

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้เรื่องจำนวนจริง
ที่มีต่อทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียนและผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

The Effects of Learning Activities Based on Constructivist Theory
on Mathematical Written Communication Skills and Learning
Achievement on Real Number of Mathayomsuksa Six Students

ธราทิพย์ เกตุหอม*

No.13_07@hotmail.com

เวชฤทธิ์ อังกนระภัทรขจร**

คงรัฐ นวลแปง***

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 50 คนซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (cluster random sampling) โดยใช้เวลาในการวิจัยจำนวน 14 คาบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ จำนวน 6 แผน ที่มีค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุดแบบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียนที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.95 และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.82 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการทดสอบที (t-test for One Sample) ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้านการเขียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

*นิสิตระดับมหาบัณฑิต สาขาการสอนคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

**รองศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

*** อาจารย์ ดร. ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำสำคัญ : กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จำนวนจริง

Abstract

The purposes of this research were to compare Mathayomsuksa Six students' mathematical written communication skills of real number and mathematical learning achievement to acquire 70 percent criterion after using learning activities based on the constructivist theory.

The participants of this study were 50 Mathayomsuksa Six students in the second semester of the 2015 academic year at Benchamaracharungsarit School, Chacheongsoa. They were randomly selected by using cluster random sampling. The experiment lasted for 14 periods. The instruments were six lesson plans, mathematical written communication skills of real number test with the reliability of 0.95 and mathematical learning achievement test with the reliability of 0.82. The data were statistically analyzed by using t-test for one sample. The findings were as follows :

1. The mathematical written communication skills of real number of sample group after obtaining learning activities based on constructivist theory was statistically higher than 70 percent criterion at .01 level.

2. The mathematical learning achievement of real number of sample group after obtaining learning activities based on constructivist theory was statistically higher than 70 percent criterion at .01 level.

Keywords: learning activities based on constructivist theory, mathematical written communication skills, learning achievement, real number

บทนำ

จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มุ่งพัฒนาผู้เรียน และให้ความสำคัญกับผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์

ได้อย่างถ่องแท้ รอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมนอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 56)

ในรายวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งเนื้อหาความรู้ส่วนใหญ่เป็นนามธรรมจะต้องใช้สัญลักษณ์ ตัวแปร ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์(เช่น รูปเรขาคณิต ตาราง กราฟ สมการ

อสมการหรือฟังก์ชันต่าง ๆ) เข้ามาช่วยสื่อความหมาย และนำเสนอให้ความรู้ที่ มีความกะทัดรัดและชัดเจน เช่น ใช้สัญลักษณ์ π แทนอัตราส่วนความยาวของเส้นรอบวงของวงกลมต่อความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมเดียวกัน ซึ่งเป็นจำนวนอตรรกยะ ที่เท่ากับ $3.141592653589793238462\dots$ ใช้สัญลักษณ์ $f(x)$ แทนฟังก์ชัน ของตัวแปร x ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดของ f ใช้สมการ $y = 2x + 1$ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x และ y ใช้กราฟแท่งหรือแผนภูมิวงกลม เพื่อนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ เป็นต้น เมื่อต้องแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนไม่เพียงจะอ่านทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา และค้นหาคำตอบ แต่ยังต้องพูดหรือเขียนเพื่ออธิบายความรู้ความเข้าใจแนวคิดคณิตศาสตร์ ผลการวิเคราะห์ จากแบบรูป การนำเสนอข้อความคาดการณ์ ตลอดจน การแสดงวิธีทำและการให้เหตุผล โดยข้อความ สัญลักษณ์ ตัวแปร สมการ ตาราง กราฟ ตัวแบบหรือแบบจำลองหรือแบบเชิงคณิตศาสตร์อื่น ๆ มาช่วยในการสื่อความหมาย ทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ (สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555ก, หน้า 54-55)

การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ เป็นทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายทอด ความรู้ความเข้าใจ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ หรือ กระบวนการคิดของตนให้ผู้อื่นรับรู้ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจนและมีประสิทธิภาพ การที่นักเรียนมีส่วนร่วม ในการอภิปรายหรือการเขียนแลกเปลี่ยนความรู้และ ความคิดเห็นถ่ายทอดประสบการณ์ซึ่งกันและกัน ยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น จะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย เข้าใจได้อย่างกว้างขวาง ลึกซึ้งและจดจำได้นานมากขึ้นอีกด้วย (สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555ข, หน้า 59) แม้ในห้องเรียนคณิตศาสตร์ทั่วไปจะนิยมให้นักเรียน สื่อสารโดยการพูดแต่นักการศึกษาหลายท่านให้ความ เห็นว่า การให้ผู้เรียนสื่อสารโดยการเขียนเป็นสิ่งจำเป็น

