

ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการ
เชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 *

THE EFFECT OF THE 4MAT TEACHING AND LEARNING ON MATHEMATICAL
ACHIEVEMENT AND MATHEMATICAL CONNECTION SKILLS IN MEASUREMENT OF
MATHAYOMSUKSA II STUDENTS

สุนันทา บ้านกล้วย **

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT และเปรียบเทียบกับเกณฑ์

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนบ้านปล่องเหล็ก อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 34 คน ซึ่งได้มาจากวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองทดลอง 18 คาบ คาบละ 50 นาที โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One-Group Pretest-Posttest Design เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ t-test for Dependent Samples และ t-test for One Sample

ผลการวิจัยพบว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

* บทความนี้เรียบเรียงจากปริญญาานิพนธ์เรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชูชาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์

** นักศึกษาหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการมัธยมศึกษา ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ 081-192-4058 e-mail address : swu_poo_27@hotmail.com

3. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องการวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Abstract

The purposes of this research were to compare to mathematical achievement and mathematical connection skills of Mathayomsuksa II students before and after obtaining the 4MAT teaching and learning and to compare them to the criterion.

The subjects of this study were 34 Mathayomsuksa II students in the first semester of the 2013 academic year at Banplongliam School, Krathumbaen, Samudsakorn. They were randomly selected by using cluster random sampling. The experiment lasted for 18 fifty minute periods. The One-Group Pretest-Posttest Design was used for the study. The instruments used in data collection were the 4MAT lesson plans mathematical achievement test and mathematical connection skills test. The data were statistically analyzed by using t-test for Dependent Samples and t-test for One Sample.

The findings were as follows:

1. The mathematical achievement of the experimental group after obtaining the 4MAT teaching and learning was statistically higher than before learning at the .01 level of significance.

2. The mathematical achievement of the experimental group after obtaining the 4MAT teaching and learning was statistically higher than the 60 percent criterion at the .01 level of significance.

3. The mathematical connection skills of the experimental group after obtaining the 4MAT teaching and learning was statistically higher than before learning at the .01 level of significance.

4. The mathematical connection skills of the experimental group after obtaining the 4MAT teaching and learning was statistically higher than the 60 percent criterion at the .01 level of significance.

บทนำ

วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ และการดำรงชีวิตของมนุษย์ เพราะการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงของมนุษย์ทั้งในอดีต ปัจจุบัน และอนาคตต้องอาศัยวิชาคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น ดังนั้นการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้เข้าใจอย่างแท้จริง และสามารถประยุกต์นำไปใช้ใน ชีวิตประจำวันได้จึงเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญเป็นอย่างมาก (สันติ อธิพิพล-นาวากุลม, 2550: 1) ดังนั้นหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มีวิสัยทัศน์มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลเมืองโลก ยึดมั่นในการปกครองในระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐานรวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพ และการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ บนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มศักยภาพ (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2552: 24-27) การเรียนคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่จะพัฒนาเฉพาะสมองซีกซ้าย แต่ความสามารถในการคิดจะพัฒนาได้เต็มที่ก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้พัฒนาสมองทั้งสอง และเมื่อใดที่ครูสอนให้นักเรียนรู้จักคิด รู้จักใช้สมองทั้งสองได้ตลอดเวลาเมื่อนั้นครูได้ช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนา ศักยภาพได้เต็มที่ (ดุซงกี บริพัตร ณ อยุธยา, 2538: 1) และกระบวนการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้สมอง ทั้งสองซีกอย่างสมดุล ภายในสมองจะมีสารสุขหรือสาร เอนโดर्फินหลั่งออกมาจากต่อมไร้ท่อใต้สมอง ซึมเข้าสู่กระแสโลหิตไหลเวียนไปทั่วร่างกาย เป็นผลทำให้ผู้เรียนมีความสุข อารมณ์ดี ร่าเริงเบิกบาน อยู่ใน สภาวะผ่อนคลาย มีจินตนาการ มีความคิดสร้างสรรค์ ส่งผลให้เกิดความงงตามจริยธรรมตามมา (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2543: 35) ดังนั้นวิธีการสอนที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาสมองซีกขวาและสมองซีกซ้ายสลับกัน ไปมาคือ การเรียนการสอนแบบ 4MAT

