การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT

The Developing Academic Achievement of Mathayom Suksa 4 Students on Function Using The 4 MAT Learning Method

สุริยัน เขตบรรจง[1] และ ณัฐชยา บุญประสงค์[2]

มหาวิทยาลัยรามคำแหง[1], โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา สุวินทวงศ์[2]

Suriyun Khatbanjong[1] and Natchaya Boonprasong[2]

Ramkhamhaeng University[1], Triamudomsuksa Suwinthawong School ,Thailand[2]

Corresponding Author, E-mail:suriyun.k@rumail.ru.ac.th

****

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ระหว่างหลังเรียนและก่อนเรียน และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นการวิจัยเชิงทดลองในชั้นเรียน กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา สุวินทวงศ์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 2 จำนวน 27 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายด้วยวิธีจับฉลาก เครื่องมือการวิจัย คือแผนการจัดกิจกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT มีทั้งหมด 7 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์และแบบสำรวจความพึงพอใจ การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง และการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยได้ใช้สถิติ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการทดสอบ t-test แบบ dependent ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ระหว่างหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ระดับความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดมีค่าเฉลี่ย 4.81

คำสำคัญ: การพัฒนา; ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน; ฟังก์ชัน; วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT

---

* วันที่รับบทความ: 25 กรกฎาคม 2565; วันแก้ไขบทความ 14 กันยายน 2565; วันตอบรับบทความ: 19 กันยายน 2565

Received: July 25, 2022; Revised: September 14, 2022; Accepted: September 19, 2022

Abstracts

The objective of this research is 1) Developing academic achievement of Mathayom Suksa 4 students on function using the 4 MAT learning method to be effective according to the 80/80 criteria, 2) compared their mathematical performances on function using the 4 MAT system before and after studying, and 3) studied their satisfaction levels of the activities using the 4 MAT System, it is an experimental research in the classroom. The research participants included a random sampling of 27 students in secondary class 4/2 who studied in the second semester of the academic year 2019 at Triamudomsuksa Suwinthawong School under the Office of Secondary Education Service Area 2. There were activities on function for the students based on the 4 MAT system, composed of seven plans. Moreover, an achievement test and satisfaction level questionnaire were also adopted. The statistics used included the arithmetic mean, the standard deviation, and the dependent t-test. The research results revealed that 1) the activities on function conducted among the secondary school level 10 using the 4 MAT system yielded efficiency according to the standard criteria of 80/80, 2) The average of mathematical achievement scores was higher after studying, and 3) a statistical significance of 0.05 and the overall satisfaction level was ranked extremely high, with the average of 4.81.

Keywords: Improvement; Academic Achievement; Function; The 4 MAT Learning Method

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทและความสำคัญต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล และแสดงความคิดได้อย่างเป็นระบบระเบียบ มีแบบแผน เป็นลำดับขั้นตอนตลอดจนสามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์เกิดขึ้นได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ช่วยก่อให้เกิดความเจริญก้าวหน้าในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้านการศึกษา ด้านการแพทย์ และด้านอื่นๆ โลกปัจจุบันเจริญขึ้นเพราะการคิดค้นทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนามนุษย์ให้สมบูรณ์ มีความสมดุลทั้งทางร่างกาย จิตใจ สติปัญญาและอารมณ์ สามารถคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาได้ สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551 : 32) ซึ่งเห็นได้ว่าการดำรงชีวิตของมนุษย์จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยกระบวนการคิดแบบคณิตศาสตร์ โดยวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ เพราะการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงของมนุษย์ทั้งในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต ต้องอาศัยวิชาคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น ดังนั้นการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้เข้าใจอย่างแท้จริงและสามารถประยุกต์นำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญอย่างมาก (สันติ อิทธิพลนาวากุล, 2550 : ออนไลน์) นอกจากนั้นวิชาคณิตศาสตร์ยังเป็นวิชาที่มีความสำคัญมากในการพัฒนาคุณภาพบุคคลเนื่องจากวิชานี้ได้ฝึกทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล การคิดสร้างสรรค์ที่เป็นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต และการเตรียมตัวของนักเรียนเพื่อเป็นสมาชิกที่ดีของสังคม ครูควรส่งเสริมนักเรียนในการพัฒนาตนเองรู้จักการแก้ปัญหาและสามารถตัดสินใจในการเลือกอาชีพตามความถนัด ความสนใจ และความสามารถของตนเอง (สิริ

พร ทิพย์คง, 2544 : 5) ดังเห็นได้ชัดว่าคณิตศาสตร์มีผลต่อความคิดของมนุษย์ การคิดเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตเพราะความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในโลกปัจจุบัน (วีระ สุดสังข์, 2550 : 32) หากบุคคลในสังคมมีความสามารถในการคิดก็จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการดำรงชีวิตจะทำให้สามารถแก้ปัญหาได้รวมทั้งเลือกตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผลและเหมาะสมจากสถานการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นกับชีวิต

ในการจัดการศึกษาเพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์เป็นจุดมุ่งหมายสำคัญประการหนึ่งของการจัดการศึกษาของชาติ เนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญยิ่งสำหรับพัฒนาคนเพื่อนำไปสู่การพัฒนาความเจริญในด้านต่างๆโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานในการคิดสร้างองค์ความรู้การทำงาน (อัมพร ม้าคนอง, 2557 : 2) จากการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควรการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนในประเทศไทยประสบปัญหานักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ต่ำมาโดยตลอด (รัตนา ตั้งศิริชัยพงษ์, 2553 : 23) อันเนื่องมาจากนักเรียนส่วนใหญ่ขาดความรู้ความเข้าใจพื้นฐานและกระบวนการคิดหาคำตอบแบบคณิตศาสตร์ จึงส่งผลให้คะแนนผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์เป็นที่ไม่น่าพอใจ จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 2 ปีการศึกษา 2561 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 32.48 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เมื่อพิจารณาลายละเอียดพบว่า เนื้อหาเรื่องฟังก์ชัน มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด ครูผู้สอนจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้ผู้เรียนทุกคนตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนรู้และเอาใจใส่ต่อการเรียนรู้ การเรียนคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่จะพัฒนาเฉพาะสมองซีกซ้าย แต่ความสามารถในการคิดจะพัฒนาได้เต็มที่ก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้พัฒนาสมองทุกส่วน และเมื่อใดที่ครูสอนให้นักเรียนรู้จักคิด รู้จักใช้สมองทุกส่วนได้ตลอดเวลาเมื่อนั้นครูได้ช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาศักยภาพได้เต็มที่ (ดุษฎี บริพัตร ณ อยุธยา, 2538 : 2) กระบวนการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้สมองทั้งสองซีกอย่างสมดุลภายในสมองจะมีสารความสุข หรือสารเอ็นโดร์ฟินหลั่งออกมาจากต่อมไร้ท่อใต้สมองซึมเข้าสู่กระแสโลหิตไหลเวียรไปทั่วร่างกายเป็นผลทำให้ผู้เรียนมีความสุข อารมณ์ดี ร่าเริงเบิกบาน อยู่ในสภาวะผ่อนคลาย มีจินตนาการ มีความคิดสร้างสรรค์ ส่งผลให้เกิดความงดงามด้านจริยธรรมตามมา (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2543 : 21) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นอีกวิธีหนึ่งที่เหมาะสำหรับการพัฒนาสมองซีกขวาและซีกซ้ายสลับกันไปมา

การเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นการเรียนรู้ที่พัฒนามาจากการค้นคว้าของ เบอร์ นีส แมคคาร์ธี (Bernice Mc Carthy) นักการศึกษา นักการแนะแนวทางการศึกษา ชาวอเมริกัน ผู้มีประสบการณ์ในการสอนนักเรียนนักศึกษามาหลายระดับ ซึ่งเชื่อในศักยภาพของผู้เรียนที่มีความแตกต่างกัน โดยคำนึงถึงรูปแบบหรือวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละประเภทโดยในปี ค.ศ. 1979 Mc Carthy ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับสไตล์การเรียนรู้และบทบาทของสมองซึ่งทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคิดของ เดวิด คอล์บ (David Kolb) ซึ่งเป็นผู้เสนอความคิดเรื่อง รูปแบบการเรียนรู้ไว้เมื่อปี ค.ศ. 1970 โดยอธิบายว่า การเรียนรู้เกิดจากความสัมพันธ์ 2 มิติ คือการรับรู้

(perception) และการจัดการเรียนรู้ (processing) โดยกระบวนการเรียนรู้เป็นผลมาจากวิธีการหรือช่องทางที่บุคคลรับรู้ แล้วจัดกระบวนการสิ่งที่ได้รับรู้นั้น วิธีการที่บุคคลได้รับรู้มี 2 ประเภท คือ หนึ่งผ่านประสบการณ์รูปธรรมหรือผ่านประสบการณ์ตรง และสองผ่านความคิดรวบยอด หรือมโนมติที่เป็นรูปธรรม นอกจากนั้น เดวิด คอล์บ (McCarthy, 1997 : 46-51) ยังพบว่ากระบวนการเรียนรู้ของบุคคลบางคนเป็นกระบวนการที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติ ในขณะที่บางคนการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสังเกต หรือการรับรู้ข้อมูลพร้อม ๆ กับนำมาคิดไตร่ตรอง โดยที่ เดวิด คอล์บ (David Kolb) ได้มองเห็นความแตกต่างของการเรียนรู้ถึง 4 แบบของผู้เรียนโดยได้แบ่งพื้นที่วงกลมเป็น 4 ส่วน หลังจากนั้น เบอร์ นีส แมคคาร์ธี (Bernice Mc Carthy) ได้ขยายความคิดของ เดวิด คอล์บ (David Kolb) โดยให้มีพื้นที่ 4 ส่วนของวงกลมแทนลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียน 4 แบบ ซึ่งมีสไตล์การรับรู้และกระบวนการจัดการสิ่งที่ได้รู้แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบ 4 MAT ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่จัดขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความเหมาะสมกับผู้เรียนที่มีรูปแบบวิธีการของการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน 4 แบบเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความถนัดของตนเอง และได้ฝึกฝนการเรียนรู้แบบที่ตนไม่ถนัดด้วย โดยแบ่งการเรียนรู้เป็น 8 ขั้นตอน