เนื่องจากการเขียนให้ผู้อื่นอ่าน นักเรียนจะต้องใช้ความ ระมัดระวังมากกว่าการพูด จึงต้องมีการทบทวนไตร่ตรอง ให้แน่ใจว่าความหมายของสิ่งที่กำลังอธิบายนั้นชัดเจน และตรงตามที่ตนเองต้องการบอกให้ผู้อื่นทราบ (อัมพร ม้าคนอง, 2553, หน้า 10-12) และการเขียนทำให้เกิด ความชัดเจนในแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องราวหรือปัญหา และ ช่วยในการพัฒนาการรับรู้คณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น (Lappan & Schram, 1989, p.16)

ถึงแม้ว่าการสื่อสารมีความสำคัญดังที่กล่าวมา ข้างต้น แต่เมื่อพิจารณาผลจากคะแนนคณิตศาสตร์ของ ไทยในโครงการ Trends in International Mathematics and Science Study หรือ TIMSS 1999 และ TIMSS 2007 พบว่า นักเรียนไทยทำคะแนนได้น้อยกว่าคะแนน เฉลี่ยนานาชาติ โดยเฉพาะข้อสอบวัดพฤติกรรมการ นำไปใช้ ระดับสูง รวมทั้งข้อสอบที่วัดการถ่ายทอด ความคิดที่เป็นเหตุผลออกมาเป็นภาษาเขียน ซึ่งต้องอาศัย ความสามารถด้านภาษาทั้งการอ่านการเขียนควบคู่ไป ด้วย (ศศิธร แม้นสงวน, 2555, หน้า 337) ทำให้นักเรียน มีปัญหาการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ การสื่อความหมาย และนำเสนอ นักเรียนจึงยังมีความสามารถในด้านนี้ไม่ ดีพอ จากปัญหาดังกล่าวพบว่านักเรียนจำนวนไม่มาก ที่สามารถนำเสนอข้อมูลให้ผู้อื่นเห็นภาพรวมหรือเข้าใจ ประเด็นสำคัญๆ ของสิ่งที่ต้องการนำเสนอได้ หรือไม่สามารถสื่อความหมายเรื่องบางเรื่องให้ผู้อื่นเข้าใจตรง กันได้ ทั้งที่ผู้เรียนผ่านการเรียนรู้การนำเสนอข้อมูลมา แล้ว (อัมพร ม้าคนอง, 2553, หน้า 56-57) ดังนั้นจึงเป็น หน้าที่ของครูจะต้องช่วยกันคิดแก้ปัญหาด้านการสื่อสาร ทางคณิตศาสตร์นี้ต่อไปด้วย

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง จำนวนจริง ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 จัดอยู่ในสาระการเรียนรู้ที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ สอดคล้องกับตัวชี้วัด ค 1.1 ม.4-6/1 แสดงความ สัมพันธ์ต่างๆ ในระบบจำนวนจริง ค 1.1 ม.4-6/2 มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริง และ ค 1.4 ม.4-6/1 เข้าใจคุณสมบัติจำนวนจริงเกี่ยว

กับการบอก การคูณ การเท่ากัน การไม่เท่ากัน และ การนำไปใช้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 81-83) จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ ฉะเชิงเทรา พบว่า เรื่อง จำนวนจริง นักเรียนประสบ ปัญหาความไม่เข้าใจในการใช้ศัพท์ ภาษา โครงสร้าง และ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และนักเรียนยังเขียนศัพท์ ภาษา โครงสร้าง และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง ทำให้นักเรียนเข้าใจไม่ถูกต้องเกี่ยวกับเนื้อหา เรื่อง จำนวนจริง และทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนจริง ไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้น การให้นักเรียนได้ สื่อสารเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากการเขียนให้ผู้อื่นอ่าน ผู้เรียนจะต้องใช้ความระมัดระวังมากกว่าการพูด จึงต้อง มีการทบทวนไตร่ตรองให้แน่ใจว่าความหมายของสิ่งที่ กำลังอธิบายนั้นชัดเจนและตรงตามที่ตนเองต้องการบอก ให้ผู้อื่นทราบ

