

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้
แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ปารวี คูณะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา

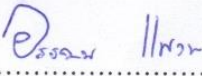
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา


มิถุนายน 2561

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ ปารวี คูณะ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

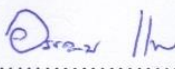
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์


..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.อรรณพ แก้วขาว)



..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.สมคิด อินเทพ)

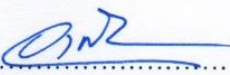
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุวรรณ สิงห์ม่วง)



..... กรรมการ
(ดร.อรรณพ แก้วขาว)


..... กรรมการ
(ดร.สมคิด อินเทพ)


..... กรรมการ
(ดร.วนิดา พงษ์ศักดิ์ชาติ)


..... กรรมการ
(ดร.อาพันธ์ชนิด เจนจิต)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษาของมหาวิทยาลัยบูรพา


..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัตน์ ศรีสุข)

วันที่ 18 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.อรรณพ แก้วขาว อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ดร.สมคิด อินเทพ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ นอกจากนี้ ยังได้รับความอนุเคราะห์จากท่านผู้อำนวยการโรงเรียนเมืองกลาง ตลอดจนเพื่อนครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อเผด คุณแม่สมญา คุณละ และพี่สาวที่เฝ้ากำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูคุณเวทิตาแด่ บุษปาริ บุรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบนานเท่านานนี้

ปาริ คุณละ

57921173: สาขาวิชา: คณิตศาสตร์ศึกษา; วท.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา)

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบ STAD/ การจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ / ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์/ รากของจำนวนจริง

ปารวี คูณะ: การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (THE STUDY OF MATHEMATICAL LEARNING ACHIEVEMENT ON THE TOPIC ROOT OF REAL NUMBERS USING MIXED METHODS BETWEEN STAD AND $4E \times 2$ INSTRUCTIONAL MODELS FOR MATTAYOMSUKSA 2 STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: อรรณพ แก้วขาว, วท.ด., สมคิด อินเทพ, Ph.D. 218 หน้า. ปี พ.ศ. 2561.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริงให้มีประสิทธิภาพ 2) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ กลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเมืองกลาง จังหวัดภูเก็ต จำนวน 32 คน ได้จากการรับสมัครด้วยความสมัครใจ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 6 หน่วย การเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริงที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.975 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่การทดสอบที (One Sample t-test)

ผลการวิจัยพบว่า

1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพของกระบวนการต่อประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_1/E_2) เท่ากับ 72.47/72.34 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.7010

3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่องรากของจำนวนจริง ไม่สูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 70) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01

57921173: MAJOR: MATHEMATICS EDUCATION; M.Sc. (MATHEMATICS EDUCATION)

KEYWORDS: STAD/ $4E \times 2$ INSTRUCTIONAL MODELS/ MATHEMATICAL LEARNING ACHIEVEMENT/ ROOT OF REAL NUMBERS

PARAWEE DULAH: THE STUDY OF MATHEMATICAL LEARNING ACHIEVEMENT ON THE TOPIC ROOT OF REAL NUMBERS USING MIXED METHODS BETWEEN STAD AND $4E \times 2$ INSTRUCTIONAL MODELS FOR MATTAYOMSUKSA 2 STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: ANNOP KAEWKHAO, Ph.D., SOMKID INTEP, Ph.D. 218 P. 2018.

The purposes of this research were 1) to construct efficiency lesson plans on the topic root of real number using mixed methods between STAD and $4E \times 2$ instructional models and 2) to study mathematical learning achievement on the topic root of real number after using mixed methods between STAD and $4E \times 2$ instructional models. The sample consisted of 32 volunteers from Mattayomsuksa 2 students at Muengthalang School, Phuket Province, in the second semester of the academic year of 2017. The research instruments were 6 lesson plans using mixed methods between STAD and $4E \times 2$ instructional models, mathematical learning achievement test on the topic root of real number with coefficient of reliability of 0.975. The data were analyzed using one sample t – test.

The results of the research showed that:

1) The efficiency value (E_1/E_2) of lesson plans on the topic root of real number using mixed methods between STAD and $4E \times 2$ instructional models for Matthayomsuksa 2 students was 72.47/72.34 which was higher than the criterion.

2) The effectiveness index value (E.I.) of lesson plans on the topic root of real number using mixed methods between STAD and $4E \times 2$ instruction models for Matthayomsuksa 2 students was 0.70101 which satisfied the assumption.

3) The mathematical learning achievement on the topic root of real number after using mixed methods between STAD and $4E \times 2$ instructional models was not significant higher than the criterion (70%) at the .01 level.

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | จ |
| สารบัญ | ฉ |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญภาพ | ญ |
| บทที่ | |
| 1 บทนำ | 1 |
| ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา | 1 |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 5 |
| สมมติฐานของการวิจัย | 5 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย | 6 |
| ขอบเขตของการวิจัย | 6 |
| นิยามศัพท์เฉพาะ | 7 |
| กรอบแนวคิดในการวิจัย..... | 9 |
| 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 11 |
| หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์..... | 12 |
| แผนการจัดการเรียนรู้..... | 20 |
| การจัดการเรียนรู้แบบ STAD | 34 |
| การจัดการเรียนรู้แบบ 4E × 2 | 47 |
| การจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E × 2..... | 66 |
| ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์..... | 68 |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 76 |
| 3 วิธีการดำเนินการวิจัย | 80 |
| ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง | 80 |
| เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 80 |
| การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 81 |

สารบัญ (ต่อ)

| บทที่ | หน้า |
|--|------|
| การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล..... | 94 |
| สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล..... | 96 |
| 4 ผลการวิจัย | 100 |
| ตอนที่ 1 การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E×2 | 100 |
| ตอนที่ 2 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ | 103 |
| 5 สรุปผล และอภิปรายผล | 104 |
| สรุปผลการวิจัย | 104 |
| อภิปรายผลการวิจัย | 105 |
| ข้อเสนอแนะ | 109 |
| บรรณานุกรม | 111 |
| ภาคผนวก | 116 |
| ภาคผนวก ก | 117 |
| ภาคผนวก ข | 120 |
| ภาคผนวก ค | 129 |
| ภาคผนวก ง | 146 |
| ประวัติย่อของผู้วิจัย | 218 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 2 - 1 โครงสร้างรายวิชาคณิตศาสตร์ 4 (ค22102) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2..... | 19 |
| 2 - 2 การจัดกลุ่มเรียงอันดับคะแนนสูงสุดไปหาคำต่ำสุด..... | 39 |
| 2 - 3 การสังเคราะห์ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD..... | 44 |
| 3 - 1 มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวน ในชีวิตจริง..... | 81 |
| 3 - 2 มาตรฐาน ค1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนแลความสัมพันธ์ ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา..... | 81 |
| 3 - 3 มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา..... | 82 |
| 3 - 4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ เนื้อหา สาระสำคัญ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวนคาบเรียน..... | 83 |
| 3 - 5 วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการให้เกิดในแต่ละเนื้อหา..... | 88 |
| 3 - 6 วิเคราะห์ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัดในเรื่อง รากของจำนวนจริง เกี่ยวกับเนื้อหา จุดประสงค์ ระดับพฤติกรรม..... | 89 |
| 3 - 7 ปรับปรุงการใช้ภาษาในการตั้งคำถาม..... | 92 |
| 3 - 8 ปรับปรุงรูปแบบของข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์..... | 93 |
| 3 - 9 แบบแผนการทดลอง..... | 94 |
| 3 - 10 การจัดแบ่งกลุ่มนักเรียน ตามลำดับคะแนนสูงสุดไปหาคำต่ำสุด..... | 95 |
| 4 - 1 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E×2 เรื่อง รากของ จำนวนจริงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2..... | 100 |
| 4 - 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังเรียนกับเกณฑ์ (ร้อยละ 70) | 103 |
| ค - 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E×2 เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน..... | 129 |
| ค - 2 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและจุดประสงค์ (IOC) ของ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ก่อนเรียน) เรื่อง รากของ จำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2..... | 132 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| ค-3 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและจุดประสงค์ (IOC) ของ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (หลังเรียน) เรื่อง รากของ จำนวน..... | 134 |
| ค-4 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (หลังเรียน) เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2..... | 136 |
| ค-5 แสดงการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน | 137 |
| ค-6 คะแนนจัดแบ่งกลุ่มนักเรียน..... | 139 |
| ค-7 การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง ราก ของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2..... | 140 |

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 1 – 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย..... | 10 |
| 2 – 1 วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น..... | 50 |
| 2 – 2 การจัดการเรียนรู้แบบ 4E × 2 | 52 |
| 2 – 3 การจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E × 2 | 67 |
| ค – 1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริงจาก การทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยสถิติ One Sample t-test | 144 |

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์และความเจริญก้าวหน้าของโลก มนุษย์ใช้พื้นฐานในการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ รวมทั้งใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการพัฒนาการคิดที่หลากหลาย ทั้งการคิดวิเคราะห์สังเคราะห์ คิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดอย่างเป็นระบบ และมีระเบียบแบบแผน ลักษณะการคิดดังกล่าวทำให้มนุษย์สามารถวิเคราะห์ปัญหา และสถานการณ์ คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, หน้า 1) นอกจากนี้คณิตศาสตร์มีความสำคัญทั้งในแง่ของการใช้งานในชีวิตจริง และการพัฒนาการศึกษาให้กับคนในสังคม จึงมีความจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต และการพัฒนาความเจริญก้าวหน้าในทุกยุคทุกสมัยอย่างต่อเนื่อง และในปัจจุบันคณิตศาสตร์ยังมีความสำคัญมากขึ้นในมุมมองของการเป็นศาสตร์แห่งการพัฒนาความคิด ความเป็นเหตุเป็นผล และการมีส่วนร่วมในการพัฒนาทักษะชีวิต (อัมพร ม้าคนอง, 2557, หน้า 4)

จากความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ที่กล่าวมาในข้างต้น หลักสูตรคณิตศาสตร์จึงถูกปรับไปเป็นหลักสูตรแบบอิงมาตรฐาน (Standard – based curriculum) ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อให้โรงเรียนสามารถนำมาตรฐานไปจัดทำหลักสูตรสถานศึกษา (School curriculum) ให้เหมาะสมกับบริบท และความต้องการของนักเรียน จนเมื่อมีการประกาศใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หลักสูตรคณิตศาสตร์จึงถูกปรับให้สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และถูกใช้มาจนถึงปัจจุบัน (อัมพร ม้าคนอง, 2557, หน้า 4) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสาระไว้ 6 สาระ และ 14 มาตรฐานการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รวมทั้งคุณภาพของนักเรียน ซึ่งการที่นักเรียนเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามคุณภาพที่กำหนด จะต้องมีการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้มีความสมดุลระหว่างสาระด้านความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ควบคู่ไปกับการพัฒนาด้านคุณธรรม จริยธรรม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เกี่ยวกับการทำงานอย่างมีระบบ มีระเบียบ มีความรับผิดชอบ มีวิจารณญาณ มีความเชื่อมั่นในตนเอง พร้อมทั้งตระหนักในคุณค่า และมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ (สสวท., 2555, หน้า 8)

ถึงแม้ว่าคณิตศาสตร์จะเป็นวิชาที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต แต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ผ่านมายังไม่ประสบผลสำเร็จมากนัก สังกัดได้จาก ผลการวิจัยการศึกษา แนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ พ.ศ. 2558 (Trends in International Mathematics and Science Study 2015; TIMSS 2015) ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งโครงการ TIMSS มีการประเมินต่อเนื่องกันทุก ๆ 4 ปี และTIMSS 2015 มีประเทศที่เข้าร่วมโครงการ 39 ประเทศ และรัฐที่เข้าร่วมเปรียบเทียบบอีก 7 รัฐ จากการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยเป็น 431 คะแนน ซึ่งน้อยกว่าค่ากลางของการประเมินที่กำหนดไว้ที่ 500 คะแนน โดยนักเรียนไทยส่วนใหญ่ ยังมีระดับความสามารถทางการเรียนในระดับต่ำ (มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 400 – 474 คะแนน) ซึ่งเป็นระดับที่นักเรียนมีความรู้พื้นฐานอยู่บ้าง และมีนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำกว่า 400 อยู่เป็นจำนวนมาก (สสวท., 2559, หน้า 9) นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ร่วมมือกับองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา หรือ OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) ดำเนินโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ซึ่งมีประเทศเข้าร่วมโครงการ PISA มากกว่า 80 ประเทศทั่วโลก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพระบบการศึกษาของประเทศสมาชิก และประเทศร่วมโครงการ PISA ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี ในประเทศสมาชิกองค์กรทุก ๆ 3 ปี ผลการประเมินในปี 2558 พบว่า คะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยคือ 415 คะแนน อยู่ในช่วงลำดับที่ 49 - 55 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD มากกว่าหนึ่งระดับ (สสวท., 2560, หน้า 14) และจากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ O-net (Ordinary National Educational Test) ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2559 พบว่านักเรียนทั่วประเทศมีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เพียง 29.31 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ องค์กรมหาชน, 2559) ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 50

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบ O-net ปีการศึกษา 2559 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเมืองกลาง อำเภอดงหลวง จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่าคะแนนเฉลี่ยในรายวิชาคณิตศาสตร์เป็น 27.73 และพบว่ามาตรฐานการเรียนรู้ที่โรงเรียนควรเร่งพัฒนาเนื่องจากคะแนนเฉลี่ยของโรงเรียนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ 3 อันดับแรกได้แก่ มาตรฐาน ค.1.2, ค.1.1 และค.2.1 โดยมีคะแนนเฉลี่ยแต่ละมาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 9.58, 26.73 และ 24.21 ตามลำดับ (สทศ, 2559) ซึ่งมาตรฐาน ค.1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวน และการใช้จำนวนในชีวิตจริง และมาตรฐาน ค.1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวน และความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการ

ต่าง ๆ และสามารถใช้ในการดำเนินการในการแก้ปัญหา ทั้งสองมาตรฐานอยู่ในสาระที่ 1 จำนวน และ การดำเนินการ สอดคล้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ จำนวนจริง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีเนื้อหาอยู่ใน สาระที่ 1 จำนวน และการดำเนินการ เช่นเดียวกัน ซึ่งจากรายงานการประชุมกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ทั่วประเทศ วิชา คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเมืองกลาง อำเภอดง จังหวัดภูเก็ต พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หน่วยที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนจริง เรื่อง ราก ของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 56.8 ซึ่งต่ำกว่า เกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 70 (ฝ่ายวิชาการ โรงเรียนเมืองกลาง, 2559)

จากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับต่าง ๆ ทำให้เห็นได้ว่าการจัดการ เรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของประเทศไทยยังไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากเนื้อหาสาระทาง คณิตศาสตร์ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นนามธรรม (สสวท., 2555, หน้า 2) จึงมีความเข้าใจผิดได้ง่าย หรืออาจจะเข้าใจไม่ตรงกันได้ (สุวัฒนา อุทัยรัตน์, 2546, หน้า 33) นอกจากนี้ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จากประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของผู้วิจัยพบว่า นักเรียนใน ปัจจุบันจะมุ่งเน้นการแข่งขันกันมากกว่าการช่วยเหลือเกื้อกูลกัน ต่างคนต่างทำ ไม่ยอมรับความ คิดเห็นซึ่งกัน และกัน นักเรียนไม่รับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง และไม่ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน ปัญหานี้อาจส่งผลต่อการดำเนินชีวิตในสังคม ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ควรมุ่งฝึกให้นักเรียน ช่วยเหลือเกื้อกูลกัน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนที่มีความแตกต่างกัน ได้แลกเปลี่ยน เรียนรู้ และมีความรับผิดชอบร่วมกัน ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (เวทฤทธิ์ อังคะงัฏราชกร, 2555, หน้า 103) โดยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ จะช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ทุกระดับความสามารถ ส่งเสริมการช่วยเหลือร่วมมือกันระหว่างนักเรียนที่มีความสามารถต่างกัน รวมถึงนักเรียนได้รับประสบการณ์การเป็นผู้ชนะ และมีความสำเร็จ การพบความสำเร็จอยู่เสมอจะ ทำให้เป็นคนมีความเชื่อมั่น กล้าคิด กล้าทำ (ชนาธิป พรกุล, 2554, หน้า 102) การจัดการเรียนรู้แบบ STAD เป็นการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมืออีกรูปแบบหนึ่งที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยการ จัด กลุ่มนักเรียนที่มีสมาชิกกลุ่มละ 4 - 5 คน โดยละทิ้งความสามารถทางการเรียน และเพศ โดยที่ครู จะทำการสอน หรือเสนอเนื้อหาสาระของบทเรียนแก่นักเรียนทั้งชั้นก่อน และมอบหมายให้แต่ละ กลุ่มทำงานตามที่กำหนดตามวัตถุประสงค์ในแผนการจัดการเรียนรู้ เมื่อสมาชิกในกลุ่มช่วยกัน ปฏิบัติ และทำแบบฝึกหัด ตามที่ได้รับมอบหมายเสร็จแล้ว ครูจะให้นักเรียนทำแบบทดสอบ คะแนนที่ได้จากการทดสอบจะถูกแปลงเป็นคะแนนกลุ่มของแต่ละกลุ่ม (วัชรวิภา เล่าเรียนดี, 2554, หน้า 163) การสอนแบบนี้เน้นกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมทักษะสังคม เป็นการเปิด โอกาส ให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันจนประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายของการเรียนร่วมกัน ทุกคนฝึก

การเป็นผู้นำ ผู้ตามที่ดี เคารพในสิทธิของผู้อื่น และเห็นข้อดีของผู้อื่น นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิด เจตคติต่อการเรียน สมรรถภาพในการทำงานร่วมกัน สุขภาพจิตที่ดี และทักษะทางสังคม ทำให้นักเรียนเรียนร่วมกันอย่างมีความสุข (ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 146) รวมถึงทำให้นักเรียนมีความเอาใจใส่ รับผิดชอบตัวเอง และกลุ่มร่วมกับสมาชิกอื่น, ส่งเสริมให้นักเรียนที่มีความสามารถต่างกัน ได้เรียนรู้ร่วมกัน มีการผลัดเปลี่ยนกันเป็นผู้นำ ได้ฝึก และเรียนรู้ทักษะทางสังคมโดยตรง และนักเรียนมีความตื่นตัว และสนุกสนานกับการเรียนรู้ (สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2546, หน้า 175) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของวิไลวรรณ โภษาแสง (2557, หน้า 90 - 91) ได้ทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถด้านการคิด วิเคราะห์ และความคงทนในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค STAD กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค TAI พบว่า นักเรียนที่เรียน โดยกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งสองรูปแบบมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 72.27 และ 77.45 ตามลำดับ และนักเรียนที่เรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค STAD กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค TAI มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน

นอกจากนี้ในการการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ครูควรสอนให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง หรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย ซึ่งจะเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพียรวิณดีสุข, 2555, หน้า 55) สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันของโครงสร้าง 3 ส่วน ได้แก่ 1) การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ (Inquiry instructional model) เป็นการดำเนินการสอนที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบ โดยเน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง (ทิสนา เขมมณี, 2553, หน้า 141; ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 147) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ และค้นคว้า (Explore) ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explain) และขั้นที่ 4 ขั้นขยายความคิด (Extend) (Marshall, Horton, & Smart, 2009, pp.501 – 516 อ้างถึงใน สิริวิศม์ ผลขวัญ โชติกา, 2554, หน้า 34 – 38) 2) การสะท้อนการรู้คิด (Metacognitive Reflection) เป็นการสะท้อนความคิดของตนเอง เพื่อให้เกิดความตระหนักรู้เกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเอง และสามารถติดตาม กำกับควบคุม และประเมินตนเองได้ (ดำเนิน ยาพิ้วม, 2548, หน้า 6; ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552, หน้า 363) 3) การประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Assessment) เป็นพิจารณาความก้าวหน้าระหว่างเรียน และพิจารณาหาจุดบกพร่องของนักเรียนเพื่อดำเนินการแก้ไขปรับปรุงต่อไป โดยใช้การประเมินตามสภาพจริงในการประเมิน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 23;