การเรียนการสอนแบบ 4MAT ได้นำแนวคิดของคอลบ (Kolb) เกี่ยวกับการเรียนรู้ซึ่งเกิดขึ้น จากความสัมพันธ์สองมิติที่สำคัญคือการรับรู้ (Perception) และการจัดกระบวนการรับรู้ (Processing) โดยการเรียนรู้เป็นการนำข้อมูลที่รับรู้ไปจัดกระบวนการ ซึ่งบุคคลจะรับรู้ผ่านประสบการณ์จริง (Concrete Experience) และความคิดรวบยอด (Abstract Conceptualization) แล้วผ่านกระบวนการลงมือปฏิบัติ (Active Experimentation) และการสังเกตไตร่ตรอง (Reflective Observation) ซึ่งจะ กลายเป็นผู้เรียน 4 แบบ เพราะผู้เรียนแต่ละแบบจะสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างทางสมอง และ ระบบการทำงานของสมองทั้งสองซีก ดังนั้นจึงจำเป็นในการสอน คือ ต้องให้ความเท่าเทียมกันกับผู้เรียน ทั้ง 4 แบบ เพราะผู้เรียนแต่ละแบบมีรูปแบบการเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกไป การเรียนการสอนแบบ 4MAT ส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภายใต้คุณลักษณะดี มีปัญญา และมีความสุข (กิตติชัย สุธาสิโนบล, 2546: 12-18) และนอกจากนี้ ในปัจจุบันนักเรียนต้องเผชิญกับ การกิจที่ต้องเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงมากมาย ในชีวิตประจำวันทุกคนใช้ทักษะกระบวนการ ทางคณิตศาสตร์อย่างหลากหลาย เช่น บอกเวลา การแลกเปลี่ยนเงินตรา การตัดสินใจ การคำนวณค่า ภาษีที่ต้องจ่ายให้รัฐในแต่ละปี และในอาชีพต่างๆ เช่น นักบัญชี ครู-อาจารย์ นักเศรษฐศาสตร์ แพทย์ ต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการประกอบอาชีพทั้งสิ้น (สิริพร ทิพย์คง, 2544: 13) จากที่กล่าวมา

จะพบว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก แต่การจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ที่ผ่านมา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้สัมผัสกับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวเขาเลย (สุรสาธิต ผาสุข, 2546: 3) ครูยังคงใช้วิธีสอนแบบอธิบายให้นักเรียนฟัง ขาดการทดลองจริง (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545: 8) ซึ่งเป็นการเรียนการสอนแบบทางเดียว ขาดการค้นคว้าทดลอง เน้นที่เนื้อหาโดยขาดกระบวนการ รวมทั้งนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เรียนไปใช้งานได้กว้างขวางในสถานการณ์ที่แตกต่างไปจากที่เรียนในห้องเรียนและสถานการณ์ในชีวิตจริงได้ (จรรยา ภูอุดม, 2544: 23-24; และ อัมพร ม้าคนอง, 2545: 1) พฤติกรรมการสอนของครู มีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ดังนั้น การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอน โดยครูต้องปรับเปลี่ยนวิธีการสอนแบบยึดตนเองเป็นศูนย์กลางไปสู่วิธีสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (สรารุช ปึ้งผลพล, 2013: 329)

คณิตศาสตร์เป็นสาระการเรียนรู้หนึ่งที่มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ใน ชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์ อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 1) และการใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลายในการแก้ปัญหา โดยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้แก่ 1) ทักษะการแก้ปัญหา 2) ทักษะการให้เหตุผล 3) ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ 4) ทักษะการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และ 5) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สอดคล้องกับ วนิดา สุขสาลี (2012: 556) ที่กล่าวว่าจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ที่เน้นทักษะ ความรู้ ความเข้าใจ และความจำนั้น ต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการต่าง ๆ ที่น่าสนใจเข้ามาช่วยในการจัดกระบวนการเรียนรู้ ไม่ใช่การสอนที่ครูเป็นเพียงผู้ถ่ายทอดความรู้อย่างเดียว แต่เป็นการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลายและนักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองอย่างอิสระ จึงจะเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง

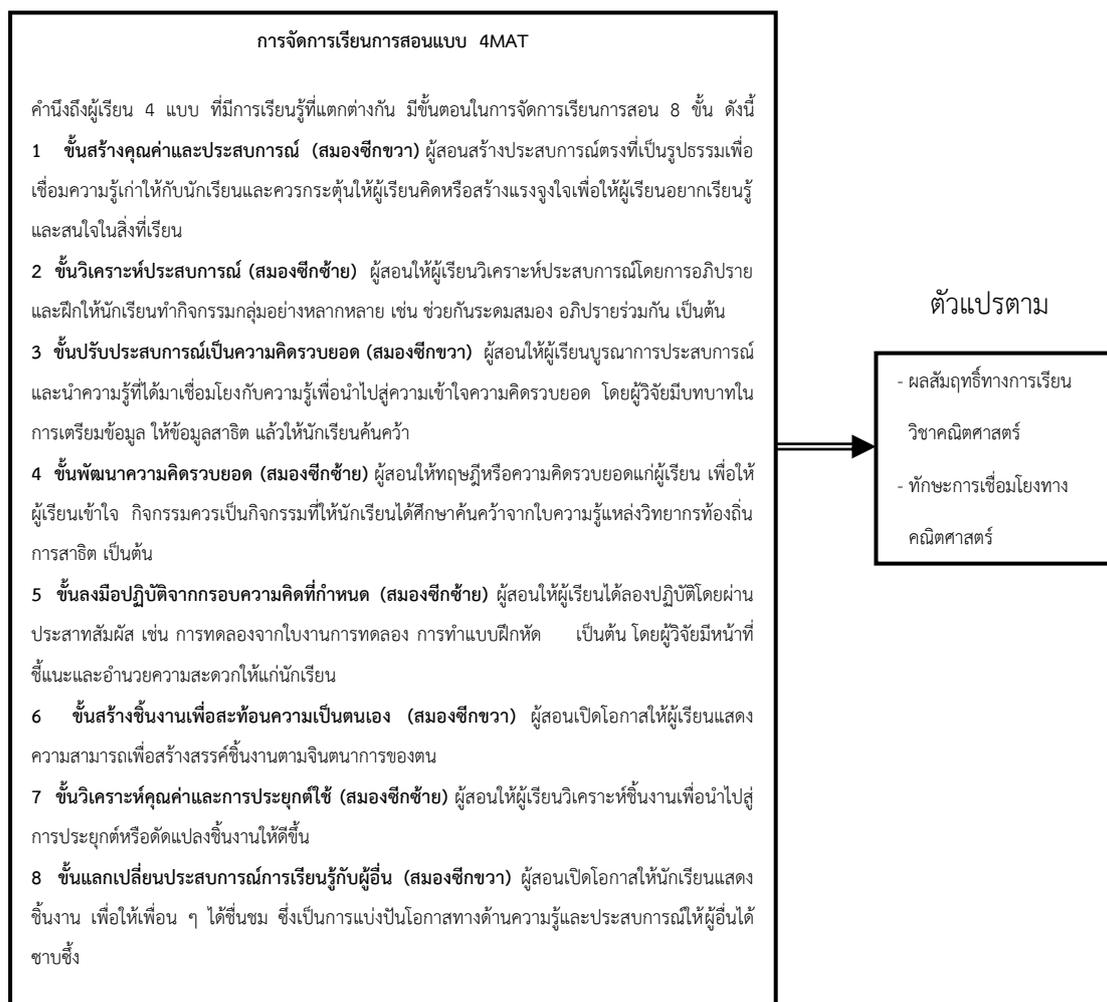
การเชื่อมโยงความรู้เป็นทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ดังที่เคนเนดี; และ ทิปส์ (Kennedy; & Tipps, 1994: 194-198) กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญ ผู้เรียนจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรม ได้แก่ รูปภาพ สัญลักษณ์ และมโนทัศน์ กับกระบวนการรวมเนื้อหาและวิธีการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน และจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง ซึ่งสอดคล้องกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่มีความเชื่อมโยงกับสิ่งที่ได้พบเห็นหรือมีอยู่ในชีวิตประจำวันเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย ผู้เรียนสามารถเรียนรู้อย่างเข้าใจอย่างแท้จริงจากตัวอย่างที่สัมผัสได้จริงทำให้รู้สึกว่าการเรียนคณิตศาสตร์มีประโยชน์ มีคุณค่า สามารถนำไปใช้ได้ในชีวิตจริง (ปรีชา เนาว์เย็นผล, 2544: 56)

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงภาระหน้าที่ของครูผู้สอน และความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT มาใช้ในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ตลอดจนส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเกิดการเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพของตน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ตามแนวคิดของ (McCarthy, 2000) ให้ความสำคัญกับผู้เรียนที่มีการเรียนรู้ที่หลากหลาย และพัฒนาสมองทั้งสองซีกอย่างสมดุลไปพร้อมกัน ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ดังแสดงในภาพประกอบ 1

ตัวแปรอิสระ



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบ 4MAT
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT กับเกณฑ์ร้อยละ 60
3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT
4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT กับเกณฑ์ร้อยละ 60

สมมติฐานในการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60
3. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT
4. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนบ้านปล่องเหลียม อำเภอกะทู้มูแบน จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 105 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนบ้านปล่องเหลียม อำเภอกะทู้มูแบน จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 34 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม จากจับสลากเลือกมา 1 ห้องเรียน จากห้องเรียนทั้งหมด 3 ห้องเรียน ซึ่งทางโรงเรียนได้จัดผู้เรียนของแต่ละห้องแบบความสะดวกสามารถ ได้กลุ่มตัวอย่าง 1 ห้องเรียน จำนวน 34 คน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนบ้านปล่องเหลี่ยม อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร เรื่อง การวัด ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้ ความเป็นมาของการวัด การวัดความยาว การวัดพื้นที่ การวัดปริมาตรและน้ำหนัก และการวัดเวลา

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองสอนด้วยตนเองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ใช้เวลาในการทดลองสอน 18 คาบ คาบละ 50 นาที โดยแบ่งเป็นการทดสอบก่อนเรียน 2 คาบ การทดสอบหลังเรียน 2 คาบ และจัดกิจกรรมการเรียนการสอน 14 คาบ

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT

ตัวแปรตาม ได้แก่

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
2. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องการวัดโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT
 2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ
 3. แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นแบบอัตนัย มีจำนวน 6 ข้อ
- สำหรับเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีรายละเอียดในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. **ขั้นตอนในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องการวัด** โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้ ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3) คู่มือการสอนคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนบ้านปล่องเหลี่ยม กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนแบบ 4MAT วิเคราะห์ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการวัด เพื่อกำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ จัดทำ