ผู้วิจัยได้พยายามศึกษาค้นคว้าการจัดกิจกรรม การเรียนการสอน อันจะส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการ สื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงขึ้นพบว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ไม่มีอิทธิพลต่อการ จัดการเรียนการสอนอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจาก เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญที่ตัวนักเรียน ซึ่งสอดคล้อง กับแนวคิดของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียน เป็นสำคัญ ทฤษฎีนี้เห็นว่า ความรู้เป็นสิ่งที่ถูกเราสร้าง ขึ้นโดยนักเรียนใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่เป็น พื้นฐานในการสร้างความรู้ใหม่ การเรียนรู้เป็นสิ่งที่เกิด ขึ้นภายในตัวผู้เรียนจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ภายนอก นักเรียนแต่ละคนจะสร้างความรู้ด้วยวิธีการที่ แตกต่างกัน และแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้นี้ จึงเน้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สื่อสาร และปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน โดยผู้สอนคอยช่วยเหลือให้ นักเรียนนำความรู้ที่มีอยู่ออกมาใช้ และไตร่ตรองสิ่งที่ได้ จากการอภิปรายกับผู้อื่น ผู้สอนมีหน้าที่จัดสภาพแวดล้อม การเรียนรู้ให้เหมาะสม ตั้งประเด็นปัญหาที่ท้าทาย และ

ช่วยเหลือให้นักเรียนสร้างความรู้ได้ (อัมพร ม้าคอง, 2546, หน้า 6) และจากคำกล่าวของ Steffe (1991) ได้ กล่าวถึงบทบาทผู้สอนในการสอนตามแนวคิดทฤษฎีการ สร้างความรู้ว่าครูควรมีการกระตุ้นให้นักเรียนสื่อสารเชิง คณิตศาสตร์ (อัมพร ม้าคอง, 2546, หน้า 34) และ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ ไพจิตร สดวกการ (2539) และ ศราวุธ สุวรรณวรบุญ (2554) พบว่า นักเรียน ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้าง ความรู้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติ และในงานวิจัยของ มันทกานท์ โคตรชาติ (2545) ศิริ แคนสา (2547) และ รดาวัลย์ น้อยเสนา (2556) พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ มีผล สัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และในการศึกษางานวิจัยของพัชรีย์ กาทำมา (2558) พบ ว่า นักเรียนมีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น และ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงขึ้น เมื่อได้รับการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงใช้การจัดกิจกรรม การเรียนรู้แนวทฤษฎีการสร้างความรู้เป็นแนวทางใน การจัดการเรียนรู้ เพื่อที่จะศึกษาผลการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ที่มีต่อทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทาง คณิตศาสตร์ด้านการเขียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้ ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ของของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4กับเกณฑ์ร้อยละ 70
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว

ทฤษฎีการสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมตามแนวทฤษฎีสร้างความรู้ มีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน เรื่อง จำนวนจริง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมตามแนวทฤษฎีสร้างความรู้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนจริง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 10 ห้องเรียน ซึ่งจัดแบบคละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 50 คน โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน

2.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนจริง

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน 1 (ค 31101) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรื่อง จำนวนจริง โดยมีเนื้อหาย่อยดังนี้

