแนะ

แนวทางที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบปกติ รวมถึงความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์พัฒนาขึ้นอย่างเป็นลำดับ และสอดคล้องกับงานวิจัยของเจนสมุทร แสงพันธ์ (2548) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้คำถามปลายเปิดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเชียงใหม่พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ดีขึ้น ซึ่งหนึ่งในทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ก็คือการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งให้นักเรียนฝึกตั้งคำถาม ค้นหาแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา และอภิปรายเพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา จึงต้องใช้เวลามากในการจัดกิจกรรม ดังนั้นผู้สอนจึงควรวางแผนการจัดกิจกรรมให้มีความเหมาะสมกับเวลาในการสอน

2. ในคาบแรก ๆ ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการตั้งคำถาม ผู้สอนจึงควรยกตัวอย่างของคำถามที่สอดคล้องกับข้อมูลทางคณิตศาสตร์ที่กำหนด เพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนสามารถตั้งคำถามได้ อีกทั้งควรให้กำลังใจนักเรียนในการตั้งคำถามอย่างสม่ำเสมอ

3. เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ เป็นการจัดกิจกรรมที่มุ่งให้นักเรียนฝึกตั้งคำถาม และค้นหาแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา จากข้อมูลทางคณิตศาสตร์ที่กำหนด ผู้สอนจึงต้องวางแผนเกี่ยวกับคำถามที่ผู้เรียนอาจตั้งขึ้น โดยอาจใช้คำถามในการแนะหรือคำถามปลายเปิดเพื่อขยายคำถามที่ผู้เรียนตั้งขึ้นให้มีความยากที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาที่สอดคล้องกับเป้าหมายในการเรียนรู้ที่ผู้สอนวางไว้

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรนำแนวปฏิบัติการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ ไปใช้ซ้ำกับกลุ่มตัวอย่างอื่นที่เป็นนักเรียนในโรงเรียนสหศึกษา หรือเนื้อหาเรื่องอื่น เพื่อตรวจสอบความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

2. ควรทำการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโพร์พอยท์ ไปปรับใช้ในการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้หรือความสามารถในด้านอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กรมวิชาการ. (2546). *คู่มือการจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงศึกษาธิการ.
- เจนสมุทร แสงพันธ์. (2548). *การใช้คำถามปลายเปิดในการจัดการการสอนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ไทยรัฐออนไลน์. (2559). *ค่าเฉลี่ยคะแนนโอเน็ต ป.6, ม.3 ไม่ถึงครึ่ง นักวิชาการเผยเด็กไม่ตั้งใจสอบ*. สืบค้นจาก <http://www.thairath.co.th/content/597526>.
- ปิยวดี วงษ์ใหญ่. (2548). *การให้เหตุผลในวิชาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: เอส พี เอ็น การพิมพ์.
- พีชณิกา เพชรสังข์. (2556). *ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 5E ร่วมกับคำถามปลายเปิดที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา) คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *เอกสารวิชาคณิตศาสตร์ เล่ม 1*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าไปรษณีย์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2547). *การให้เหตุผลในวิชาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพมหานคร: เอส.พี.เอ็น. การพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: หจก. ส เจริญการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *รายงานผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2011 วิชาคณิตศาสตร์*. สืบค้นจาก <https://drive.google.com/file/d/0BwqFSkq5b7zSbUdGWmU2QkQwT00/view>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: 3-คิว มีเดีย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง*. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.
- สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

เสาวรัตน์ งามแก้ว. (2552). *ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้การสืบสอบแบบแนะแนวทาง ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท) คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

อัมพร ม้าคนอง. (2553). *ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคนอง. (2557). *คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: ศูนย์ส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรม ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Baroody, A. J., & Coslick, R. T. (1993). *Problem solving, reasoning, and communicating, K-8: Helping children think mathematically*. Prentice Hall.

Guilford, J. P., & Hoepfner, R. (1971). *The analysis of intelligence*. McGraw-Hill Companies.

Kennedy, L., & Tipps, S. (1994). *Guiding children's learning of mathematics*. Belmont, California: Woodworth Publishing.

Manouchehri, A. (2001). A four-point instructional model. *Teaching Children Mathematics*, 8(3), 180-186.

National Council of Teachers of Mathematics. (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. The National Council of Teachers of Mathematics.

National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. The National Council of Teachers of Mathematics.

O'Daffer, P. G., & Thornquist, B. A. (1993). *Critical thinking, mathematical reasoning, and proof*. Research Ideas for the Classroom High School Mathematics. New York: Mac Millan Publishing.

Rowan, T. E., & Morrow, L. J. (1993). Implementing the K-8 Curriculum and Evaluation Standards. *Reading, from the Arithmetic Teacher*. Reston: Virginia.