พิสนุ ฟองศรี, 2551, หน้า 11) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชลกานต์ ชมภู (2559, หน้า 120) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ ที่มีต่อมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น โดยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษาองค์ประกอบต่าง ๆ ของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD จะส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ให้กับนักเรียนเป็นกลุ่ม โดยสมาชิกในกลุ่มเป็นนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน ได้เรียนรู้ร่วมกัน ช่วยเหลือซึ่งกัน และกัน และสมาชิกทุกคนในกลุ่มมีความสำคัญเท่าเทียมกัน รวมถึงมีการประสบความสำเร็จร่วมกันเป็นกลุ่ม และจากการศึกษาโครงสร้างของการจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบนี้ทำให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ในการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบสอบ โดยนักเรียนมีการตระหนักรู้เกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเอง รวมถึงมีการประเมินเพื่อปรับปรุงจุดอ่อน และยังส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างนักเรียน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ จึงเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่น่าจะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ รวมถึงเป็นรากฐานการเกื้อกูลในสังคมของนักเรียนให้ดีขึ้นได้

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ให้สูงขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริงให้มีประสิทธิภาพ
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$

สมมติฐานของการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง มีประสิทธิภาพ 70/70
2. ดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง มากกว่า 0.7

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มากกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
2. นักเรียนได้รับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ อย่างเป็นระบบ
3. เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้แก่ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หรือกลุ่มสาระอื่นๆ ได้นำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

ประชากรคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเมืองกลาง อำเภอดงหลวง จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 5 ห้องเรียน รวมนักเรียน 160 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการทดลองครั้งนี้ได้จากความสมัครใจของประชากร จำนวน 32 คน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนประชากรทั้งหมด สอดคล้องกับการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์ของบุญชม ศรีสะอาด (พรณี ลีกิจวัฒน์, 2553, หน้า 141) ที่กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่มีประชากรเป็นหลักร้อยละ (100 – 999) ไว้เป็นร้อยละ 15 – 30 ของจำนวนประชากร หลังจากการรับสมัคร พบว่า กลุ่มตัวอย่าง 32 คน ประกอบด้วย นักเรียนกลุ่มเก่งจำนวน 9 คน นักเรียนกลุ่มปานกลางและอ่อนจำนวน 19 และ 4 คนตามลำดับ

2. ด้านตัวแปร

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

2.1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

2.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง

3. เนื้อหา และระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รายวิชาคณิตศาสตร์ 4 (ค22102) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนจริง เรื่อง รากของจำนวนจริง จำนวน 14 ชั่วโมง จำนวน 6 หน่วยการเรียนรู้ และทดสอบก่อน และหลังใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง จำนวน 2 ชั่วโมง รวมเป็น 16 ชั่วโมง โดยมีเนื้อหา ดังนี้

| | |
|---|-----------------|
| 1. รากที่สอง | จำนวน 2 ชั่วโมง |
| 2. การหารากที่สองโดยวิธีการแยกตัวประกอบ | จำนวน 2 ชั่วโมง |
| 3. การประมาณค่ารากที่สอง | จำนวน 3 ชั่วโมง |
| 4. รากที่สามของจำนวนจริง | จำนวน 2 ชั่วโมง |
| 5. การประมาณค่ารากที่สาม | จำนวน 3 ชั่วโมง |
| 6. การหารากของจำนวนจริง | จำนวน 2 ชั่วโมง |

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ หมายถึง การผสมผสาน

ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ กล่าวคือเป็นการจัดการเรียนรู้เป็นรายกลุ่ม ซึ่งมีสมาชิกในกลุ่ม 4 - 5 คนที่คละความสามารถกัน เพื่อให้สมาชิกในกลุ่มช่วยเหลือกันในการศึกษาค้นคว้า อภิปรายร่วมกัน โดยสมาชิกแต่ละคนมีความสำคัญต่อการได้คะแนนของกลุ่ม (ซึ่งกลุ่มที่ได้รับคะแนนสูงสุดจะได้รับรางวัล) โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ เป็นขั้นตอนของการ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจจากการที่ครูตั้งคำถามเพื่อสะท้อนการรู้คิด ในขั้นตอนนี้ครูจะประเมินนักเรียนผ่านการตอบคำถาม ซึ่งเป็นการทบทวนความรู้ที่เคยเรียนผ่านมา

ขั้นที่ 2 การศึกษาความรู้เป็นกลุ่ม เป็นขั้นตอนที่ครูจัดนักเรียนกลุ่มละ 4 – 5 คน คละความสามารถ และเพศ เพื่อให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันศึกษาความรู้ เกี่ยวกับเรื่อง รากของจำนวนจริง และอภิปรายผลร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยสมาชิกทุกคนในกลุ่มมีหน้าที่ฝึกทักษะ เพื่อเตรียมตนเอง และสมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่มเพื่อการทดสอบรายบุคคล โดยมีขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 2.1 สืบรวจ และค้นหา เป็นขั้นตอนที่สมาชิกในกลุ่มแบ่งหน้าที่กัน ทำใบกิจกรรมเพื่อ ศึกษา ค้นพบ จากใบกิจกรรมที่ครูเตรียมไว้ให้ หลังจากนั้นสมาชิกภายในกลุ่มร่วมกัน อภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปของกลุ่ม รวมถึงเลือกตัวแทนของกลุ่มเพื่อนำเสนอในขั้นตอนถัดไป และครูมีการตั้งคำถามเพื่อสะท้อนการรู้คิดระหว่างนักเรียนทำกิจกรรม ในระหว่างการทำกิจกรรมขั้นนี้

ครูจะประเมินนักเรียนจากการทำใบกิจกรรมร่วมกันภายในกลุ่ม และการตอบคำถามการสะท้อนการรู้คิดของนักเรียน

ขั้นที่ 2.2 อธิบาย และลงข้อสรุป เป็นขั้นตอนที่ตัวแทนของสมาชิกในกลุ่มนำเสนอข้อสรุปจากการทำใบกิจกรรมร่วมกัน จากนั้นนักเรียน และครูจะร่วมกันอภิปรายพร้อมกันทั้งชั้นเรียน โดยมีครูเป็นผู้แนะนำ และอธิบายสรุปแนวคิดที่ถูกต้อง ซึ่งก่อนการอภิปรายพร้อมกันทั้งชั้นเรียน ครูมีการตั้งคำถามสะท้อนการรู้คิด เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมความรู้จากข้อสรุปของแต่ละกลุ่ม ในขั้นตอนนี้ครูจะประเมินนักเรียนผ่านการสื่อสาร สื่อความหมาย และนำเสนอทางคณิตศาสตร์ จากใบกิจกรรมของแต่ละกลุ่ม และจากการตอบคำถามสะท้อนการรู้คิดของนักเรียน

ขั้นที่ 2.3 ขยายความคิด เป็นขั้นตอนที่นักเรียนในกลุ่มเตรียมสมาชิก และเตรียมตนเองเพื่อฝึกทักษะ จากการทำใบงาน โดยนำความรู้ที่ได้ในขั้นอธิบาย และลงข้อสรุปมาใช้ ซึ่งก่อนที่นักเรียนจะเริ่มทำใบงาน ครูมีการตั้งคำถามสะท้อนการรู้คิดของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนระลึกถึงความรู้ที่ได้จากขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป หลังจากนักเรียนทำใบงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยใบงาน และอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน ในขั้นตอนนี้ครูจะประเมินนักเรียนผ่านการทำใบงาน และการตอบคำถามสะท้อนการรู้คิด

ขั้นที่ 3 ทดสอบ นักเรียนรับการทดสอบเป็นรายบุคคลหลังจากเรียนเนื้อหาเรื่อง รากของจำนวนจริง แต่ละหัวข้อย่อยจบลง ซึ่งเนื้อหาย่อยประกอบด้วยเรื่อง รากที่สอง การหารากที่สอง โดยวิธีการแยกตัวประกอบ การประมาณค่ารากที่สอง รากที่สามของจำนวนจริง การประมาณค่ารากที่สาม และการหารากของจำนวนจริง โดยคะแนนที่ได้จากการทดสอบรายบุคคลแต่ละครั้งจะนำไปเฉลี่ยเพื่อคิดเป็นคะแนนฐานของนักเรียน และมีการทดสอบรายบุคคลหลังจากเรียนเนื้อหาทั้งหมดจบลง

ขั้นที่ 4 รับรองผลงาน เป็นการชมเชยนักเรียนในกลุ่มที่ได้รับคะแนนพัฒนาการของกลุ่มเป็นไปตามเกณฑ์ หรือคะแนนพัฒนาการของกลุ่มสูงที่สุด โดยมีการมอบรางวัลเพื่อเป็นการเสริมแรงให้แก่ นักเรียน ซึ่งคะแนนพัฒนาการของกลุ่มมาจากผลรวมของคะแนนพัฒนาการรายบุคคล

2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง รากของจำนวนจริง ซึ่งวัดพฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านพุทธิพิสัย 4 ด้าน ได้แก่ ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ โดยเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลาสอบ 1 ชั่วโมง

3. แบบทดสอบก่อนเรียน หมายถึง แบบทดสอบคู่ขนานกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้ทดสอบนักเรียนก่อนเรียน เรื่อง รากของจำนวนจริง ซึ่งจะทดสอบ

นักเรียนเป็นรายบุคคล โดยเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลาสอบ 1 ชั่วโมง

4. ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง คุณภาพของกระบวนการ และ ผลลัพธ์ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 ดังนี้

70 ตัวแรก หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ได้จากใบงาน และ แบบทดสอบย่อยประจำหน่วยการเรียนรู้ 6 หน่วยการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละตั้งแต่ 70 ขึ้นไป

70 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ได้จากการทำ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังเรียน คิดเป็นร้อยละตั้งแต่ 70 ขึ้นไป

5. ดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ค่าที่แสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่คำนวณจากคะแนนทดสอบก่อนเรียน คะแนนหลังเรียน และคะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