3.1 ระบบจำนวนจริง

3.2 สมบัติการเท่ากันในระบบจำนวน

3.3 สมบัติของจำนวนจริงเกี่ยวกับการบวกและการคูณ

3.4 การไม่เท่ากัน

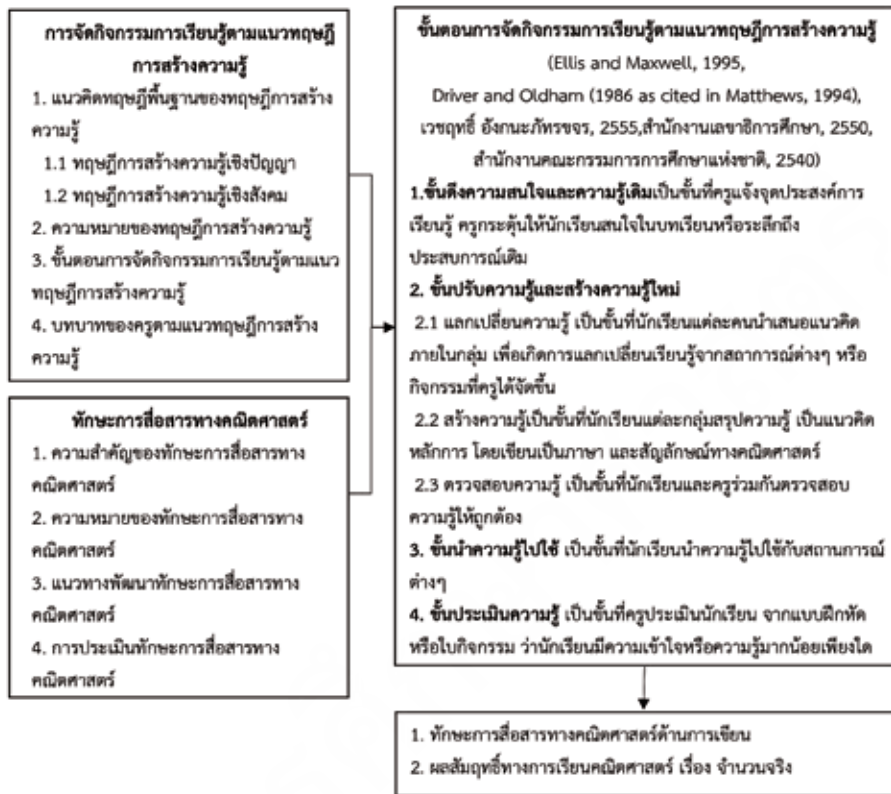
3.5 ช่วง

3.6 ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริง

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ใช้เวลาในการทำวิจัย 14 ชั่วโมง จำแนกเป็นการสอนตามแผนจัดการเรียนรู้ 12 ชั่วโมง และการสอบ 2 ชั่วโมง

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 : กรอบแนวคิดการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ที่ใช้สอนกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผน จำนวน 12 ชั่วโมง
- แบบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน เรื่อง จำนวนจริง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ
- แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนจริง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

- ผู้วิจัยดำเนินการในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้
 - สร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผน จำนวน 12 ชั่วโมง
 - นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านจำนวน 5 คน ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผน (IOC) ตั้งแต่

0.60 – 1.00 และนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไข ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/8 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 50 คน โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างหลังจากทดลองใช้แล้วมาปรับปรุงแก้ไข โดยการปรับตัวอย่างและแบบฝึกหัดบางข้อให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. ผู้วิจัยสร้างแบบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน เรื่อง จำนวนจริง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.1 สร้างแบบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน เป็นแบบอัตนัย จำนวน 12 ข้อ พร้อมทั้งกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Assessment) แบบองค์รวม (Holistic Scoring)

2.2 นำแบบวัดที่สร้างขึ้นและเกณฑ์การให้คะแนน เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และแนวทางในการตอบแบบวัด ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดตั้งแต่ 0.60-1.00 โดยผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ เรื่อง การใช้คำในการตั้งคำถาม ควรมีความถูกต้องและชัดเจนไม่ก่อให้เกิดความสับสน

2.3 นำแบบวัดที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/8 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 50 คน โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างแล้วนำมาตรวจให้คะแนนโดยเกณฑ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และนำผลจากการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัด ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 6 ข้อ ที่มีค่าความยากง่าย

ตั้งแต่ 0.29-0.71 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22-0.32 แล้วนำแบบวัดมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability) โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบัค ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.95 และนำแบบวัดที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วไปใช้กลุ่มตัวอย่างต่อไป

3. สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนจริง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ข้อสอบตามผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยผู้วิจัยสร้างเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 40 ข้อ

3.2 นำแบบวัดที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องตามจุดประสงค์การเรียนรู้ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดตั้งแต่ 0.60-1.00 มีผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะให้มีการปรับสำนวนและภาษาให้ได้ใจความเพื่อที่จะอ่านแล้วเข้าใจง่ายขึ้น

3.3 นำแบบที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/8 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 50 คน โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วนำมาตรวจให้คะแนน และนำผลจากการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัด ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 20 ข้อ ที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.22 -0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22-0.63 แล้วนำแบบวัดมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability) โดยใช้สูตร K.R.-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 และนำแบบวัดที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วไปใช้กลุ่มตัวอย่างต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยตนเองด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยในครั้งนี้ ใช้เวลาในการสอน 12 ชั่วโมง สอบ 2 ชั่วโมง รวม 14 ชั่วโมง

2. เมื่อดำเนินการสอนครบตามแผนการเรียนรู้เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยทำการวัดทักษะการสื่อสารทาง

คณิตศาสตร์ด้านการเขียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แล้วบันทึกผลการทดสอบโดยใช้เวลาในการดำเนินการทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์จำนวน 2 ชั่วโมง

3. ตรวจสอบให้คะแนนการทำแบบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้านการเขียนตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	คำตอบถูกต้อง และเขียนอธิบายความคิด โดยใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน ชัดเจน
2	คำตอบถูกต้อง และเขียนอธิบายความคิด โดยใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องบางส่วน
1	คำตอบไม่ถูกต้อง แต่เขียนอธิบายความคิด โดยใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องทั้งหมดหรือถูกต้องบางส่วน
0	คำตอบไม่ถูกต้อง และไม่เขียนอธิบายความคิดหรือเขียนอธิบายความคิด โดยใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ได้ไม่ถูกต้อง