ประพันธ์สิริ สุเสารัจ (2551 : 5) ได้อธิบายขั้นตอนการเรียนรู้แบบ 4 MAT ดังต่อไปนี้ 1) แบบจินตนาการ(Why) 2) แบบคิดวิเคราะห์(What) 3) แบบใช้สามัญสำนึกด้วยการลงมือทำ(How) 4) แบบพลวัตรการเปลี่ยนผ่านความรู้(If) ผู้เรียนแต่ละคนควรได้รับโอกาสในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาศักยภาพและสมองทั้งสองซีกของตนเอง ซึ่งในการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจะต้องมีการพัฒนาสมองทั้งสองซีกคือ ซีกซ้ายและซีกขวาไปพร้อม ๆ กัน และอย่างเท่าเทียมกัน ลีลาการสอนของครูจึงต้องมี 4 แบบจำแนกตามลักษณะการเรียนรู้ที่แตกต่างกันของผู้เรียน การสอนมีทั้งหมด 8 ขั้นตอนเป็นขั้นตอนการพัฒนาสมองซีกซ้าย 4 ขั้นตอนและซีกขวา 4 ขั้นตอน สลับกันในการสอนทั้ง 4 แบบจะกระตุ้นการคิดที่แตกต่างกันคือ ส่วนที่ 1 มี 2 ขั้นตอน กระตุ้นให้เกิดการคิดแบบจินตนาการ ส่วนที่ 2 มี 2 ขั้นตอน กระตุ้นให้เกิดการคิดวิเคราะห์ส่วนที่ 3 มี 2 ขั้นตอน ให้เกิดประสบการณ์จากสามัญสำนึก และ ส่วนที่ 4 มี 2 ขั้นตอน กระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์การคิดวางแผนแก้ปัญหา และการตัดสินใจด้วยตนเองขั้นตอนการสอนจะใช้สมองสลับกันเริ่มจากทาง ขวา-ซ้าย ขวา-ซ้าย ซ้าย-ขวา ซ้าย-ขวา ตามลำดับ กล่าวคือ จะเริ่มสอนด้วยบทบาท ลีลา เทคนิคของสมองซีกขวา และจบลงในขั้นตอนที่ 8 ด้วยสมองซีกขวาทั้งนี้ได้มีผู้วิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4 MAT ดังนี้

สุรศักดิ์ ภะวะ (2556 : 50) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4 MAT นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ TAI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 ซึ่ง ขวัญชนก สุนทรสุข (2560 : 4) พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยวิธีการ4 MAT มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 ทั้งนี้ สุนันทา บ้านกล้วย (2556 : 193) พบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบ 4 MAT มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ McCarthy (1997 : 46-51) ได้ศึกษาการเรียนรู้ของนักเรียน 4 แบบ โดยใช้ระบบ4 MAT ตามที่นักเรียนแต่ละคนมีลักษณะเฉพาะตัวซึ่งนักเรียนสามารถนำไปใช้ในห้องเรียนได้ ในขณะเดียวกันนักเรียนสามารถพัฒนาความรู้ได้ครบถ้วนตามวงจรการศึกษา โดยเป็นไปตามวงจรธรรมชาติจากความรู้สึกไปถึงผลสะท้อนกลับมาให้คิดวิเคราะห์ในที่สุดแสดงออกมาเป็นพฤติกรรม

ผู้วิจัยจึงสนใจในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT โดยได้นำกิจกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT มาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ และผู้วิจัยคาดหวังว่าหลังจากนักเรียนได้เรียนจากกิจกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT จะช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น และสามารถแก้ปัญหาเรื่องฟังก์ชันได้เป็นอย่างดี นักเรียนสามารถนำขั้นตอนการคิดจากการเรียนไปใช้ โดยนักเรียนสามารถใช้สมองทั้งสองซีกได้อย่างสมดุลมีความสนุกสนานกับการร่วมกิจกรรมการเรียนในชั้นเรียน และนักเรียนสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ระหว่างหลังเรียนและก่อนเรียน

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ ในรูปแบบการวิจัยเชิงทดลองในชั้นเรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากร คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2562 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา สุวินทวงศ์ ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 มี 7 ห้องเรียน จำนวน 232 คน

กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา สุวินทวงศ์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 2 จำนวน 27 คน ได้มาจากการสุ่มแบบง่ายด้วยวิธีจับฉลาก

2. เครื่องมือการวิจัย

ศึกษาและวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ คุณภาพผู้เรียน และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT แล้วสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร โดยกำหนดเนื้อหาจุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนข้อสอบที่ต้องการวัด ตามจุดประสงค์การเรียนรู้

2.1 เขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ใช้เวลาในการวิจัย 22 ชั่วโมง โดยทดสอบก่อนเรียน 1 ชั่วโมง และหลังเรียน 1 ชั่วโมง ใช้เวลาในการสอนตามแผน จำนวน 7 แผน จากนั้นนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนเสนอต่อครูผู้สอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อปรับปรุงแก้ไข แล้วนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ ด้านการสอนคณิตศาสตร์ ด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการวัดผลประเมินผล จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม ความสอดคล้องและความเป็นไปได้ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหากิจกรรมการเรียน การสอน และการวัดผลประเมินผล โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาลงความเห็นและให้คะแนน แล้วปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดกิจกรรมการเรียนตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญโดยมีค่า (Index of item Objective Congruence: IOC) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างของในการวิจัยโดยทดลองรายบุคคลจำนวน 3 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่เรียนเก่งจำนวน 1 คน ปานกลางจำนวน 1 คน และอ่อนจำนวน 1 คนเพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 60/60 จากนั้นปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปทดลองกลุ่มย่อยจำนวนนักเรียน 9 คน ซึ่งเป็นนักเรียนเก่งจำนวน 3 คน ปานกลางจำนวน 3 คน และอ่อนจำนวน 3 คน เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 เพื่อหาข้อบกพร่องเกี่ยวกับเวลา สื่อการสอน เนื้อหาและกิจกรรม แล้วนำข้อบกพร่องจากการทดลองใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนมาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำไปทดลองสนามเพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ตามที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ โดยที่ E1/E2 โดย E1 คือ การทำแบบฝึกหัด1-7

และแบบทดสอบย่อย1-7 และ E2 คือการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีขั้นตอนการสอนดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 Why

ขั้น 1 ขั้นกระตุ้นและสร้างประสบการณ์

เริ่มจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงกับประสบการณ์จริงเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นมีขั้นตอนดังนี้