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การวัด ให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ โดยคำนึงถึงผู้เรียน 4 แบบ ที่มีการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน และพัฒนาสมองสองซีกซ้ายและขวาไปพร้อมกันอย่างสมดุล มีขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอน 8 ขั้น ดังนี้

1 **ขั้นสร้างคุณค่าและประสบการณ์ (สมองซีกขวา)** ผู้สอนสร้างประสบการณ์ตรงที่เป็นรูปธรรมเพื่อเชื่อมความรู้ให้กับนักเรียนและควรกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหรือสร้างแรงจูงใจเพื่อให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้และสนใจในสิ่งที่เรียน

2 **ขั้นวิเคราะห์ประสบการณ์ (สมองซีกซ้าย)** ผู้สอนให้ผู้เรียนวิเคราะห์ประสบการณ์โดยการอภิปราย และฝึกให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มอย่างหลากหลาย เช่น ช่วยกันระดมสมอง อภิปรายร่วมกัน เป็นต้น

3 **ขั้นปรับประสบการณ์เป็นความคิดรวบยอด (สมองซีกขวา)** ผู้สอนให้ผู้เรียนบูรณาการประสบการณ์และนำความรู้ที่ได้มาเชื่อมโยงกับความรู้เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจความคิดรวบยอด โดยผู้วิจัยมีบทบาทในการเตรียมข้อมูล ให้ข้อมูลสาธิต แล้วให้นักเรียนค้นคว้า

4 **ขั้นพัฒนาความคิดรวบยอด (สมองซีกซ้าย)** ผู้สอนให้ทฤษฎีหรือความคิดรวบยอดแก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจ กิจกรรมควรเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าจากใบความรู้แหล่งวิทยากรท้องถิ่น การสาธิต เป็นต้น

5 **ขั้นลงมือปฏิบัติจากกรอบความคิดที่กำหนด (สมองซีกซ้าย)** ผู้สอนให้ผู้เรียนได้ลองปฏิบัติโดยผ่านประสาทสัมผัส เช่น การทดลองจากใบงานการทดลอง การทำแบบฝึกหัด เป็นต้น โดยผู้วิจัยมีหน้าที่ชี้แนะและอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียน

6 **ขั้นสร้างชิ้นงานเพื่อสะท้อนความเป็นตนเอง (สมองซีกขวา)** ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความสามารถเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานตามจินตนาการของตน

7 **ขั้นวิเคราะห์คุณค่าและการประยุกต์ใช้ (สมองซีกซ้าย)** ผู้สอนให้ผู้เรียนวิเคราะห์ชิ้นงานเพื่อนำไปสู่การประยุกต์หรือดัดแปลงชิ้นงานให้ดีขึ้น

8 **ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้กับผู้อื่น (สมองซีกขวา)** ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงชิ้นงาน เพื่อให้เพื่อน ๆ ได้ชื่นชม ซึ่งเป็นการแบ่งปันโอกาสทางด้านความรู้และประสบการณ์ให้ผู้อื่นได้ซาบซึ้ง

นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด ที่ผู้วิจัยสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความชัดเจน และความถูกต้องของมาตรฐานการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และความสอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดและการประเมินผลการเรียนรู้ ตลอดจนภาษาที่ถูกต้อง และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขในเรื่องแก้ไขคำผิดและสัญลักษณ์ต่าง ๆ การยกตัวอย่างที่หลากหลาย การใช้สื่อในการสอน ความเหมาะสมของเนื้อหากับเวลาที่ใช้ในการสอน นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา ความ