4. ตรวจสอบให้คะแนนการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ทำถูกต้อง 1 คะแนน ทำผิดได้ 0 คะแนน

5. ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์การเขียนและแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ได้ไปวิเคราะห์ผลและแปลผลข้อมูลต่อไป

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample

ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample ดังตารางที่ 2

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	n	คะแนน เต็ม	\bar{x}	s	μ (ร้อยละ 70)	t	p
คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน เรื่อง จำนวนจริง	50	18	13.56	2.78	12.6	2.44*	.009

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 1 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียนหลังเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อ

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้านการเขียน เรื่องจำนวนจริงของนักเรียนในแต่ละช่วง หลังเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการของทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน เรื่องจำนวนจริงดังนี้

ในช่วงแรก (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-2) ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ พบว่า นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันและกัน มีการแลกเปลี่ยนความรู้ และแนวคิดซึ่งกันและกัน แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายความรู้ และแนวคิดผ่านการเขียน โดยใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การใช้ศัพท์ ภาษา และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเท่ากันในระบบจำนวนจริง ในกิจกรรมเรื่อง การเท่ากันในระบบจำนวนจริง นักเรียนสามารถหาจำนวนต่างๆ มาเติมลงช่องว่างของแต่ละสมบัติการเท่ากันใน

ระบบจำนวนจริงได้อย่างถูกต้อง เช่น สมบัติการบวกด้วยจำนวนที่เท่ากัน 1) ถ้า $4^2 = 16$ แล้ว $(4^2) + 1 = 16 + 12$ ถ้า $\sqrt{9} = 3$ แล้ว $\sqrt{9} + (-3) = 3 + (-3)$ เป็นต้น แต่นักเรียนยังไม่สามารถนำความรู้จากการทำกิจกรรม โดยหาจำนวนต่างๆ ของแต่ละสมบัติการเท่ากันในระบบจำนวนจริงมาเขียนอธิบาย สรุปสมบัติการเท่ากันในระบบจำนวนจริง โดยใช้ศัพท์ ภาษา และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ เช่น กำหนดให้ a, b และ c เป็นจำนวนจริง สมบัติการบวกด้วยจำนวนที่เท่ากัน คือ ถ้า $a = b$ แล้ว $a + c = b + c$ เป็นต้น เนื่องจากนักเรียนอาจไม่คุ้นเคยในลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ เพราะจากการเรียนการสอนที่ผ่านมาส่วนใหญ่ครูเป็นผู้บอกความรู้หรือเนื้อหาในเรื่องนั้นๆ ให้แก่นักเรียน และให้นักเรียนนำความรู้ที่ไปใช้ แต่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ ครูจะเป็นเพียงผู้คอยช่วยเหลือ ชี้แนะ สรุปให้ตรงประเด็นกับความรู้นักเรียนได้เมื่อนักเรียนไม่สามารถทำได้ ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ของตนเองได้เช่น สมบัติการบวกด้วยจำนวนที่เท่ากันครูให้นักเรียนพิจารณาจากใบกิจกรรมแล้วครูถามนักเรียนว่า “มีจำนวนสองจำนวนเท่ากันแต่เขียนไม่เหมือนกันได้หรือไม่ เพราะเหตุใดพร้อมให้นักเรียนยกตัวอย่างประกอบ” แล้วครูถามนักเรียนต่อว่า “ให้นักเรียนนำ

จำนวนมาหนึ่งจำนวนในระบบจำนวนจริงมาบวกทั้งสองข้างของสมการของจำนวนที่เท่ากัน แล้วสมการจำนวนยังเท่ากันอยู่หรือไม่” และจากตัวอย่างที่ครูกำหนด “ให้นักเรียนใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษแทนจำนวนจะพบว่า สมบัติการบวกด้วยจำนวนที่เท่ากันเป็นอย่างไร” เมื่อนักเรียนสามารถสรุปสมบัติการเท่ากันในระบบจำนวนจริงของตนเองได้แล้ว ให้นักเรียนร่วมกันสรุปสมบัติการเท่ากัน จากนั้นครูและนักเรียนจึงร่วมกันสรุปอีกครั้งเพื่อตรวจสอบความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นให้ถูกต้อง และให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการทำแบบฝึกทักษะที่เตรียมไว้ ซึ่งครูให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถามบนกระดาน เพื่อให้ นักเรียนรู้ข้อผิดพลาดของตนเอง