1.ครูแจกบัตรคำถามที่สามารถแสดงวิธีการทำงานได้อย่างหลากหลายวิธีถามนักเรียนเพื่อกระตุ้นนักเรียนให้เกิดการคิดหาคำตอบด้วยวิธีการที่หลากหลาย

ขั้นที่ 2 ขั้นคิดไตร่ตรองประสบการณ์

2.นักเรียนจดบันทึกสิ่งที่ตนเองเข้าใจ จากตัวอย่างที่ครูแจกให้ เพื่อเป็นการได้เสนอความคิดของแต่ละคน อย่างอิสระภายในกลุ่ม

3.ครูแนะแนวทางในการหาคำตอบด้วยวิธีแจกเอกสาร โดยในเอกสารได้แสดงคำตอบบางส่วนไว้

ส่วนที่ 2 What

ขั้น 3 ขั้นพรั่งพรูประสบการณ์

4.นักเรียนคิดหาคำตอบจากใบกิจกรรมที่ครูแจกให้ จากนั้นนักเรียนแลกเปลี่ยนกันเฉลยคำตอบ สำหรับนักเรียนที่ทำไม่ได้ ครูจะเป็นคนให้คำแนะนำ

ขั้นที่ 4 ขั้นสอนและฝึกทักษะ

5.ครูอธิบายขั้นตอนการแสดงคำตอบจากตัวอย่างในใบกิจกรรม จากนั้นครูเดินดูในแต่ละกลุ่ม สำหรับนักเรียนที่ทำไม่ได้ ครูจะเป็นคนให้คำแนะนำ

6.ครูและนักเรียนร่วมกันหาคำตอบจากใบกิจกรรมในเอกสารแนะแนวทางตามที่ครูแจกให้ เพื่อนักเรียนจะได้เห็นกระบวนการแสดงการหาคำตอบ

ส่วนที่ 3 How

ขั้น 5 ขั้นลงมือปฏิบัติ

7.ครูแบ่งกลุ่มให้นักเรียนกลุ่มละ 4-5 คน จากนั้นครูแจกใบกิจกรรมให้นักเรียนกลุ่มละ 1 แผ่น ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มของตน

ขั้นที่ 6 ขั้นเสริมแต่งและฝึกฝนจนเชี่ยวชาญ

8.ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้กันกับเพื่อนภายในกลุ่ม จากการศึกษาใบกิจกรรมที่ครูแจกให้ เพื่อให้สมาชิกภายในกลุ่มได้ร่วมกันเสนอแนวคิดวิธีการหาคำตอบ ในกรณีที่ไม่สามารถทำได้นักเรียนสามารถขอคำแนะนำจากครูได้

ส่วนที่ 4 If

ขั้น 7 ขั้นนำไปใช้

9.นักเรียนปรับปรุงข้อบกพร่อง ในส่วนที่แสดงคำตอบผิด

10.ครูให้นักเรียนไปหาโจทย์เพิ่มเติมแล้วนำมาส่งในครั้งถัดไป เพื่อเป็นการให้นักเรียนได้เรียนรู้โจทย์ที่หลากหลายขึ้น

ขั้นที่ 8 ขั้นคิดไตร่ตรองประสบการณ์

11.ครูเลือกตัวอย่างของนักเรียนบางคนที่มีความเหมาะสม แล้วให้นำมาเสนอผลงานในครั้งถัดไป

2.2 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างหลังเรียนและก่อนเรียนชุดเดียวกัน เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ ศึกษาจากเอกสาร ตำราเกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผลการศึกษา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหลังจากนั้น สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน มีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ให้ครอบคลุมเนื้อหาเรื่องฟังก์ชัน นำแบบทดสอบทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนอต่อครูผู้สอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อปรับปรุงแก้ไข แล้วนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ ด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการวัดผลประเมินผล จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างข้อสอบ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาลงความเห็น นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ได้ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่กำลังเรียนอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เคยเรียนเนื้อหาเรื่องฟังก์ชัน มาแล้ว จำนวน 27 คน โดยใช้แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนชุดเดียวกัน จากนั้นนำผลการทดสอบไปหาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ จากนั้นคัดเลือกข้อสอบให้เหลือ 20 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.88 มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.25-0.74 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25-0.87 จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2.3 ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามวัดความพึงพอใจ จากตำราเกี่ยวกับแบบสอบถามวัดความพึงพอใจ และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามวัดความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ซึ่งเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) ที่มีคะแนน 5 ระดับ คือน้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก มากที่สุด จำนวน 10 ข้อ แล้วนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและสอดคล้องต่อการจัดกิจกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT นำแบบสอบถามวัดความพึงพอใจไปปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำมาหาค่าความเที่ยงตรง (Index of item Objective Congruence: IOC) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และมีค่าความ

เชื่อมั่น 0.97 แล้วนำมาเสนอต่อครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