กรอบแนวคิดของการวิจัย

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เป็นการผสมผสาน ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบ STAD และการจัดการจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ ซึ่งมี 4 ชั้น ได้แก่ ชั้นที่ 1 สร้างความสนใจ เป็นขั้นนำเสนอเนื้อหาในการจัดการเรียนรู้แบบ STAD และเป็นขั้นสร้างความสนใจในการจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ ชั้นที่ 2 การศึกษาความรู้เป็นกลุ่ม เป็นขั้นจากการจัดการเรียนรู้แบบ STAD โดยกิจกรรมการเรียนรู้จะจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ ได้แก่ สสำรวจ และ ค้นหา อธิบาย และลงข้อสรุป และขยายความคิด ในขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 ของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ต้องมีการสะท้อนการรู้คิด และการประเมินผลตลอดทุกชั้น ชั้นที่ 3 ทดสอบ และขั้นที่ 4 รับรองผลงาน ซึ่งเป็นขั้นการจัดการเรียนรู้แบบ STAD มีกรอบแนวคิดของการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 1 – 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

บทที่ 2

เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้ศึกษา ค้นคว้า เอกสาร วารสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
 - 1.1 สาระ และมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
 - 1.2 คุณภาพของนักเรียน
 - 1.3 ตัวชี้วัดรายวิชาคณิตศาสตร์ 4 (ค22102) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2
 - 1.4 คำอธิบายรายวิชาคณิตศาสตร์ 4 (ค22102)
 - 1.5 โครงสร้างรายวิชาคณิตศาสตร์ 4 (ค22102)
2. แผนการจัดการเรียนรู้
 - 2.1 ความหมายของแผนการจัดการเรียนรู้
 - 2.2 ความสำคัญของแผนการจัดการเรียนรู้
 - 2.3 องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้
 - 2.4 ขั้นตอนของการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้
 - 2.5 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้
 - 2.6 ดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้
3. การจัดการเรียนรู้แบบ STAD
 - 3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD
 - 3.2 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD
 - 3.3 หลักการจัดกลุ่ม
 - 3.4 กระบวนการของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD
 - 3.5 ข้อดี และข้อจำกัดของการจัดการจัดการเรียนรู้แบบ STAD
4. การจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$
 - 4.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$
 - 4.2 โครงสร้างของการจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$

- 4.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$
5. การจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$
6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
 - 6.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
 - 6.2 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
 - 6.3 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
 - 6.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 7.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

คณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วน รอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น โดยกำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับนักเรียนทุกคนดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 1 – 6)

จำนวนและการดำเนินการ: ความคิดรวบยอดและความรู้ลึกเชิงจำนวน ระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ การแก้ปัญหเกี่ยวกับจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

การวัด: ความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตรและความจุเงิน และเวลา หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติการแก้ปัญหเกี่ยวกับกรวัด และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัด ไปใช้ สถานการณ์ต่าง ๆ

เรขาคณิต: รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิตหนึ่งมิติสองมิติและสามมิติการนึกภาพแบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิต (geometric transformation) ในเรื่องการเลื่อนขนาน (translation) การสะท้อน (reflection) และการหมุน (rotation) พีชคณิต: แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์ฟังก์ชัน เซตและการดำเนินการของเซต การให้

เหตุผล นิพจน์สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ลำดับเลขคณิต ลำดับเรขาคณิต อนุกรมเลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิต

การวิเคราะห์ข้อมูล และความน่าจะเป็น: การกำหนดประเด็น การเขียนข้อคำถาม การกำหนดวิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดระบบข้อมูล การนำเสนอข้อมูล ค่ากลางและการกระจายของข้อมูล การวิเคราะห์และการแปลความข้อมูล การสำรวจความคิดเห็น ความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ และช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินชีวิตประจำวัน

ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับสาระหลักของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วยสาระหลักทั้งหมด 6 สาระหลัก ได้แก่ จำนวน และการดำเนินการ การวัด เรขาคณิต พีชคณิต การวิเคราะห์ข้อมูล และความน่าจะเป็น และทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.1 สาระ และมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

หลักสูตรแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ประกอบด้วย 6 สาระ และ 14 มาตรฐานการเรียนรู้ ดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และสามารถใช้ในการดำเนินการในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

สาระที่ 2 การวัด

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด

สาระที่ 3 เรขาคณิต

มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึ่งภาพ (visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (spatial reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (geometric model) ในการแก้ปัญหา

สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.1 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์ และฟังก์ชัน

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมาย และนำไปใช้แก้ปัญหา

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

จากการศึกษาข้างต้นพบว่า ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มีสาระ และมาตรฐานการเรียนรู้ทั้งหมด 6 สาระ 14 มาตรฐาน ซึ่งผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลนักเรียนจากสาระที่ 1 จำนวน และการดำเนินการ มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

1.2 คุณภาพของนักเรียน

จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

- มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริง มีความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม รากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง สามารถดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม เลขยกกำลัง รากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง ใช้การประมาณค่าในการดำเนินการและแก้ปัญหา และนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนไปใช้ในชีวิตจริงได้

- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ผิวของปริซึม ทรงกระบอก และปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลม เลือกใช้หน่วยการวัดในระบบต่าง ๆ เกี่ยวกับความ

ยาว พื้นที่และปริมาตรได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งสามารถนำความรู้เกี่ยวกับการวัด ไปใช้ในชีวิตจริงได้

- สามารถสร้างและอธิบายขั้นตอนการสร้างรูปเรขาคณิตสองมิติโดยใช้วงเวียนและสันตรงอธิบายลักษณะและสมบัติของรูปเรขาคณิตสามมิติซึ่งได้แก่ ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และทรงกลมได้
- มีความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของความเท่ากันทุกประการและความคล้ายของรูปสามเหลี่ยมเส้นขนาน ทฤษฎีบทพีทาโกรัส และบทกลับ และสามารถนำสมบัติเหล่านั้นไปใช้ในการให้เหตุผลและแก้ปัญหาได้มีความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลงทางเรขาคณิต (geometric transformation) ในเรื่องการเลื่อนขนาน (translation) การสะท้อน (reflection) และการหมุน (rotation) และนำไปใช้ได้
- สามารถนิยาม และอธิบายลักษณะของรูปเรขาคณิตสองมิติ และสามมิติ
- สามารถวิเคราะห์ และอธิบายความสัมพันธ์ของแบบรูป สถานการณ์หรือปัญหา และสามารถใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และกราฟในการแก้ปัญหาได้
- สามารถกำหนดประเด็น เขียนข้อคำถามเกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ กำหนดวิธีการศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูล และนำเสนอข้อมูลโดยใช้แผนภูมิรูปวงกลม หรือรูปแบบอื่นที่เหมาะสมได้
- เข้าใจค่ากลางของข้อมูลในเรื่องค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยมของข้อมูลที่ยังไม่ได้แจกแจงความถี่ และเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งใช้ความรู้ในการพิจารณาข้อมูลข่าวสารทางสถิติ
- เข้าใจเกี่ยวกับการทดลองสุ่ม เหตุการณ์ และความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ และประกอบการตัดสินใจในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้
- ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษา และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ ได้อย่างถูกต้อง และชัดเจน เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

จากการกำหนดคุณภาพนักเรียน ผู้วิจัยจะเน้นคุณภาพนักเรียนให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับ รากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง สามารถใช้การประมาณค่าในการดำเนินการรากที่สอง และรากที่สาม และนำความรู้เรื่องรากที่สอง และรากที่สามไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

1.3 ตัวชี้วัดรายวิชาคณิตศาสตร์ 4 (ค22102) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2

โรงเรียนเมืองกลาง ได้จัดทำหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รายวิชาคณิตศาสตร์ 4 (ค22102) ประกอบด้วย 15 ตัวชี้วัด ดังต่อไปนี้

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

ค 1.1 ม.2/1 เขียนเศษส่วนในรูปทศนิยม และเขียนทศนิยมซ้ำในรูปเศษส่วน

ค 1.1 ม.2/2 จำแนกจำนวนจริงที่กำหนดให้และยกตัวอย่างจำนวน ตรรกยะและจำนวนอตรรกยะ

ค 1.1 ม.2/3 อธิบาย และระบุรากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

ค 1.2 ม.2/1 หารากที่สองและรากที่สามของจำนวนเต็มโดยการแยกตัวประกอบและนำไปใช้ในการแก้ปัญหารวมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ

ค 1.2 ม.2/2 อธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการหารากที่สอง และรากที่สามของจำนวนเต็มเศษส่วน และทศนิยม บอกความสัมพันธ์ของการยกกำลังกับการหารากของจำนวนจริง

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา

ค 1.3 ม.2/1 หาค่าประมาณของรากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง และนำไปใช้ในการแก้ปัญหารวมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำเสนอบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

ค 1.4 ม.2/1 บอกความเกี่ยวข้องของจำนวนจริงจำนวนตรรกยะ และจำนวนอตรรกยะ

สาระที่ 3 เรขาคณิต

มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึกภาพ (visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (spatial reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (geometric model) ในการแก้ปัญหา

ค 3.2 ม.2/2 ใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัส และบทกลับในการให้เหตุผล และแก้ปัญหา

สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมาย และนำไปใช้แก้ปัญหา

ค 4.2 ม.2/1 แก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวพร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ค 6.1 ม.2/1 ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา

ค 6.1 ม.2/2 ใช้ความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

ค 6.1 ม.2/3 ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม

ค 6.1 ม.2/4 ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารการสื่อความหมาย และการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

ค 6.1 ม.2/5 เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ

ค 6.1 ม.2/6 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

จากการศึกษาเกี่ยวกับตัวชี้วัดรายวิชาคณิตศาสตร์ 4 (ค22102) ตามหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเมืองกลาง พบว่าตัวชี้วัดรายวิชาคณิตศาสตร์ 4 (ค22102) ทั้งหมดเป็น 7 มาตรฐาน 15 ตัวชี้วัด ซึ่งผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลนักเรียนจากตัวชี้วัด ค 1.1 ม.2/3 อธิบายและระบุน้ำหนักที่สอง และน้ำหนักที่สามของจำนวนจริง ค 1.2 ม.2/1 หารากที่สอง และรากที่สามของจำนวนเต็มโดยการแยกตัวประกอบ และนำไปใช้ในการแก้ปัญหารวมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ ค 1.2 ม.2/2 อธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการหารากที่สอง และรากที่สามของจำนวนเต็มเศษส่วน และทศนิยม บอกความสัมพันธ์ของการยกกำลังกับการหารากของจำนวนจริง ค 1.2 ม.2/1 หารากที่สอง และรากที่สามของจำนวนเต็มโดยการแยกตัวประกอบ และนำไปใช้ในการแก้ปัญหารวมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ ค 1.2 ม.2/2 อธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการหารากที่สอง และรากที่สามของจำนวนเต็มเศษส่วน และทศนิยม บอกความสัมพันธ์ของการยกกำลังกับการหารากของจำนวนจริง ค 1.3 ม.2/1 หาค่าประมาณของรากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง และนำไปใช้ในการแก้ปัญหารวมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ

1.4 คำอธิบายรายวิชาคณิตศาสตร์ 4 (ค22102)

จากการศึกษาเกี่ยวกับสาระ และมาตรฐานการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา
ขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และตัวชี้วัดรายวิชาคณิตศาสตร์ 4
(ค22102) ตามหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเมืองกลาง สามารถ
เขียนคำอธิบายรายวิชาคณิตศาสตร์ 4 (ค22102) ได้ดังต่อไปนี้

ศึกษาการใช้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับทฤษฎีบทพีทาโกรัส และบทกลับ ความรู้เบื้องต้น
เกี่ยวกับจำนวนจริง การเขียนเศษส่วนในรูปทศนิยมและเขียนทศนิยมซ้ำในรูปเศษส่วน การจำแนก
จำนวนจริงที่กำหนดให้ และยกตัวอย่างจำนวนตรรกยะ และอตรรกยะ การอธิบาย และระบุนรากที่
สอง และรากที่สามของจำนวนจริง การหารากที่สองและรากที่สามของจำนวนเต็ม โดยการแยกตัว
ประกอบและการแก้ปัญห ความตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ การอธิบายผลที่เกิดขึ้น
จากการหารากที่สองและรากที่สามของจำนวนเต็ม เศษส่วน และทศนิยม ความสัมพันธ์ของการ
ยกกำลังกับการหารากของจำนวนจริง การหาค่าประมาณของรากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง
และการแก้ปัญห การบอกความเกี่ยวข้องของจำนวนจริง จำนวนจำนวนตรรกยะ และจำนวนอตรรกยะ
โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว เส้นขนาน สมบัติ และการใช้สมบัติเกี่ยวกับความ
เท่ากันทุกประการของรูปสามเหลี่ยม และสมบัติของเส้นขนานในการให้เหตุผล และแก้ปัญห

โดยจัดประสบการณ์ กิจกรรม หรือ โจทย์ปัญหาที่ส่งเสริมการพัฒนาทักษะกระบวนการ
ทางคณิตศาสตร์ในการคิดวิเคราะห์ การเชื่อมโยง การให้เหตุผล การแก้ปัญห และการสื่อสาร และ
สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์

เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ รู้จักการทำงานอย่างเป็นระบบ มีความมุ่งมั่นในการทำงาน
ใฝ่เรียนรู้ ช่างสังเกต คิดอย่างเป็นระบบ มีความรอบคอบ มีเหตุผล มีความละเอียด แม่นยำ ตระหนัก
ถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ รู้จักนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิต รวมทั้งมีเจต
คติที่ดีต่อคณิตศาสตร์

ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ค 1.1 ตัวชี้วัด ม.2/1-3 มาตรฐาน ค 1.2 ตัวชี้วัด ม.2/1-2 มาตรฐาน ค 1.3
ตัวชี้วัด ม.2/1 มาตรฐาน ค 1.4 ตัวชี้วัด ม.2/1 มาตรฐาน ค 3.2 ตัวชี้วัด ม.2/2 มาตรฐาน ค 4.2
ตัวชี้วัด ม.2/1 มาตรฐาน ค 6.1 ตัวชี้วัด ม.2/1-6 รวมทั้งหมด 7 มาตรฐาน 15 ตัวชี้วัด

จากคำอธิบายรายวิชาคณิตศาสตร์ 4 (ค22102) ผู้วิจัยต้องการให้นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับ
การอธิบาย และระบุนรากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง การหารากที่สอง และรากที่สามของ
จำนวนเต็ม โดยการแยกตัวประกอบ และการแก้ปัญห ความตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของ
คำตอบ การอธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการหารากที่สอง และรากที่สามของจำนวนเต็ม เศษส่วน และ

ทศนิยม ความสัมพันธ์ของการยกกำลังกับการหารากของจำนวนจริง การหาค่าประมาณของรากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง และการแก้ปัญหา

1.5 โครงสร้างรายวิชาคณิตศาสตร์ 4 (ค22102)

จากคำอธิบายรายวิชาคณิตศาสตร์ 4 (ค22102) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 เวลาเรียน 60 ชั่วโมง ต่อ 1 ภาคเรียน จำนวน 1.5 หน่วยกิต ดังตารางที่ 2 – 1

ตารางที่ 2 – 1 โครงสร้างรายวิชาคณิตศาสตร์ 4 (ค22102) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2

| หน่วย ที่ | ชื่อหน่วยการ เรียนรู้ | มาตรฐานการ เรียนรู้/ ตัวชี้วัด | สาระสำคัญ | เวลา (คาบ) | น้ำหนัก คะแนน |
|--------------|--|--|--|---------------|------------------|
| 1. | ทฤษฎีบท พีทาโกรัส | ค 3.2 ม.2/2 | 1.ทฤษฎีบทพีทาโกรัส และบท กลับ | 14 | 23 |
| 2. | ความรู้ เบื้องต้น เกี่ยวกับ จำนวนจริง | ค 1.1 ม.2/1-3 ค 1.2 ม.2/1-2 ค 1.3 ม.2/1 ค 1.4 ม.2/1 | 1.ทศนิยม และทศนิยมซ้ำ การจำแนกจำนวนจริงที่ 2.จำนวนตรรกยะ และ จำนวนอตรรกยะ 3.รากที่สอง และรากที่สามของ จำนวนจริงของจำนวนเต็ม และการนำไปใช้ 4. รากที่สอง และรากที่สาม ของจำนวนจริง 5. การหาค่าประมาณของรากที่ สอง และรากที่สามของจำนวน จริง และการนำไปใช้ | 18 | 30 |
| 3. | การประยุกต์ ของสมการ เชิงเส้นตัว แปรเดียว | ค 6.1 ม.2/1-6 | 1.โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว | 13 | 22 |

ตารางที่ 2 – 1 (ต่อ)

| หน่วย ที่ | ชื่อหน่วยการ เรียนรู้ | มาตรฐานการ เรียนรู้/ ตัวชี้วัด | สาระสำคัญ | เวลา (คาบ) | น้ำหนัก คะแนน |
|--------------|--------------------------|--------------------------------------|---|---------------|------------------|
| 4. | เส้นขนาน | ค 3.2 ม.2/3-4 ค 6.1 ม.2/1-6 | 1.สมบัติของเส้นขนาน 2. การใช้สมบัติของ เส้นขนานในการให้เหตุผล และการแก้ปัญหา สะท้อน และการหมุนบน ระนาบในพิกัดฉาก | 15 | 25 |
| รวม | | | | 60 | 100 |

จากโครงสร้างรายวิชาคณิตศาสตร์ 4 (ค22102) ผู้วิจัยจะใช้หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนจริง ในการทำการวิจัยโดยสาระสำคัญที่ผู้วิจัยใช้ในการวิจัย คือ รากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง รากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง การหาค่าประมาณของรากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง และการนำไปใช้ รวมทั้งสิ้น 16 ชั่วโมง

2. แผนการจัดการเรียนรู้

2.1 ความหมายของแผนการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ นักการศึกษาได้ให้ความหมายของแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2542, หน้า 1) ได้กล่าวว่า แผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง แผนการหรือโครงการที่จัดทำเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อใช้ในการปฏิบัติการสอนในรายวิชาใดวิชาหนึ่งเป็นการเตรียมการสอนอย่างมีระบบ และเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ครูพัฒนาการจัดการเรียนการสอนไปสู่จุดประสงค์การเรียนรู้ และจุดหมายของหลักสูตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2546, หน้า 201) ได้กล่าวว่า แผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง การเตรียมการสอนอย่างเป็นลายลักษณ์อักษรไว้ล่วงหน้า เพื่อเป็นแนวทางการในการสอนสำหรับครูอันจะช่วยให้การเรียนการสอนบรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

พรพิมล พรพิรชนม์ (2550, หน้า 220) ได้กล่าวว่า แผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง การเตรียมกิจกรรม และข้อมูลที่จะต้องใช้ในการสอนของครูล่วงหน้าอย่างเป็นลายลักษณ์อักษรซึ่งในแผนการจัดการเรียนรู้ควรประกอบด้วย ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา) ขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ และแหล่งการเรียนรู้ การวัด และการประเมินผล โดยครูต้องจัดเตรียมข้อมูลดังกล่าวอย่างสอดคล้องต่อเนื่องกัน เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปปฏิบัติจริง

ชนาธิป พรกุล (2554, หน้า 355) ได้กล่าวว่า แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นเอกสารทางวิชาการที่ครูจัดทำล่วงหน้าอย่างเป็นระบบ เพื่อใช้จัดการเรียนการสอน ประกอบด้วยรายการกิจกรรมที่นักเรียน และครูร่วมกันทำตามลำดับในช่วงเวลาหนึ่ง มีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยความสะดวก และสนุกในการเรียน

เวชฤทธิ์ อังกะนภัทรขจร (2555, หน้า 36) ได้กล่าวว่า แผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง การเตรียมการจัดการเรียนรู้ไว้ล่วงหน้าอย่างเป็นระบบ และเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อให้เป็นแนวทางในการดำเนินการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาใดวิชาหนึ่งให้บรรลุผลตามมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดที่หลักสูตรกำหนดซึ่งสอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น