ในช่วงที่สอง (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3-4) ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ พบว่า นักเรียนสามารถนำความรู้เดิมมาช่วยในการสร้างความรู้ นอกจากการใช้คำถามกระตุ้นครูยังมีกิจกรรมกลุ่ม ให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แต่มีนักเรียนบางส่วนไม่สามารถอธิบายความรู้ และแนวคิดผ่านการเขียนโดยใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ เช่น จากแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การบวกและการคูณในระบบจำนวนจริง เป็นเนื้อหาที่นักเรียนเคยได้รับการเรียนรู้มาแล้ว แต่ไม่ได้สรุปออกมาเป็นสมบัติของจำนวนจริงเกี่ยวกับการบวกและคูณ ซึ่งการทำงานเป็นกลุ่มได้ทำให้นักเรียน

มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน การแลกเปลี่ยนความรู้ และแนวคิดซึ่งกันและกัน เพื่อมาช่วยในการสรุปสมบัติของจำนวนจริงเกี่ยวกับการบวกและการคูณ และครูคอยสังเกตว่านักเรียนสามารถเขียนสรุปได้หรือไม่ แต่พบว่า มีนักเรียนบางส่วนไม่สามารถเขียนอธิบายบางสมบัติของจำนวนจริงเกี่ยวกับการบวกและการคูณได้ จากนั้นครูจะคอยช่วยเหลือ ชี้แนะ โดยการใช้คำถามกระตุ้น เช่น สมบัติการสลับที่การบวกและการคูณ ครูใช้คำถามว่า “จำนวนสองจำนวนในระบบจำนวนจริงนำมาบวกหรือคูณกัน แล้วสลับตำแหน่งผลลัพธ์มีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร” และจากตัวอย่างในใบกิจกรรมที่ครูกำหนด “ให้นักเรียนใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษแทนจำนวนจะพบว่า สมบัติการสลับที่การบวกและการคูณเป็นอย่างไร” ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถเขียนอธิบายสมบัติการสลับที่การบวกและการคูณได้ถูกต้อง

ในช่วงสุดท้าย (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5-6) หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ พบว่า นักเรียนสามารถสร้างความรู้เองได้โดยจากการทำกิจกรรม ซึ่งดูจากการเขียนอธิบายความรู้ แนวคิด สรุปจากการเขียน โดยคำศัพท์ ภาษา และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เช่น จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ช่วง นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความรู้ โดยใช้คำศัพท์ ภาษา และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์แทนช่วงต่างๆในระบบจำนวน

จริงได้อย่างถูกต้อง พร้อมกับการนำความรู้ เรื่อง ช่วง มาอธิบายบนเส้นจำนวน เช่น ช่วงครึ่งเปิด(a, b) คือ $\{x \mid a < x < b\}$ เขียนบนเส้นจำนวนดังแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 ช่วงครึ่งเปิด ช่วงครึ่งปิด [a, b) คือ $\{x \mid a \leq x < b\}$ เขียนบนเส้นจำนวน ดังแผนภาพที่ 2



แผนภาพที่ 2 ช่วงครึ่งปิด ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้เป็นการจัดกิจกรรมที่สามารถพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนได้

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	\bar{x}	s	μ (ร้อยละ 70)	t	p
คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	50	20	16.88	1.78	14	11.44*	.000

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อ 2

อภิปรายผล

จากการวิจัย เรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ที่มีต่อทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้านการเขียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎี

การสร้างความรู้เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ นั้น เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญที่ตัวนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ทฤษฎีนี้เน้นว่า ความรู้เป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นโดยนักเรียนใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่เป็นพื้นฐานในการสร้างความรู้ใหม่ การเรียนรู้เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียนจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก นักเรียนแต่ละคนจะสร้างความรู้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน และแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ นี้ก็ได้เน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สื่อสารและมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน โดยครูมีหน้าที่จัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ให้เหมาะสม ตั้งประเด็นปัญหาที่ท้าทาย และช่วยเหลือให้นักเรียนสร้างความรู้ได้ (อัมพร ม้าคนอง, 2546, หน้า 6) รวมทั้งมีการสื่อสารด้วยการเขียนเพื่อให้ผู้อื่นได้เข้าใจด้วย เพราะการเขียนสื่อสารแนวความคิดเป็นสิ่งสำคัญ และควรให้นักเรียนได้ฝึกฝน เพื่อให้นักเรียนเห็นว่าการเขียนเป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ นักเรียนต้องเข้าใจว่าทำไมจึงต้องเขียนเป็นนั่นคือ เป้าหมายของการเขียนต้องชัดเจนกับนักเรียน (Roman & Morrow, 1993, p.9-11 อ้างใน ศศิธร แม่นสงวน, 2555, หน้า 187-188) ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือในการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้มีการใช้ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้านการเขียนได้อย่างเต็มที่ เช่น ใน กิจกรรม และแบบฝึกทักษะ ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนครั้งนี้