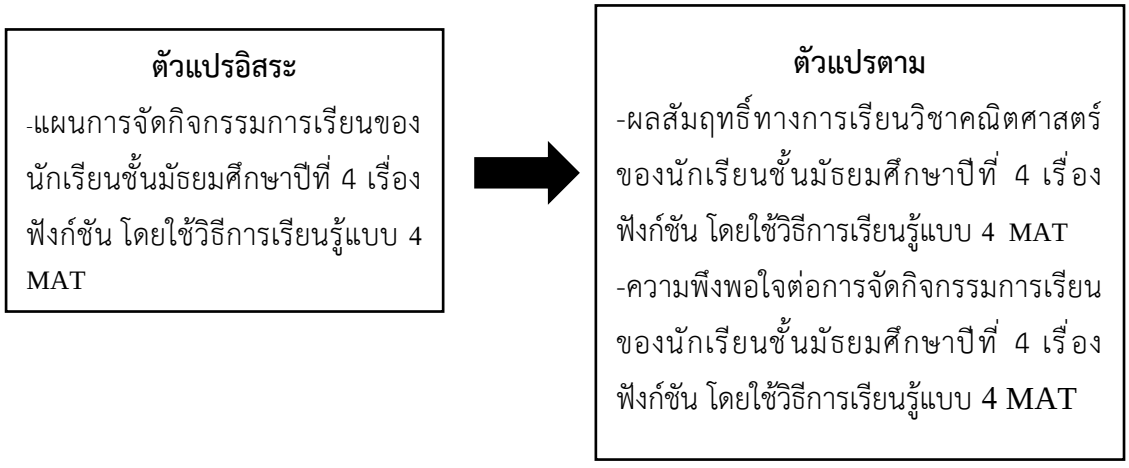
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตัวเองโดยนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และวัดความพึงพอใจจากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

4. การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง โดยนำผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT หลังเรียนและก่อนเรียนมาคำนวณ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต(M) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD) t-test แบบ dependent และนำผลจากแบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT มาคำนวณ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต(M) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ตามลำดับ

กรอบแนวคิดในการวิจัย



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT มีดังนี้

วัตถุประสงค์ 1.เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ดังแสดงผลในตาราง 1

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์ การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *4* เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 *MAT* ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 จากการหาประสิทธิภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 *MAT*

การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียน	E_1	E_2	E_1/ E_2
การหาประสิทธิภาพรายบุคคล	62.73	61.51	62.73/61.51
การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย	75.78	73.48	75.78/73.48
การหาประสิทธิภาพภาคสนาม	81.09	80.54	81.09/80.54

วัตถุประสงค์ 2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ระหว่างหลังเรียนและก่อนเรียน พบว่าการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 9.56 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 16.71 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและก่อนเรียน โดยใช้สถิติ t-test แบบ dependent พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าสูงกว่าคะแนนเฉลี่ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงผลใน

ตาราง 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ4 MAT ระหว่างหลังเรียนและก่อนเรียน

กลุ่มทดลอง	n	*M*	*SD*	*t*	*df*	Sig.
ก่อนเรียน	27	9.56	4.26	4.567	26	0.0000
หลังเรียน	27	16.71	2.48			

หมายเหตุ : มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วัตถุประสงค์ 3.เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT พบว่าระดับความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดมีค่าเฉลี่ย 4.81 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ กิจกรรมสอดคล้องกับเนื้อหาและการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นตอน แต่ละขั้นตอนฝึกให้นักเรียนได้ใช้สมองทั้งสองซีกระหว่างซีกซ้ายและซีกขวา อย่างสมดุลจากวิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT มีค่าเฉลี่ย 4.95

อภิปรายผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ 1. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

พบว่าจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนเป็นไปตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ก่อนเริ่มทำการวิจัย เป็นเพราะผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนโดยยึดหลักผู้เรียนเป็นสำคัญสำคัญทุกขั้นตอน ซึ่งในทุกขั้นตอนได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และนำไปทดลองใช้ เพื่อตรวจสอบการใช้ภาษาและเนื้อหา รวมทั้งเวลาในการทำกิจกรรม แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ ก่อนนำไปทดลองภาคสนามต่อไป การจัดกิจกรรมการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญทุกขั้นตอน เป็นไปตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551 : 43) ได้กล่าวว่า หลักการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ คือเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ผู้สอนมีส่วนช่วยให้การจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจ และความถนัดของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นด้วยเหตุผล ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทั้งความรู้และทักษะกระบวนการ การคิด และมีประสบการณ์ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาสมองของนักเรียนทั้งสองซีก ระหว่างสมองซีกซ้ายและสมองซีกขวา อันเนื่องจากนักเรียนสามารถเรียนรู้ได้จากประสบการณ์และความสามารถของแต่ละคนได้แตกต่างกัน และเป็นอีกหนึ่งอย่างที่ทำให้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นไปตามเกณฑ์ เพราะผู้วิจัยได้คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล เป็นไปตาม Silva (2011 : 19-21) ได้บอกความหมายของการเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นกระบวนการที่เตรียมไว้ให้ผู้เรียนทุกคนได้เรียนรู้ในแบบที่แต่ละคนถนัดในขณะที่อยู่ในชั้นเรียน เป็นการผสมผสานระหว่างการเรียนรู้ 4 รูปแบบ กับการทำงานของสมองซีกซ้ายและสมองซีกขวา ทำให้เกิดรูปแบบที่แตกต่างกัน 8 ขั้นตอน ที่เหมาะสมกับผู้เรียนซึ่งผู้วิจัยได้นำแต่ละขั้นตอนมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนโดยแบ่งเป็น 4 ส่วน ในแต่ละส่วนประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้ ส่วนที่ 1 ทำไม (Why) เป็นส่วนที่สร้างประสบการณ์ตรงเป็นของนักเรียนเองมีขั้นตอนที่