ชัดเจนและความถูกต้องของมาตรฐานการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และความสอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดและการประเมินผลการเรียนรู้ ตลอดจนภาษาที่ถูกต้อง แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปเสนอประธานกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อตรวจสอบแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องซึ่งเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์นำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้ ศึกษาหลักสูตร คู่มือครู แบบเรียน และวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จากเอกสารและตำราเกี่ยวกับเทคนิคการสร้าง และวิเคราะห์ข้อสอบของชวาล แพร์ตกุล (2520 : 1 – 407) สร้างตารางวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยผู้วิจัยจะวิเคราะห์ร่วมกับอาจารย์ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 3 คน สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง การวัด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ โดยให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์และด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 3 คน ตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหา จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและความครอบคลุมของคำถามและความเหมาะสม หลังจากนั้นนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อประธานกรรมการตรวจพิจารณาอีกครั้ง แล้วนำข้อสอบไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรม (IOC) คัดเลือกข้อที่มีดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ≥ 0.50 ขึ้นไป ซึ่งได้ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 – 1.00 จำนวน 40 ข้อ นำแบบทดสอบที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านปล่องเหล็ก ซึ่งได้ผ่านการเรียน เรื่อง การวัด มาแล้ว จำนวน 100 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบที่นักเรียนทำ โดยให้ 1 คะแนน สำหรับข้อสอบที่ตอบถูกและให้ 0 คะแนน สำหรับข้อสอบที่ตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบเกิน 1 ตัวเลือก นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์เป็นรายข้อ เพื่อหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้เทคนิค 27% ของ จุง เตห์ ฟาน (Fan, 1952 : 6-52) คัดเลือกข้อที่มีความยาก (p) ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) 0.20 ขึ้นไป เลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากระหว่าง ระหว่าง 0.32 – 0.74 และค่าอำนาจจำแนก 0.24 – 0.78 จำนวน 20 ข้อ โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหาตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไปทดลองกับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 100 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2540: 183 - 184) ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79 นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง นำแบบ ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3. ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบอัตนัย มีจำนวน 6 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้ ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ศึกษาเนื้อหาและตัวชี้วัดจากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หนังสือคู่มือครูวิชาคณิตศาสตร์ (สสวท.) เรื่อง การวัด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัยจำนวน 6 ข้อ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอน ตอนละ 2 ข้อ คือ ตอนที่ 1 วัดทักษะการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ ตอนที่ 2 วัดทักษะการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และตอนที่ 3 วัด ทักษะการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน สร้างแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย ตอนละ 4 ข้อ รวมทั้งสิ้นจำนวน 12 ข้อ และเกณฑ์การให้คะแนนโดยนักเรียนที่ได้ 4 คะแนน คือ นักเรียนที่สามารถนำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์/ศาสตร์อื่น/ชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา เพื่ออธิบายข้อสรุปได้อย่างชัดเจนและนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง 3 คะแนน นักเรียนสามารถนำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ /สาระอื่น/ชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา เพื่ออธิบายข้อสรุปได้แต่คำตอบไม่ถูกต้อง 2 คะแนน นักเรียนสามารถนำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ /สาระอื่น/ชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาได้บางส่วน และอธิบายข้อสรุปไม่ถูกต้อง 1 คะแนน นักเรียนสามารถนำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ /สาระอื่น/ชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหายังไม่เหมาะสม แต่มีความพยายามในการเขียนอธิบาย และ 0 คะแนน นักเรียนไม่มีการเชื่อมโยง/ไม่มีร่องรอยในการหาคำตอบ แล้วนำแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และเกณฑ์ในการให้คะแนนที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญาพันธ์ แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบ แล้วนำมาคำนวณหาค่า IOC และคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ซึ่งได้ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 – 1.00 จำนวน 12 ข้อ แกะไขแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 12 ข้อ ตามข้อเสนอนี้ จากนั้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาควบคุมปริญญาพันธ์ตรวจพิจารณาอีกครั้ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยนำแบบทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกแล้วมาทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านปล่องเหล็ก ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ที่เรียนเรื่อง การวัด มาแล้ว จำนวน 100 คน เพื่อหาค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ และตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ตามเกณฑ์ นำผลการทดลองมาวิเคราะห์เป็นรายชื่อโดยพิจารณาจากดัชนีค่าความยากง่าย (PE) และดัชนีค่าอำนาจจำแนก (D) พร้อมกับคัดเลือก โดยใช้วิธีของวิทนีและซาเบอร์ส (Whitney and Sabers) เฉพาะข้อที่มีค่าความยากง่าย (PE) ตามเกณฑ์ ตั้งแต่ 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตามเกณฑ์ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยคัดเลือกตามเกณฑ์ 6 ข้อ มีค่าความยากง่าย (PE) ตั้งแต่ 0.32 – 0.74 และมีค่าอำนาจจำแนก (D)

ตั้งแต่ 0.35 – 0.73 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกแล้วจำนวน 6 ข้อ หาความเชื่อมั่นของเกณฑ์การให้คะแนน วัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยมีผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยอีก 1 คน ตรวจสอบให้คะแนนแบบทดสอบตามเกณฑ์ จากนั้นนำคะแนนของผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน โดยได้ค่าความเชื่อมั่นของการให้คะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 0.99 แสดงว่าการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดมีความเชื่อถือได้ นำแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่คัดเลือกแล้วจำนวน 6 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอัตโนมัติ โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบัก (Cronbach) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2538: 200) แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอัตโนมัติเท่ากับ 0.88 แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านปล่องเหล็ก ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 ห้องเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ขอความร่วมมือกับโรงเรียนบ้านปล่องเหล็ก อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 1 ห้อง เป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ และผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยตนเองโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด
2. ชี้แจงให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทราบถึงรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เพื่อให้นักเรียนได้ปฏิบัติตนได้ถูกต้อง
3. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ไปทำการทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง แล้วบันทึกคะแนนที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ เป็นคะแนนก่อนเรียน (Pretest)
4. ดำเนินการทดลอง โดยใช้การจัดการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัดสอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง
5. ทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นชุดเดียวกับชุดแรก แล้วบันทึกผลคะแนนหลังเรียน
6. ตรวจสอบให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบสมมติฐานโดยใช้วิธีทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยมีลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด โดยใช้สถิติ $t - test$ for Dependent Samples
2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด กับเกณฑ์ร้อยละ 60 โดยใช้สถิติ $t - test$ one group
3. เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด โดยใช้สถิติ $t - test$ for Dependent Samples
4. เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด กับเกณฑ์ร้อยละ 60 โดยใช้สถิติ $t - test$ one group

สรุปผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
3. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
4. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิปรายผล

จากการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ทั้งนี้เนื่องมาจาก

1.1 การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นความแตกต่างระหว่างผู้เรียนเป็นสำคัญโดยคำนึงถึงผู้เรียน 4 แบบ ที่มีความสามารถในการเรียนรู้ที่ต่างหากันออกไป ผู้เรียนแต่ละแบบจะสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างทางสมอง และระบบการทำงานของสมองทั้งสองซีก การจัดการเรียนการสอนจึงจำเป็นที่จะต้องให้ความเท่าเทียมกันกับผู้เรียนทั้ง 4 แบบ เพื่อให้สามารถพัฒนาสมองสองซีกซ้ายและขวาไปพร้อมกันอย่างสมดุล ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ตามความถนัดและความสามารถของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับแมคคาร์ธี (McCarthy,2000: 194 – 195) กล่าวว่าผู้เรียนมี 4 แบบ ซึ่งมีรูปแบบการเรียนรู้ และการรับรู้ที่ต่างกัน การจัดรูปแบบการเรียนการสอนจะต้องส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างลึกซึ้ง ดังนั้นหลังจากนักเรียนได้ผ่านขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแล้วทำให้ผู้เรียนมีลักษณะการเรียนรู้ที่ต่างกันไปตามศักยภาพของตนเอง ทำให้บรรยากาศแห่งการเรียนรู้สนุกสนานเต็มตามศักยภาพและเกิดทัศนคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ ปริญญา สองสีดา (2550: 23) กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ว่าเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนทำกิจกรรมร่วมกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อตัวผู้สอนและเป็นประโยชน์ต่อนักเรียน อีกทั้งการจัดกิจกรรมยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะ เก่ง ดี มีสุข ทำใ้ผู้เรียนมีลักษณะการเรียนรู้ที่ต่างกันไปตามศักยภาพของตนเอง ทำให้บรรยากาศแห่งการเรียนรู้สนุกสนานเต็มตามศักยภาพของผู้เรียน จึงส่งผลให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีและเกิดการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง

1.2 การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความคิด และการตัดสินใจอย่างเป็นระบบ โดยคำนึงถึงการเรียนรู้ของผู้เรียน 4 แบบ เป็นรูปแบบการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ ในทุกด้านอย่างเหมาะสม ทำใ้ผู้เรียนได้ดึงศักยภาพของตนเองออกมา ส่งผลให้นักเรียนกระตือรือร้นที่จะค้นหาความรู้ในเรื่องที่กำลังศึกษา เห็นได้จากการทำกิจกรรมกลุ่มนักเรียนแต่ละคนมีลักษณะการเรียนรู้ที่ต่างหากัน บางคนสามารถเข้าใจได้ดีจากการฟังคำอธิบายจากครู นักเรียนบางคนเรียนรู้ได้ดีจากการลงมือทำแบบฝึกหัด บางคนเรียนรู้ได้ดีจากการทดลอง และนอกจากนี้แล้วนักเรียนแต่ละคนยังมีความถนัดคนละด้าน เช่น ด้านการพูดนำเสนอ ด้านการเขียน ด้านการวาดภาพ ด้านการคิดคำนวณ นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มจึงแบ่งงานกันทำตามความถนัดของตัวเอง ทำใ้ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม นักเรียนสามารถแก้ปัญหาด้วยตนเอง ทำให้มีความมั่นใจในตนเอง กล้าแสดงออก และยังสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนทั้งทางร่างกาย สติปัญญา สังคม และอารมณ์ ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนอย่างลึกซึ้ง จนสามารถสร้างความคิดรวบยอดได้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับ โชคสุวิชัย สุภาพาส (2554: 22) ที่กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ว่าครูสามารถจัดการเรียนรู้ได้ง่าย โดยใช้

กิจกรรมที่หลากหลาย ทำให้ครูสามารถสังเกตศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนจากการที่ผู้เรียนดึงศักยภาพของตัวเองออกมาใช้ การประเมินผลสามารถทำได้โดยการประเมินผลตามสภาพจริง ผู้เรียน เก่ง ดี มีสุข สนุกสนานกับกิจกรรม ทำให้มีทัศนคติที่ดีต่อการเรียน เกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ทุกคนในห้องเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ มีความรักและยอมรับซึ่งกันและกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จรูญศรี แจบไธสง (2546: 56-57), อรทัย เสนจินตมิไชย (2546 : 63), วริชญุฒม์ ทองแมน (2547 : 89), ปริญญา สองสีดา (2550: 78) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์สูงขึ้น

2. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้เนื่องมาจาก

2.1 การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT โดยมีการเชื่อมโยงซึ่งเป็นทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ที่เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาสาระภายในวิชาคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น และคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน ซึ่งครูผู้สอนควรจะต้องทำให้ผู้เรียนเห็นถึงความเชื่อมโยงของสิ่งที่พบ และให้ทำกิจกรรมในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการเชื่อมโยง ดังที่เคนเนดี และทิปส์ (Kennedy and Tipps, 1994: 194-198) กล่าวถึงการเชื่อมโยงในคณิตศาสตร์ว่า นักเรียนจะต้องเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ป็นรูปธรรม รูปภาพ แผนภาพ สัญลักษณ์ และมโนคติ เข้ากับกระบวนการในการรวมเนื้อหาและวิธีการต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน และจะต้องเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน ซึ่งสอดคล้องกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่มีความเชื่อมโยงกับสิ่งที่ได้พบเห็นหรือมีอยู่ในชีวิตประจำวันเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างเข้าใจ ถ่องแท้จากตัวอย่างที่สัมผัสได้จริงทำให้รู้สึกว่าการเรียนคณิตศาสตร์มีประโยชน์ มีคุณค่า สามารถนำไปใช้ได้ในชีวิตจริง (ปรีชา เนาะเย็นผล, 2544: 56) ซึ่งสอดคล้องกับไคล์; และคนอื่นๆ (Kyle; et al. 2001: 80-86) ที่กล่าวว่า ครูควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม และแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงที่พวกเขาสนใจ เนื่องจากการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงเข้ากับความเป็นส่วนตัวของพวกเขา นักเรียนจะชอบแก้ปัญหาและสนุกกับการเรียนรู้ และนักเรียนได้ทำงานอย่างมีความหมาย อีกทั้งกิจกรรมหรือปัญหาที่สมควรเป็นปัญหาเปิดเพื่อให้นักเรียนได้คิด สามารถบอกแนวคิดและแสดงเหตุผลได้

2.2 การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ครูถือว่าเป็นผู้ที่มีบทบาทที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยง ควรสร้างให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในระหว่างการเรียนการสอน โดยให้นักเรียนปฏิบัติงานหรือกิจกรรม แล้วแปลงกิจกรรมเหล่านั้นออกมาเป็นรูปภาพ แผนภาพ แผนภูมิ กราฟ และสัญลักษณ์ต่างๆ นักเรียนจะได้แนวคิดใหม่ๆ กระบวนการ และทักษะจากการแก้ปัญหา แล้วสามารถรวบรวมแนวคิดและความคิดรวบยอดเพื่อส่งเสริมความเชื่อมั่นของนักเรียนในความคิดของเขาเอง เนื้อหาส่งเสริมทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อการเชื่อมโยง แต่ครูจะต้องหาโอกาสในการช่วยเหลือนักเรียนให้สร้าง

การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ปัญหาที่สร้างขึ้นต้องเป็นปัญหาที่เน้นให้นักเรียนสร้างการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เอาใจใส่ต่อการตระหนัก และการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างหัวข้อจะค่อยๆ ซึมซาบเข้าไปในตัวนักเรียน ซึ่งคาดหมายว่าแนวคิดที่พวกเขาจะได้เรียนรู้เป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหาและค้นคว้าหาคำตอบ ซึ่งสอดคล้องกับกรมวิชาการ (2545: 200–205) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์นั้น ผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาสอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ หรือนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือเห็นการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ในการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ครูผู้สอนควรอธิบายและยกตัวอย่าง ให้กับผู้เรียนอย่างชัดเจนพร้อมทั้งยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาอย่างง่ายเพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจถูกต้อง
2. ครูผู้สอนจะต้องเตรียมตัวและทำความเข้าใจขั้นตอนการสอนแต่ละขั้นเป็นอย่างดี เพื่อประโยชน์แก่ผู้เรียนและครูผู้สอน
3. ครูผู้สอนต้องมีความอดทนในการรอฟังความคิดเห็นต่าง ๆ จากผู้เรียน ใส่ใจและให้คำชี้แนะอย่างทั่วถึง ไม่ลำเอียงหรืออคติ สร้างความรู้สึกเป็นกันเองระหว่างผู้เรียนและผู้สอน
4. ในการปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียนครูควรให้ความใส่ใจให้ทั่วถึงในชั้นเรียน ให้คำปรึกษากับนักเรียนในระหว่างการทำกิจกรรม และครูจะต้องใช้น้ำเสียงที่อ่อนโยนเวลาให้คำปรึกษาและน้ำเสียงที่สนุกสนานเวลาที่นักเรียนกำลังทำกิจกรรมในชั้นเรียน
5. ผู้สอนควรให้กำลังใจเมื่อผู้เรียนสามารถทำสิ่งต่าง ๆ ได้ถูกต้อง เช่น ปรบมือให้ ชม ให้ดาวให้รางวัล เพื่อให้ผู้เรียนจะรู้สึกภูมิใจ เกิดความมั่นใจ กล้าพูด และกล้าแสดงออกมากขึ้น
6. ครูผู้สอนควรกำหนดเวลาให้เหมาะสมกับโจทย์ปัญหาหรือกิจกรรมต่างๆ อย่างพอเหมาะ มิฉะนั้นจะทำให้กิจกรรมใช้เวลามากจนเกินไป
7. ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมที่มีความหลากหลาย ทันสมัย เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละชั้น และให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมอย่างเต็มที่โดยเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างรวดเร็วและสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรให้มีการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ในเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่นๆ เช่น ทฤษฎีบทพีทาโกรัส พื้นที่ผิวและปริมาตร ความเท่ากันทุกประการ ความคล้าย เป็นต้น

2. ควรมีการศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT โดยศึกษาตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น ทักษะในการให้เหตุผล ทักษะในการคิดสังเคราะห์ ทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

3. ควรมีการนำรูปแบบของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ไปบูรณาการใช้กับการเรียนการสอนในรูปแบบอื่นๆ เช่น การจัดการเรียนการสอนแบบ CIPPA MODEL การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ เป็นต้น

4. ควรมีการนำเทคนิคการสอนต่าง ๆ มาสอดแทรกในขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ในบางขั้นตอน เช่น เทคนิค TGT (Team Games Tournament) และเทคนิค TAI (Team Assisted Individualization) เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมวิชาการ. (2545). **หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ:

โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กิตติชัย สุธาสิโนบล. (2546). 4MAT การจัดการกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาศักยภาพความเป็นมนุษย์ที่

สมบูรณ์ของผู้เรียน. ราชบุรี: โรงพิมพ์ธรรมรักษ์การพิมพ์.

จรรยา ภูอุดม. (2544). **การพัฒนาแบบการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้**.

ปริญญาานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ถ่ายเอกสาร.

จรรยาศรี แจบไธสง. (2546). **ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ โดยใช้**

รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับเทคนิควิธีการสอนแบบร่วมมือ. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชวาล แพร์ตกุล. (2520). **เทคนิคการเขียนข้อสอบ**. กรุงเทพฯ : พิทักษ์อักษร.

โชคสุวิชัย สุภาพาส (2554). **ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่องเส้นขนาน ที่มีต่อ**

ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ดุขฎี บริพัตร ณ ออยุธยา. (2538). **จากศักยภาพสู่อิสรภาพ**. กรุงเทพฯ : นานมีบุ๊คส์.

- ปริญญา สองสีดา. (2550). ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่องทศนิยมและเศษส่วนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2544). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- รวิษณุวัฒน์ ทองแมน. (2547). การพัฒนาแผนการจัดการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT เรื่องเศษส่วน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. การศึกษาค้นคว้าอิสระ กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน). มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- _____. (2540). สถิติวิทยาทางการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- วนิดา สุขลาลี. (2012). ผลการเรียนรู้ด้วยมัลติมีเดียแบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่ม ด้วยเกม เรื่องการคูณวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. *Veridian E-Journal, SU 5, 2 (May – august 2012) : 556.*
- วิชัย วงษ์ใหญ่. วิสัยทัศน์การศึกษา. นนทบุรี : SR PRINTING LIMITED PARTNERSHIP.
- _____. (2552). จากหลักสูตรแกนกลางสู่หลักสูตรสถานศึกษา : กระบวนทัศน์ใหม่การพัฒนา. กรุงเทพฯ : จรัสสินทวงศ์การพิมพ์
- สรารุช ปึ้งผลพูล. การพัฒนาผลการเรียนรู้ เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน. *Veridian E-Journal, SU 6, 1 (January – April 2013) : 329.*
- สันติ อธิพิณนาวากุล. (2550). การพัฒนาชุดการเรียนคณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวนโดยใช้โปรแกรม GSP (The Geometer's Sketchpad) เพื่อส่งเสริมความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การสอนคณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สิริพร ทิพย์คง. (2544). การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

สุรสาธ ภาสุข. (2546). การศึกษาความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และผลในด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินญา นิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2545). กรุงเทพฯ: อัมรินทร์พรินต์ติ้ง.

อรทัย เสนจันฉวีไชย. (2546). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ : ผลของการจัดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโจทย์ปัญหาหระคน และพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม.(การประถมศึกษา).กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อัมพร ม้าคนอง. (2545). รายงานวิจัย เรื่อง ความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนิสิตวิชาเอกคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาต่างประเทศ

Fan , Chung – Teh.(1952). *Item Analysis Table*. Princeton , New Jersey : Education Testing service.

Kennedy, Leonard M.; & Tipps, Steve. (1994). *Guiding Children’s Learning of Mathematics*. 7th ed. Belmont, California: Wadsworth.

Kyle, D.W., McIntrye, E.; & Moore, G.H. (2001). Connecting mathematics instruction with the families of young children. *Teaching Children Mathematics*. 8(2): 80–86.

McCarthy , Bernice. (2000). *About Teaching 4 MAT in the Classroom*. Wauconda, IL: About Learning Inc.