ศศิธร เวียงวะลัย (2556, หน้า 51) ได้กล่าวว่า แผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง แผนในการจัดการเรียนการสอนที่ครูหรือครูเป็นผู้จัดทำขึ้นจากแนวการจัดการเรียนการสอนของกลุ่มมือครู หรือกรมวิชาการ ภายใต้กรอบเนื้อหาสาระที่ครูต้องการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้โดยกำหนดจุดประสงค์ วิธีการดำเนินการ หรือกิจกรรมให้นักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ สื่อการเรียนรู้ และวิธีวัดผลประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

จากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง การเตรียมการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ และเป็นลายลักษณ์อักษร ซึ่งได้จากarviวิเคราะห์หลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด มีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดที่หลักสูตรกำหนด โดยครูจะต้องเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ หรือแหล่งการเรียนรู้ มีการวัด และประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

2.2 ความสำคัญของแผนการจัดการเรียนรู้

การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ได้ดี จะส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนั้นแผนการจัดการเรียนรู้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งนักการศึกษาได้กล่าวไว้ดังนี้

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2542, หน้า 2) ได้กล่าวว่าการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ก่อให้เกิดประโยชน์ดังนี้

1. ก่อให้เกิดการวางแผน และการเตรียมการล่วงหน้าเป็นการนำเทคนิควิธีการสอน การเรียนรู้ สื่อเทคโนโลยี และจิตวิทยาการเรียนการสอนมาผสมผสานประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับ สภาพแวดล้อมด้านต่าง ๆ
2. ส่งเสริมให้ครูก้นคว้าหาความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร เทคนิคการเรียนการสอน การเลือกใช้สื่อ การวัด และประเมินผลตลอดจนประเด็นต่างๆที่เกี่ยวข้องจำเป็น
3. เป็นคู่มือการสอนสำหรับตัวครู และครูที่สอนแทน นำไปใช้ปฏิบัติการสอน อย่างมั่นใจ
4. เป็นหลักฐานแสดงข้อมูลด้านการเรียนการสอน และการวัด และประเมินผลที่จะ เป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนต่อไป
5. เป็นหลักฐานแสดงความเชี่ยวชาญของครูซึ่งสามารถนำไปเสนอเป็นผลงาน ทางวิชาการได้

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2546, หน้า 201 – 202) ได้นำเสนอความสำคัญของแผนการจัดการ เรียนรู้ไว้ 6 ประการดังนี้

1. ทำให้ครูสอนด้วยความมั่นใจเป็นไปตามลำดับขั้นตอนอย่างราบรื่นไม่ติดขัด เพราะได้เตรียมการทุกอย่างไว้พร้อมแล้ว การสอนก็จะดำเนินไปสู่จุดหมายปลายทางอย่างสมบูรณ์
2. ทำให้เป็นการสอนที่มีคุณค่าคุ้มกับเวลาที่ผ่านไปเพราะครูจะสอนอย่างมี เป้าหมาย และมีทิศทางในการสอน นักเรียนจะได้รับความรู้ ความคิด เกิดเจตคติเกิดทักษะ และเกิด ประสบการณ์ใหม่ การที่ครูวางแผนไว้ ทำให้เป็นการเรียนการสอนที่มีคุณค่า
3. ทำให้เป็นการเรียนการสอนที่ตรงตามหลักสูตร เพราะครูต้องศึกษาหลักสูตร ทั้งด้านจุดประสงค์ เนื้อหาสาระที่จะสอน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การใช้สื่อการสอน และการวัดประเมินผล แล้วจัดทำออกมาเป็นแผนการจัดการเรียนรู้
4. ทำให้การสอนบรรลุผลอย่างมีประสิทธิภาพดีกว่าการสอนที่ไม่มี การวางแผนการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ครูต้อง วางแผนอย่างรอบคอบในทุก องค์ประกอบของการสอน รวมทั้งการจัดเวลา สถานที่ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ซึ่งจะ เอื้ออำนวยให้เกิดการเรียนรู้โดยสะดวกและง่ายขึ้น
5. ทำให้ครูใช้เป็นเอกสารเตือนความจำสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการสอน ต่อไป และยังเป็นประโยชน์สำหรับเป็นแนวทางให้กับผู้เข้าสอนแทนในกรณีจำเป็นเมื่อครูไม่ สามารถเข้าสอนได้ทำให้นักเรียนได้รับความรู้ และประสบการณ์ที่ต่อเนื่องกัน
6. ทำให้นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อครู และต่อวิชาที่เรียนทั้งนี้เพราะครูสอนด้วย ความพร้อม

ฉันทน์ ธาตุทอง (2550, หน้า 267) ได้กล่าวถึงความสำคัญของแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ 9 ประการดังนี้

1. ทำให้จัดการเรียนการสอนมีความหมายยิ่งขึ้น
2. ครูมีคู่มือการสอนที่มีคุณภาพ
3. เป็นผลงานที่ส่งเสริมศักยภาพการเป็นครูมืออาชีพ
4. ครูคนอื่นใช้สอนแทนเราได้
5. ทำให้จัดการเรียนการสอนตามสภาพที่เป็นจริง
6. ทำให้เกิดการเรียนรู้แบบองค์รวมที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้หลายอย่างใน

ขณะเดียวกัน

7. ทำให้ขยายขอบเขตการศึกษาไปได้หลายอย่างไม่จำกัด โดยมีความเกี่ยวข้องกับวิชาอื่น ได้อย่างกลมกลืน

8. ช่วยให้การเรียนการสอนมีคุณภาพตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตรสถานศึกษา
9. ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความสมบูรณ์ครบถ้วน โดยไม่จำกัดระยะเวลา

ศศิธร เวียงวะลัย (2556, หน้า 52) ได้กล่าวว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีความสำคัญคือ เป็นเครื่องมือในการสอน และช่วยให้ครูสามารถจัดกระบวนการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของนักเรียน เป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ และเกิดความมั่นใจในการสอน เป็นคู่มือสำหรับครูที่ทำการสอนแทน และเป็นเครื่องมือในการพัฒนาการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสำคัญของแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีความสำคัญต่อครู และนักเรียน เนื่องจากครูได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ค้นคว้าเทคนิคการสอน และเลือกการวัด และประเมินผลที่เหมาะสม ทำให้การสอนเกิดประสิทธิภาพ ครอบคลุมเนื้อหาของหลักสูตร และการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามเวลาที่เหมาะสม เพราะครูมีการวิเคราะห์หลักสูตรการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดก่อนออกแบบการจัดการเรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อครูเนื่องจากครูมีการเตรียมการจัดการเรียนรู้เป็นอย่างดี และครูจะได้คู่มือการสอนที่ครูท่านอื่นสามารถเข้าสอนแทนได้

2.3 องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ต้องประกอบด้วยองค์ประกอบที่นักการศึกษาได้เสนอไว้ดังนี้

พรพิมล พรพิรชนม์ (2550, หน้า 221) ได้กล่าวว่าในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้นั้น ครูควรตอบคำถามต่อไปนี้เพื่อนำไปสู่การกำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้

1. สอนใคร

2. สอนอะไร
 3. จุดประสงค์ในการสอนคืออะไร
 4. สอนเนื้อหาอะไร
 5. ใช้วิธีการใดในการสอน
 6. ใช้เครื่องมืออะไร
 7. ทราบได้อย่างไรว่านักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์หรือไม่
- เมื่อตอบคำถามดังกล่าวแล้วจึงได้องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้
1. ระดับชั้นที่สอน
 2. รายวิชาหน่วยการเรียนรู้ที่สอนเรื่องการสอน และสาระสำคัญความคิดรวบยอดของเรื่อง
 3. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และจุดประสงค์การเรียนรู้
 4. เนื้อหาสาระการเรียนรู้
 5. กิจกรรมการเรียนรู้
 6. สื่อการเรียนรู้ แหล่งการเรียนรู้
 7. การวัดและการประเมินผล

เวชฤทธิ์ อังกะนภัทรขจร (2555, หน้า 37 - 40) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ 8 ประการดังนี้

1. หัวแผน เป็นส่วนแรกของแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นส่วนที่บอกรายละเอียดเบื้องต้นของแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย ลำดับที่ของแผนการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้ ระดับชั้นที่สอน หัวเรื่องที่สอน และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้
2. สาระสำคัญ เป็นข้อความที่เขียนเพื่อระบุให้เห็นแก่น หรือเห็นข้อสรุปที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับนักเรียนทั้งด้านเนื้อหา ด้านทักษะ และกระบวนการ และด้านเจตคติ หลังจากที่เรียนจบแผนการจัดการเรียนรู้นี้แล้ว ซึ่งวิธีการเขียนสาระสำคัญมีดังนี้
 - 2.1 เขียนในลักษณะของการสรุปเนื้อหา ทักษะ หรือเจตคติ ที่เป็นเป้าหมายด้วยภาษาที่รัดกุม และชัดเจน
 - 2.2 เขียนในลักษณะความเรียงหรือเขียนเป็นรายข้อ ถ้าแผนการจัดการเรียนรู้นั้นมีมากกว่า 1 สาระสำคัญ หรือเขียนในลักษณะของแผนผังมโนทัศน์
3. จุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นสิ่งที่คาดหวังให้เกิดขึ้นกับนักเรียนเมื่อเรียนจบแผนการ

จัดการเรียนรู้ ซึ่งการเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ควรเขียนให้กระชับ ชัดเจน และสอดคล้องกับตัวชี้วัด หรือผลการเรียนรู้ในคำอธิบายรายวิชา เพื่อเป็นแนวทางในการวัดผล ประเมินผล การเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ควรประกอบด้วย ส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่

3.1 สถานการณ์ หรือเงื่อนไขก่อนการแสดงผลการเรียนรู้ เป็นส่วนที่ครูสามารถกำหนดเป็นเงื่อนไขของการจัดการเรียนการสอนหัวข้อ หรือเรื่องหนึ่งหนึ่ง ๆ ก่อนที่จะให้นักเรียนแสดงผลการที่คาดหวังมักใช้คำว่า “หลังจากที่....., เมื่อกำหนด....., เมื่อนำ....., เมื่อ..... ” เป็นต้น

3.2 พฤติกรรมของนักเรียน ที่ครูคาดหวังให้แสดงออกมาหลังจากที่เรียนเรื่องนั้นนั้นแล้ว