1 ครูจัดกิจกรรมเพื่อเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ของนักเรียนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ฝึกการสังเกต ฝึกการคิด และจินตนาการ แล้วตั้งคำถามที่แสดงถึงความสำคัญของเนื้อหาเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ขั้นตอนที่ 2 ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนระดมความคิดภายในกลุ่ม จากนั้นแสดงความคิด ความรู้จากสิ่งที่สังเกตร่วมกันอย่างอิสระ ส่วนที่ 2 อะไร (What) การกำหนดกฎเกณฑ์ด้านความคิดมีขั้นตอนที่ 3 ครูจัดกิจกรรมที่เป็นรูปประธรรมเพื่อเชื่อมโยงความรู้ที่เคยเรียนมาแล้วกับสิ่งที่เป็นเนื้อหาใหม่ เพื่อให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของเนื้อหา จากนั้นให้นักเรียนสรุปเป็นความคิดรวบยอดด้วยตนเอง กิจกรรมจึงเน้นไปที่ความสำพันธ์และการเปรียบเทียบ ขั้นที่ 4 ครูจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ให้นักเรียนได้อย่างลึกซึ้งและกว้างขวางขึ้น โดยให้ศึกษากฎหรือทฤษฎีในใบความรู้ และศึกษาตัวอย่างที่ครูยกมาให้ จากนั้นครูเป็นผู้อธิบายตัวอย่างที่ยกขึ้นมาตามขั้นตอน หรือลองสาธิตการทำแบบฝึกหัดแสดงวิธีคิดให้ดูตามลำดับ ส่วนที่ 3 อย่างไร (How) การปฏิบัติและพัฒนาความคิดรวบยอด มีขั้นที่ 5 ครูจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนฝึกฝนให้เกิดความเชี่ยวชาญ โดยการให้นักเรียนปฏิบัติด้วยตนเองหรือร่วมกันทำแบบฝึกหัด ซึ่งสิ่งที่นักเรียนฝึกฝนนั้นมีลักษณะคล้ายกับสิ่งที่ครูสอน โดยครูเป็นผู้ช่วยเหลือกำกับดูแล ขั้นที่ 6 ครูให้นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องภายหลังจากการฝึกฝน จากนั้นมอบหมายงานให้ผู้เรียนไปค้นคว้าความรู้ที่ผ่านการเรียนนำมาสร้างชิ้นงาน และส่วนที่ 4 ถ้า (If) มีขั้นที่ 7 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลงานหรือโจทย์ปัญหามานำเสนอ หน้าชั้นเรียนในรูปแบบการรายงานให้เพื่อนกลุ่มอื่นและครูติชม วิพากษ์ วิจารณ์ จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไข ขั้นที่ 8 นำผลงานที่ทำไปแสดงในงานนิทรรศการเพื่อเป็นการแบ่งปันความรู้กับผู้อื่น ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT นั้นทำให้นักเรียนมีความสุข สนุกสนาน ได้ทำงานร่วมกับเพื่อนและได้แลกเปลี่ยนความรู้กัน จึงทำให้คะแนนสอบระหว่างเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และอาจเป็นเพราะว่าผู้วิจัยได้นำชุดกิจกรรมการเรียนไปทดสอบหาประสิทธิภาพก่อนการทดลองภาคสนาม ซึ่งสอดคล้องกับ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556 : 7-20) กล่าวว่า การผลิตสื่อหรือชุดกิจรรมการสอนนั้น ก่อนนำไปใช้จริงจะต้องนำสื่อไปทดสอบประสิทธิภาพ เพื่อดูว่าสื่อหรือชุดกิจกรรมการสอนทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ มีประสิทธิภาพในการช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์หรือไม่ และผู้เรียนมีความพึงพอใจจากสื่อหรือชุดกิจกรรมการสอนในระดับใดนั้น ผู้ผลิตสื่อหรือชุดกิจกรรมการสอน จำเป็นต้องนำสื่อหรือชุดกิจกรรมการสอนไปหาคุณภาพ เรียกว่าการทดสอบประสิทธิภาพ จึงทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4 MAT มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรศักดิ์ ภะวะ (2556 : 50) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4 MAT นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ TAI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 ซึ่ง ขวัญชนก สุนทรสุข (2560 : 4)

พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยวิธีการ 4 MAT มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 ทั้งนี้ สุนันทา บ้านกล้วย (2556 : 193) พบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบ 4 MAT มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ McCarthy (1997 : 46-51) ได้ศึกษาการเรียนรู้ของนักเรียน 4 แบบ โดยใช้ระบบ 4 MAT ตามที่นักเรียนแต่ละคนมีลักษณะเฉพาะตัวซึ่งนักเรียนสามารถนำไปใช้ในห้องเรียนได้ ในขณะเดียวกันนักเรียนสามารถพัฒนาความรู้ได้ครบถ้วนตามวงจรการศึกษา โดยเป็นไปตามวงจรธรรมชาติจากความรู้สึกไปถึงผลสะท้อนกลับมาให้คิดวิเคราะห์ในที่สุดแสดงออกมาเป็นพฤติกรรม วัตถุประสงค์ 2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ระหว่างหลังเรียนและก่อนเรียน

พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าการจัดกิจกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT มีความชัดเจนทุกขั้นตอนและกระบวนการคิดโดยผู้เรียนได้ใช้สมองทั้งสองซีกคือสมองซีกซ้ายและสมองซีกขวาอย่างสมดุล โดยครูผู้สอนได้ใช้การเรียนรู้แบบ 4 MAT มาใช้กระตุ้นนักเรียนโดยมี 4 แบบ ดังนี้ แบบที่ 1 (Why) เกิดจากการรับรู้และประสบการณ์และผ่านกระบวนการณ์จัดการข้อมูลด้วยการณ์สังเกตอย่างไตร่ตรอง สมองซีกขวาของนักเรียนได้มีการค้นหาความหมายด้วยตัวของเขาเองหรือทำความเข้าใจในแง่มุมของเขา จากเรื่องที่ต้องการเรียนหรือเรื่องที่เขาต้องการรับรู้ และสมองซีกซ้ายได้สร้างความเข้าใจเรื่องนั้นด้วยการวิเคราะห์ในรายละเอียด แบบที่ 2 (What) การเรียนรู้ของผู้เรียนเกิดการรับรู้ความคิดรวบยอดและผ่านกระบวนการของการเห็นหรือคิดวิเคราะห์ สมองซีกขวาของเขาจะทำหน้าที่ค้นหาประสบการณ์ใหม่ ที่บูรณาการเข้ากับสิ่งที่ต้องการรู้โดยมุ่งหาข้อมูลที่ถูกต้องน่าเชื่อถือจากผู้รู้ หรือผู้เชี่ยวชาญเพื่อช่วยในการสร้างความคิดรวบยอดหรือข้อสรุปที่เป็นหลักการ หรือทฤษฎี แบบที่ 3 (How) การเรียนรู้ของผู้เรียนเกิดจากการรับรู้โดยนำความคิดรวบยอดซึ่งเป็นนามธรรมแล้วผ่านกระบวนการของการลงมือกระทำ สมองซีกซ้ายจะค้นหาหนทางทำงานที่ลักษณะของคนอื่นๆ คือดูว่าคนอื่นเขาจะทำงานชิ้นนั้นอย่างไรซึ่งอาจจะต้องศึกษารายละเอียด หรือขั้นตอนการทำงาน ตามแนวของผู้อื่นเพื่อพัฒนาให้เกิดเป็นแนวทางเฉพาะของตนเองต่อไป สมองซีกขวาจะพยายามค้นหาแนวทางการประยุกต์เป็นแนวทางเฉพาะตน และแบบที่ 4 (If) การเรียนรู้ของผู้เรียนเกิดจากการรับรู้ด้วยการลงมือทำ การกระทำจึงเป็นประสบการณ์รูปธรรม สมองซีกซ้ายจะวิเคราะห์ถึงความสำคัญและความเกี่ยวโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง สมองซีกขวาจะค้นหาแนวทางการขยายผลซึ่งเป็นการจบอย่างเปิดประเด็นใหม่ให้นักเรียนค้นหาคำตอบที่เป็นของตนเองโดยมีการดำเนินกิจกรรมที่ยืดหยุ่นตอบสนองนักเรียน ซึ่งมีลักษณะการเรียนรู้อย่างหลากหลาย

ให้เรียนอย่างมีความสุขและนักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข ซึ่งแตกต่างจากนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติที่ไม่ได้ทำกิจกรรมที่หลากหลายเหมือนกับนักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ทำแต่แบบฝึกหัดเท่านั้น จึงทำให้นักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT จดจำเนื้อหาสาระที่เรียนได้ดีจนสามารถนำความรู้เหล่านั้นไปทำแบบทดสอบได้คะแนนสูง ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ระหว่างหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ขวัญชนก สุนทรสุข (2560 : 4) ได้ทำการวิจัยได้วิจัยการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยวิธีการ 4 MAT เรื่อง ทฤษฎีบทปีทาโกรัส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 และสุนันทา บ้านกล้วย (2556 : 193) ทำการวิจัยผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4 MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี4ที่ 2 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วัตถุประสงค์ 3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT

พบว่าความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.81) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ กิจกรรมสอดคล้องกับเนื้อหาและการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นตอน แต่ละขั้นตอนฝึกให้นักเรียนได้ใช้สมองทั้งสองซีกระหว่างซีกซ้ายและซีกขวา อย่างสมดุลจากวิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT มีค่าเฉลี่ย(M = 4.95) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ยึดนักเรียนเป็นสำคัญคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างนักเรียนและความสามารถของสมองทั้ง 2 ซีก ทำให้นักเรียนมีความถนัดและความสามารถที่แตกต่างกันสามารถเรียนรู้ร่วมกันได้อย่างมีความสุข มีความกระตือรือร้น สนุกสนาน กล้าแสดงออก กล้าแสดงความคิดเห็น มีความสามัคคี และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ส่งผลให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียน ซึ่งแรงจูงใจในการเรียนรู้ของตัวนักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียน ซึ่งแรงจูงใจในการเรียนรู้ของตัวนักเรียนจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีที่สุด ดังนั้นการสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ของตัวนักเรียน จะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีที่สุด ดังนั้นการสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนที่มีความต้องการจะเรียนรู้จะเป็นการช่วยให้นักเรียนพ้นสภาวะของความทรมาน ที่เกิดจากการเรียนที่น่าเบื่อหน่าย และได้ค้นพบกับความสุขและความท้าทายจากการเรียน กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์ (2552 : 16-23) โดยในการจัดกิจกรรมการ

เรียนรู้แบบ 4 MAT ผู้วิจัยได้เน้นนักเรียนเป็นสำคัญทุกขั้นตอน และสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนให้มีความอบอุ่นให้กับนักเรียนในชั้นเรียนที่มีความสามารถในการเรียนรู้ทุกรูแบบดังเช่น งานวิจัยของ Uyangor (2012 : 43-53) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบ 4 MAT มีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ Uyangor ยังได้กล่าวอีกว่าการสอนแบบ 4 MAT เป็นการสอนที่คำนึงแบบการเรียน มีผลต่อความสำเร็จและเจตคติของนักเรียนในทางบวก ดังนั้นเพื่อให้บรรยากาศการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ ผู้สอนควรสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อนักเรียนทุกแบบไม่ใช่เอื้อต่อนักเรียนแบบใดแบบหนึ่ง นักเรียนจะได้รับประโยชน์จากการสนใจและความสามารถของผู้อื่นที่มีแบบการเรียนที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (*M* = 4.81) ต่อการจัดกิจกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT

4. จากการอภิปรายทั้งหมดที่กล่าวมาทั้ง 3 ข้อ ทำให้ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.81) เนื่องจากผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแผนกิจกรรมการเรียนตามทฤษฎี ภายใต้เนื้อหาสาระวัตถุประสงค์การเรียนที่ครอบคลุมทุกขั้นตอน ซึ่งในแผนการสอนมีความชัดเจนทุกขั้นตอน และคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ที่มาจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันทำให้การเรียนรู้และการค้นหาคำตอบของนักเรียนแต่ละคนแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ในทุกขั้นตอนของกิจกรรมการสอนยังได้เน้นการใช้สมองของนักเรียนทั้งสองซีก ระหว่างซีกซ้ายกับซีกขวา ได้ถูกใช้สลับไปมาเพื่อให้เกิดการใช้สมองได้อย่างสมดุล ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำทฤษฎีการเรียนรู้แบบ 4 MAT มาเป็นแนวทางในการสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อเป็นไปตามทฤษฎีการสอน จึงส่งผลให้ผู้วิจัยประสบผลสำเร็จในการวิจัยครั้งนี้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT ผู้สอนจำเป็นจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจต่อทฤษฎีหลักการและขั้นการจัดการเรียนรู้อย่างละเอียด เพื่อที่จะสามารถจัดการเรียนการสอนได้ตรงตามหลักการพัฒนาสมองและความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียน และสอดคล้องกับเนื้อหาที่จะสอน ก่อนการจัดการเรียนรู้ 22

2.ครูผู้สอนควรมีการชี้แจงรายละเอียดของการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ เพื่อที่นักเรียนจะได้ทราบถึงวัตถุประสงค์ ในการจัดกิจกรรมในแต่ละขั้น และมีเป้าหมายในการเรียนมากขึ้น และในกรณีที่พบว่านักเรียนไม่เกิดองค์ความรู้จากการเรียน และไม่เข้าใจเนื้อหาที่เรียน ครูผู้สอนควรให้การช่วยเหลือ ส่งเสริม สนับสนุน ให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ อาจเริ่มต้นจากครูผู้สอนตั้งคำถามหรือยกตัวอย่างโจทย์เริ่มจากง่ายไป

หายาก เพื่อช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาการในการใช้สมองทั้งสองซีกได้อย่างสมดุล ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ เป็นส่วนที่สำคัญที่ครูผู้สอนต้องดูแลเอาใจใส่เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถเข้าใจตรงตามจุดประสงค์

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1.ควรศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ในชั้นอื่นๆ หรือในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์อื่นๆ ทั้งนี้ผู้สอนควรนำรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT ไปใช้ในการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง

2.เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ และส่งผลให้นักเรียนนำองค์ความรู้ไปขยายใช้ต่อในอนาคตได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

3.ควรนำสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนนำเสนอต่อผู้บริหารสถานศึกษา และร่วมกันหาแนวทางในการแก้ปัหาการจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์. (2552). เทคนิคการสร้างแรงจูงใจใฝ่เรียนรู้. *วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา*. 21 (71), 16-23.

ขวัญชนก สุนทรสุข. (2560). *การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตสาสตร์ โดยวิธี* 4 MAT *เรื่อง ทฤษฎีบทปีทาโกรัส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. การประชุมวิชาการทางคณิตศาสตร์ครั้งที่ 22 ประจำปี 2560.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์*. 5 (1), 7-20.

ดุษฎี บริพัตร ณ อยุธยา. (2538). *จากศักยภาพสู่อิสรภาพ*. นานมีบุ๊คส์.

ประพันธ์สิริ สุเสารัจ. (2551). *การพัฒนาการคิด*. โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

รัตนา ตั้งศิริชัยพงษ์. (2553). รูปแบบการสอนวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมที่ประยุกต์ใช้กลยุทธ์การพัฒนาตนเองด้วยสัญญาการเรียนในการพัฒนาสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้อยสัมฤทธิ์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนท่าบ่ จังหวัดหนองคาย.*วารสารวิชาการ.* 14 (4), 23.

วิชัย วงษ์ใหญ่. (2543). *การพัฒนาหลักสูตร*. สำนักพิมพ์การมาตรฐานการอุดมศึกษา.

วีระ สุดสังข์. (2550). *การคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ แลคิดสร้างสรรค์*. สุวีริยาสาส์น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์. ส เจริญการพิมพ์.

สันติ อิทธิพลนาวากุล. (2550). *การพัฒนาชุดการเรียนคณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวนโดยใช้โปรแกรม* GSP (The Geometer's Sketchpad) *เพื่อส่งเสริมความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สิริพร ทิพย์คง. (2544). *การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์*. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สุนันทา บ้านกล้วย. (2556). ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4 MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal. 6 (3), 193.

สุรศักดิ์ ภะวะ (2556). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์เรื่องความสัมพันธ์และฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4 MAT กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ TAI. *วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม*. 3 (1), 50.

อัมพร ม้าคนอง. (2557). *คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

McCarthy, B. (1997). A Tale of four Learners 4MAT Learning Style. Education Leadership. 54 (6), 46-51.

Silva, D.L., Sabino, L.D., Adina, E. M., Lanuza, D. M., & Baluyot, O. C. (2011). Transforming Diverse Learners through a Brain-based 4MAT Cycle of Learning. 99 Proceedings of the world Congress on Engineering and Computer Science. 1 (1), 19-21.

Uyangor, S. M. (2012). The effectiveness of the 4MAT teaching model upon student achievement and attitude levels. International Journal of research studies in education, 1 (2), 43-53.IIED (International Institute for Environment and Development). (2016). The green climate fund accreditation process: Barrier or opportunity, sustainable development goals (SDGs) and post-2015 agenda. *Online.* Retrieved October 8, 201. from : www.iied.org