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ข้างต้นได้มีความสอดคล้องกับคำกล่าวของ Steffe (1991) ที่ได้กล่าวถึงบทบาทผู้สอนในการสอนตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ว่าครูควรมีการกระตุ้นให้นักเรียนสื่อสารเชิงคณิตศาสตร์ (อัมพรม้าคนอง, 2553, หน้า 34) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สังเคราะห์

ขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ไว้ 4 ขั้น ดังนี้ 1) ขั้นดึงความสนใจและความรู้เดิม เป็นขั้นที่ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ กระตุ้นให้นักเรียนรู้สึกสนใจในบทเรียน และกระตุ้นให้นักเรียนระลึกถึงประสบการณ์เดิม 2) ขั้นปรับความรู้และสร้างความรู้ใหม่ 2.1) แลกเปลี่ยนความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ และประสบการณ์ของแต่ละคน 2.2) ขั้นการสร้างความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนจะสรุป ความรู้ที่ได้จากการแลกเปลี่ยนความรู้เป็นแนวคิด หลักการ ซึ่งเขียนเป็นภาษา และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ 2.3) ตรวจสอบความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนและครูร่วมกันตรวจสอบความรู้ให้ถูกต้อง 3) ขั้นนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ต่างๆ 4) ขั้นประเมินความรู้ เป็นขั้นที่ครูนำผลจากการใช้ความรู้มาประเมินนักเรียน ว่ามีความเข้าใจหรือความรู้น้อยเพียงใดเมื่อจบบทเรียนนั้นๆ ซึ่งพบว่าในขั้นที่ 2 นักเรียนได้มีการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างนักเรียนด้วยกัน มีการแลกเปลี่ยนความรู้ แนวคิด หลักการ ซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเขียนเป็นภาษา และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ ส่วนในขั้นที่ 3 และในขั้นที่ 4 นักเรียนนำแนวคิดที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ทำกิจกรรมหรือแบบฝึกทักษะที่ครูเตรียมไว้ ทำให้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในใช้ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้านการเขียนได้ดียิ่งขึ้น

จากผลการวิจัยพบว่า ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้านการเขียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้เรื่อง จำนวนจริง ของของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชรีย์ กาห์มา (2558) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ที่เน้นทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะการสื่อสาร

ทางคณิตศาสตร์ในระดับดีขึ้นไป คิดเป็น ร้อยละ 82.35 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ นั้นมีลักษณะเด่น คือ มีการให้ความสำคัญกับกระบวนการการเรียนรู้ของผู้เรียน และความสำคัญของความรู้เดิมผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้แสดงความรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2550, หน้า 1) และการสร้างพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ ในการจัดกิจกรรมเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ คือ ผู้เรียนได้คิดเพื่ออธิบายสิ่งที่ได้ค้นพบจากการเรียนรู้ (อมลวรรณ วีระธรรมโม, 2548, หน้า 17) ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียน และครูทำให้นักเรียนมีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และอธิบายความรู้ แนวคิดที่นักเรียนได้ค้นพบจากการทำใบกิจกรรม โดยผู้สอนคอยช่วยเหลือให้นักเรียนนำความรู้ที่มีอยู่ออกมาใช้ และไตร่ตรองสิ่งที่ได้จากการอภิปรายกับผู้อื่น ผู้สอนมีหน้าที่จัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ให้เหมาะสม ตั้งประเด็นปัญหาที่ท้าทาย และช่วยเหลือให้นักเรียนสร้างความรู้ได้ (อัมพร ม้าคอง, 2546, หน้า 6) และนักเรียนได้นำความรู้ ความเข้าใจจากการค้นพบมาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์หรือแบบฝึกทักษะที่ครูกำหนดขึ้น เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจยิ่งขึ้น ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์

เมื่อพิจารณาชั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น 4 ชั้น พบว่า ในชั้นที่ 2 นั้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากการกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ทักษะการคิดเพื่อให้เกิด