3.3 เกณฑ์ของการประเมินพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกมา เป็นข้อความที่ประเมินว่านักเรียนจะต้องปฏิบัติได้เพียงใด หรือเพื่อแสดงผลการเรียนรู้ในระดับใด เช่น ในการสอบก็ควรมีการกำหนดอย่างชัดเจนว่านักเรียนต้องทำแบบทดสอบ ได้กี่ข้อ จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน หรือนักเรียนสามารถแสดงผลการเรียนรู้ หรือมีผลงานอะไรบ้าง และมีความถูกต้องมากน้อยเพียงใดจึงเป็นไปตามเกณฑ์ที่ต้องการ มักใช้คำว่า “ได้ถูกต้อง ได้ทุกข้อ ได้ 8 ใน 10 ข้ออย่างน้อย 5 ข้อ” เป็นต้น

4. สารการเรียนรู้/ เนื้อหาสาระ เป็นองค์ประกอบที่ทำให้ผู้ สอนเห็นเนื้อหาที่ต้องสอนอาจประกอบด้วย บทนิยาม ทฤษฎี หลักการ วิธีการ ขั้นตอน แนวปฏิบัติหรือ ตัวอย่าง เป็นต้น การระบุเนื้อหาแผนการจัดการเรียนรู้มีแนวการเขียนดังนี้

4.1 เขียนให้สอดคล้องกับสาระสำคัญ และจุดประสงค์การเรียนรู้

4.2 สอดคล้องกับระยะเวลา วิชา และความสามารถของนักเรียน

4.3 เขียนเนื้อหาตามที่ให้นักเรียน เรียนรู้ได้อย่างเป็นลำดับ

5. ชิ้นงาน/ ภาระงาน เป็นสิ่งที่ครูกำหนดขึ้น หรือนักเรียนกับครูร่วมกันกำหนด เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และเป็นร่องรอยหลักฐานแสดงว่านักเรียนมีความรู้ ทักษะ และกระบวนการ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ นั้น ๆ

ชิ้นงาน เช่น รายงาน เรียงความ แผนภาพ หุ่นจำลอง แฟ้มสะสมผลงาน เป็นต้น

ภาระงาน เช่น การพูดปากเปล่า การตอบคำถาม การอธิบาย การกล่าวรายงาน การอภิปราย เป็นต้น

งานลักษณะผสมผสานระหว่างชิ้นงาน และภาระงาน เช่น โครงงาน การแสดงละคร การสาธิต เป็นต้น

6. กิจกรรมการเรียนรู้ เป็นสภาพการณ์ที่ครูออกแบบเพื่อนำเสนอเนื้อหา วิธีการ

หรือ การปฏิบัติ ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ มีแนวการเขียนดังนี้

6.1 เขียนให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้

6.2 เขียนเป็นรายชื่อตามลำดับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ หรือเขียนเป็นสามขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนำ ขั้นสอน ขั้นสรุป โดยในแต่ละขั้นจะเขียนเรียงลำดับเป็นรายชื่อ และกำหนดรายละเอียดในแต่ละขั้น/ แต่ละข้ออย่างชัดเจน

6.3 เขียนโดยระบุให้รู้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้น ใครเป็นผู้มีบทบาท นักเรียน ครูหรือทั้งนักเรียน และครู

นอกจากนี้ลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ควรมีลักษณะต่อไปนี้

1. เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียน ได้ลงมือปฏิบัติมากที่สุด โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำหรือกระตุ้นให้กิจกรรมที่นักเรียนดำเนินการเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

2. เป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียน ได้ค้นพบคำตอบหรือทำสำเร็จได้ด้วยตนเอง

3. เป็นกิจกรรมที่มุ่งให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน

4. เป็นกิจกรรมที่ครูใช้สื่อที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เหมาะกับสาระการเรียนรู้ และตัวนักเรียน

7. สื่อการเรียนรู้ เป็นตัวกลางที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีแนวการเขียนดังนี้

7.1 ระบุสื่อให้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้

7.2 ระบุเฉพาะสื่อที่ใช้จริงในการจัดการเรียนรู้

7.3 ระบุชนิด และรายละเอียดของสื่อการเรียนรู้

7.4 ไม่ควรระบุสิ่งที่มีอยู่แล้วอย่างถาวรในห้องเรียนว่า เป็นสื่อการเรียนรู้ เช่น กระดานดำ ชอล์ก ดินสอ ปากกา เป็นต้น

8. การวัดผล และประเมินผล เป็นการกระทำเพื่อตรวจสอบว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้ หรือไม่ การวัดเป็นการรวบรวมข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ และวิธีการต่าง ๆ เช่น การสังเกต การสัมภาษณ์ การสอบถาม การตรวจผลงาน และการทดสอบ เป็นต้น และกำหนดค่าเป็นตัวเลข ส่วนการประเมินผลเป็นการตัดสินค่าที่ได้จากการวัด

การเขียนการวัดผล และการประเมินผลอาจเขียนแยก หรือเขียนรวมกันก็ได้โดยมีองค์ประกอบดังนี้

8.1 วัดอะไร (ดูที่จุดประสงค์การเรียนรู้)

8.2 วัตถุประสงค์ (พิจารณาจากสาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และวัยของนักเรียนประกอบกัน)

8.3 ประเมินว่าผ่าน หรือไม่อย่างไร (มีการกำหนดเกณฑ์การประเมิน)

ศศิธร เวียงวะลัย (2556, หน้า 54) ได้กล่าวว่า แผนการจัดการเรียนรู้ มีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ หรือแหล่งเรียนรู้ การวัด และประเมินผลการเรียนรู้ กิจกรรมเสนอแนะ ความคิดเห็นผู้บริหาร และบันทึกหลังสอน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่า องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย

1. หัวแผนซึ่งให้รายละเอียดของระดับชั้นที่สอน รายวิชาที่สอน จำนวนคาบเป็นต้น
2. สาระสำคัญ ได้แก่ ข้อสรุปด้านเนื้อหา / สาระ ทักษะ และกระบวนการ และด้านเจตคติ ที่นักเรียนจะต้องเกิดขึ้นในคาบเรียน
3. จุดประสงค์การเรียนรู้
4. เนื้อหา/ สาระการเรียนรู้
5. ชิ้นงาน
6. กิจกรรมการเรียนรู้ โดยกิจกรรมการเรียนรู้ ครูจะเป็นผู้ออกแบบให้สอดคล้องกับเทคนิค หรือวิธีการที่ครูจะนำไปใช้สอน
7. สื่อการเรียนรู้
8. การวัดผล และประเมินผล

2.4 ขั้นตอนของการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้

การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ดี เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อครู และนักเรียน มีขั้นตอนของการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งนักการศึกษาได้นำเสนอไว้ดังนี้

เวชฤทธิ์ อังกะนภัทธจร (2555, หน้า 36 - 37) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดทำแผนจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน คือ

วิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา โครงสร้างรายวิชา และหน่วยการเรียนรู้เพื่อเป็นประโยชน์ในการพิจารณาการเขียนรายละเอียดแต่ละหัวข้อในองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้

1. วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ตัวชี้วัดเพื่อนำมากำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้
2. วิเคราะห์สาระสำคัญของสาระการเรียนรู้
3. วิเคราะห์ชิ้นงานหรือภาระงาน
4. วิเคราะห์ กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเลือกวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ที่เหมาะสมกับเนื้อหา และเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

5. วิเคราะห์สื่อ และแหล่งการเรียนรู้โดยคัดเลือกสื่อ และแหล่งเรียนรู้ที่เหมาะสม สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยสื่อที่ใช้อาจเป็นสื่อจากธรรมชาติสื่อที่สร้างขึ้นแหล่งเรียนรู้ในชุมชนหรือบุคคลที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่น

6. วิเคราะห์กระบวนการวัด และประเมินผลเลือกใช้วิธีการวัดผล และประเมินผลที่หลากหลายด้วยเครื่องมือที่สอดคล้องและควบคุมตามจุดประสงค์การเรียนรู้และนำผลที่ได้จากการวัดและประเมินไปใช้ในการปรับปรุงการสอนของครูและการเรียนรู้ของนักเรียน

เกริก ท่วมกลาง และจินตนา ท่วมกลาง (2555, หน้า 259 - 272) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ 9 ขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน หรือหลักสูตรในรายวิชานั้น ๆ เป็นขั้นตอนการทำความเข้าใจหลักการ เป้าหมายของหลักสูตรการศึกษาให้ชัดเจน โดยเฉพาะจะต้องทำการวิเคราะห์หลักสูตรในสาระการเรียนรู้ที่จะสร้างสื่อ/นวัตกรรม ว่าเรื่องที่น่ามาพัฒนาเป็นสื่อ/นวัตกรรมอยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ใด ชั้นใด หน่วยการเรียนรู้ครอบคลุมมาตรฐานการเรียนรู้อะไรบ้าง ประกอบด้วยตัวชี้วัดจำนวนเท่าใด มีส่วนเกี่ยวข้องกับท้องถิ่นหรือไม่ ครอบคลุมสมรรถนะสำคัญข้อใด เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะอันพึงประสงค์จำนวนเท่าใด ผู้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักสูตรโดยละเอียด

2. ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่ผู้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้จะต้องทำความเข้าใจถึงหลักการ ทฤษฎี จากเอกสาร ตำราต่าง ๆ เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้ที่ค้นพบเพื่อสังเคราะห์ นำมาใช้ในการปฏิบัติการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ ในขั้นนี้ผู้จัดทำควรศึกษาจากเอกสารหลาย ๆ เล่ม ก่อนสรุปองค์ความรู้ที่จะนำไปสู่การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยสื่อ/นวัตกรรม ให้มีความเหมาะสมกับประเภทของสื่อ/นวัตกรรม และสัมพันธ์กับธรรมชาติของกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่ดำเนินการพัฒนาอย่างมีคุณภาพ

3. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 3 ข้อ คือ

3.1 การศึกษาองค์ประกอบการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญอะไรบ้าง ซึ่งโดยปกติองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยงานนั้น ๆ มีองค์ประกอบไปในทิศทางเดียวกัน หรือมีรูปแบบเดียวกัน ซึ่งโดยทั่วไปองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย ส่วนหัวของแผนการจัดการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้ การวัด และ