องค์ความรู้ นักเรียนจะเข้าใจดีขึ้นเมื่อได้พิจารณาความแตกต่างและความขัดแย้งระหว่างความคิดของตนเองกับของคนอื่น ครูจะมีหน้าที่อำนวยความสะดวก เช่น กำหนดประเด็นและกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด ส่วนในชั้นที่ 3 นั้นจะเป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้มีโอกาสใช้แนวคิด ความรู้ ความเข้าใจและหลักการมาพัฒนาทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่คุ้นเคยและไม่คุ้นเคย เมื่อนักเรียนได้นำแนวคิด ความรู้ เข้าใจและหลักการ เพื่อใช้ในการอธิบายและแก้ปัญหาในการเรียนคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้

จากผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ ไพจิตร สดวกการ (2539) ได้ทำวิจัยเรื่อง ผลการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ปานกลางที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 และยังคงสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศราวุธ สุวรรณวรบุญ (2554) ซึ่งได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเชิงซ้อน ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเชิงซ้อน สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่จัดการเรียนรู้ด้วยวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1. การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ ครูควรศึกษารายละเอียดและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการกิจกรรมเป็นอย่างดี และควรตรวจสอบความรู้พื้นฐานของนักเรียนก่อน เนื่องจากการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ ต้องเชื่อมโยงความรู้เดิมของนักเรียนกับความรู้ใหม่ที่นักเรียนสร้างขึ้น เพื่อให้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ดำเนินไปอย่างราบรื่น และประสิทธิภาพสูงสุดต่อผู้เรียน

2. การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ เป็นวิธีการสอนที่ให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ดังนั้นครูควรจัดการกิจกรรมที่หลากหลายและคอย

ช่วยเหลือ ชี้แนะ และสรุปความรู้เพื่อให้ความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

3. การมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างนักเรียนนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ ดังนั้นครูควรใช้เวลาและโอกาสกับนักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ร่วมกัน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ ในเนื้อหาของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เช่น เซต ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เรขาคณิตวิเคราะห์ เป็นต้น

2. ควรศึกษาผลของการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านอื่นๆ เช่น ทักษะและกระบวนการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การเชื่อมโยง หรือความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- พัชรีย์ กาทำมา. (2558). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ที่เน้นทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสามเหลี่ยม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ไพจิตร สดวกการ. (2539). *ผลของการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวความคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันตกานท์ โคตรชาลี. (2545). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ และการสอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- รดาวัลย์ น้อยเสนา. (2556). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ของ Underhill ที่เน้นทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่องเศษส่วน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร. (2555). *ครบเครื่องเรื่องควรรู้สำหรับครูคณิตศาสตร์: หลักสูตร การสอน และการวิจัย*. กรุงเทพฯ: จรัสสินทวงศ์การพิมพ์.
- ศราวุฑู สุวรรณวรบุญ. (2554). *การพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเชิงซ้อน ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาามหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- ศศิธร แม้นสงวน. (2555). *พฤติกรรมการสอนคณิตศาสตร์ 2*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์รามคำแหง.
- ศิริ แคนสา. (2547). *พัฒนาการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาามหาบัณฑิต, สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สถาบันการส่งเสริมสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2555ก). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ : 3-คิว มีเดีย.
- สถาบันการส่งเสริมสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2555ข). *การวัดผลประเมินคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สถาบันการส่งเสริมสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2556). *สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2011 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. กรุงเทพฯ: แอดวานซ์ พรินต์ติ้ง เซอร์วิส.

- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2540). แผนพัฒนาการศึกษา ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2540 -2544. กรุงเทพฯ : อรรถพลการพิมพ์.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). *การจัดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้*. กรุงเทพฯ: กลุ่มส่งเสริม นวัตกรรม การเรียนรู้ของครูและบุคลากรทางการศึกษา สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนากการเรียนรู้ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.
- อมรรณ วีระธรรมโม. (2548). ทฤษฎีการสร้างสรรค : ติลาการสอนครูและพฤติกรรม การเรียนรู้ของผู้เรียน. *วารสารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 4(1), 10-18.
- อัมพร ม้าคอง. (2546). *คณิตศาสตร์ : การสอนและการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคอง. (2553). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ*. กรุงเทพฯ : ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Ellis and Maxwell (1995). *Constructivism*. New Jersey: Prentic-Hall.
- Lappan, G., & Schram, P. W. (1989). Communication and reasoning: Critical dimensions of sense making in mathematics. In *New Directions for Elementary School mathematics*. (pp. 14-30). Reston, Virginia: The Nation Council of Teachers of Mathematics.
- Matthews, M.R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- Steffe L. P. (1991) The constructivist teaching experiment: Illustrations and implications. In: Glaserfeld E. von (ed.), *Radical constructivism in mathematics education*. (pp. 177-194). Dordrech, The Netherland: Kluwer academic.