ประเมินผล บันทึกการตรวจของผู้บริหารโรงเรียน และบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้จะต้องครอบคลุมตามองค์ประกอบ และครบตามจำนวนสื่อ/นวัตกรรมที่สร้างขึ้น

3.2 ศึกษาการเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ ให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ของการพัฒนาสื่อ/นวัตกรรมมาใช้ให้สัมพันธ์กับแผนการจัดการเรียนรู้ และควรให้ครอบคลุมทั้งพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย

3.3 พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบสื่อ/นวัตกรรมที่สร้างขึ้นให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ที่กำหนดในการพัฒนาการเรียนรู้เรื่องใด ใช้กิจกรรมใด มีขั้นตอนอย่างไร ในการใช้สื่อ/นวัตกรรมแต่ละประเภท ซึ่งโดยทั่วไปกิจกรรมหรือกระบวนการเรียนรู้ภายในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ จะประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญคือ การทดสอบ หรือการประเมินผลก่อนเรียน การจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อ/นวัตกรรม และปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ตามที่กำหนดในนวัตกรรมแต่ละประเภท และวัดประเมินผลหลังเรียน ขั้นตอนนี้ผู้พัฒนาสื่อ/นวัตกรรมให้มีความสัมพันธ์กับแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น และแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น จะต้องครอบคลุมทั้งจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการพัฒนาสื่อ/ นวัตกรรมด้วย

4. ปรีกษาผู้เชี่ยวชาญ เป็นการนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดทำเสร็จแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญ เพื่อขอคำแนะนำการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ โดยนำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบในส่วนที่เกี่ยวกับส่วนหัวของแผน มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัด และประเมินผล เพื่อให้แผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับสื่อ/นวัตกรรมที่สร้างขึ้น

5. ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นการนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องตามที่ผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะ ในส่วนที่เกี่ยวกับส่วนหัวของแผนการจัดการเรียนรู้ การกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัด และประเมินผล

6. ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นการนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องตามที่ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 – 5 ท่าน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญอาจประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร ด้านการพัฒนาสื่อ/ นวัตกรรม ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านการวัดประเมินผล และด้านการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ หรือด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ประเมินตรวจสอบความถูกต้องเกี่ยวกับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อแหล่งเรียนรู้ การวัดผลประเมินผล ตามแบบประเมินที่ครูได้สร้างขึ้น หรือใช้แบบประเมินที่มีผู้สร้างไว้แล้วมาปรับปรุงก็สามารถนำมาใช้ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ได้เช่นกัน

เมื่อนำแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้เสนอผู้เชี่ยวชาญ ประเมินทุกแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วรวบรวมผลการประเมินคิดคะแนน โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.51 – 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

7. วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ จากคณะกรรมการ ประเมินของผู้เชี่ยวชาญ เป็นการนำผลจากการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญประเมิน ไว้แต่ละคนมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย โดยยึดเกณฑ์การตัดสินมากกว่าระดับคะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้น ไป จึงถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด หากพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ ไม่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด ก็นำกลับไปพัฒนาให้สมบูรณ์ก่อนแล้วจึงดำเนินการประเมินอีกครั้งหนึ่ง

8. นำแผนการจัดการเรียนรู้ทดลองใช้ (Try Out) ร่วมกับสื่อ/นวัตกรรมที่สร้างขึ้นทั้ง 3 ขั้นตอน คือการทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-One Testing) กับนักเรียนจำนวน 3 คนที่มี ระดับสติปัญญา 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน การทดลองแบบกลุ่มเล็ก (Small-Group Testing) กับนักเรียนจำนวน 5 – 10 คน ที่มีระดับสติปัญญา 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน การทดลองภาคสนามแบบกลุ่มเล็ก (Field Testing) กับนักเรียนจำนวน 20 – 30 คน เพื่อดูความเหมาะสม กิจกรรมการเรียนการสอน การทำกิจกรรม และการใช้สื่อ/นวัตกรรม การสรุปองค์ความรู้ การวัดประเมินผล เวลา และความสนใจของนักเรียนต่อสื่อ/นวัตกรรมที่สร้างขึ้น

9. จัดพิมพ์เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ เป็นการนำแผนการจัดการเรียนรู้มา ปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง แล้วจัดพิมพ์เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ นำเสนอผู้บริหาร โรงเรียน ตรวจสอบความถูกต้อง และนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง หรือกลุ่มเป้าหมายเพื่อพัฒนาศักยภาพของ นักเรียนหรือพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่อไป

จากการที่ผู้วิจัย ได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนของการจัดทำแผนการจัดการ เรียนรู้ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

วิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา โครงสร้างรายวิชา และหน่วยการเรียนรู้เพื่อเป็นประ โยชน์ในการพิจารณาการเขียนรายละเอียดแต่ละหัวข้อในองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้

1. วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ตัวชี้วัดเพื่อนำมากำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้

3. วิเคราะห์เนื้อหาสาระสำคัญ กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนคาบเรียน
4. ศึกษากระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเลือกวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหา และเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ
5. กำหนดชิ้นงาน สื่อ และแหล่งการเรียนรู้ โดยคัดเลือกสื่อ แหล่งเรียนรู้ และกระบวนการวัด และประเมินผลที่เหมาะสมกับกระบวนการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้
6. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้
7. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเรียบร้อยแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อขอคำแนะนำและจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ โดยนำแผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบในส่วนที่เกี่ยวข้องกับส่วนหัวของแผน มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัด และประเมินผล
8. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 3 - 5 ท่าน เพื่อประเมินตรวจสอบความถูกต้อง เกี่ยวกับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดผลประเมินผล ตามแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scales) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำค่าเฉลี่ยมาแปลความหมายโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการแปลความหมาย ดังนี้
 - ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด
 - ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก
 - ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง
 - ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.51 – 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย
 - ค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด
 โดยเฉลี่ยระดับความเหมาะสม มีค่าตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้
9. นำแผนการจัดการเรียนรู้ มาปรับปรุง แก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้องอีกครั้งก่อนนำไปทดลองใช้
10. นำแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้โดยการทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-One Testing) กับนักเรียนจำนวน 3 คนที่มีระดับสติปัญญา 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน หลังจากนั้นทำการทดลองแบบกลุ่มเล็ก (Small-Group Testing) กับนักเรียนจำนวน 5 – 10 คน ที่มีระดับสติปัญญา 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน และทดลอง

ภาคสนามแบบกลุ่มเล็ก (Field Testing) กับนักเรียนจำนวน 20 – 30 คน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ การใช้สื่อการเรียนรู้ การวัดผล ประเมินผล เวลา และความสนใจของนักเรียนต่อบทกิจกรรม หรือใบงานที่สร้างขึ้น และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบ แล้วนำไปแก้ไขปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

2.5 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้จะมีคุณภาพหรือไม่ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะหรือประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งต้องมีความรู้เกี่ยวกับความหมายของประสิทธิภาพ ด้านการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ วิธีคำนวณหาประสิทธิภาพ ตามที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ดังนี้

หริพล ธรรมนารักษ์ (2558, หน้า 293 – 297) ได้กล่าวไว้ดังนี้

ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง การหาประสิทธิภาพของสื่อการสอน หรือชุดการสอน โดยพิจารณาตามขั้นตอนของการพัฒนาสื่อการสอนแต่ละขั้นเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแต่ละองค์ประกอบของต้นแบบชิ้นงานให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยกระบวนการสองขั้นตอนคือ การทดสอบประสิทธิภาพการใช้เบื้องต้น (Try Out) และทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ การทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้นักเรียนผ่านกระบวนการเรียน และประเมินแบบประเมินสุดท้ายได้ดี การทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจรวมทั้งนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข

ความหมายของเกณฑ์ (Criterion) เกณฑ์เป็นขีดกำหนดที่จะยอมรับว่า สิ่งใดหรือพฤติกรรมใดมีคุณภาพ และปริมาณที่จะรับได้ การตั้งเกณฑ์ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียวเพื่อจะปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้ จะตั้งเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพไว้ต่างกันไม่ได้

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของนักเรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E_1 = \text{Efficiency of Process}$ และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E_2 = \text{Efficiency of Product}$ (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

1. ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือการประเมินผลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของนักเรียน เรียกว่า กระบวนการ (Process) ที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม

2. ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Product) ของนักเรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียน

ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ครูคาดหวังว่านักเรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พอใจ โดยกำหนดให้ผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงาน และการประกอบ

กิจกรรมของนักเรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผลการประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

วิธีคำนวณหาประสิทธิภาพสามารถทำได้ 2 วิธี คือโดยใช้สูตร และการคำนวณร้อยละแบบธรรมดา โดยการใช้สูตรกระทำได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

วิธีคำนวณโดยใช้สูตรคำนวณ

$$\text{สูตรที่ 1} \quad E_1 = \frac{\sum x}{A} \times 100$$

เมื่อ E_1 คือประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum x$ คือ คะแนนรวมของแบบฝึกปฏิบัติกิจกรรม หรืองานที่

ทำระหว่างเรียนทั้งที่เป็นกิจกรรมในห้องเรียน นอกห้องเรียน หรือออนไลน์

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติ ทุกชิ้นรวมกัน

n คือ จำนวนนักเรียน

$$\text{สูตรที่ 2} \quad E_2 = \frac{\sum F}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน

B คือ คะแนนเต็มของการประเมินสุดท้ายของแต่ละหน่วย

ประกอบด้วยผลการสอบหลังเรียน และคะแนนจากการประเมินงานสุดท้าย

n คือ จำนวนนักเรียน

วิธีคำนวณโดยไม่ใช้สูตร กรณีไม่ยากใช้สูตร ผู้ผลิตสื่อการสอน หรือชุดการสอนก็สามารถใช้วิธีการคำนวณแบบธรรมดา คือ หาค่า E_1 และ E_2 ได้ ด้วยวิธีการคำนวณสำหรับ E_1 คือ ค่าประสิทธิภาพของงาน และแบบฝึกปฏิบัติ กระทำได้โดยการนำคะแนนงานทุกชิ้นของนักเรียนในแต่ละกิจกรรม แต่ละคนมารวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ย และเทียบส่วนโดยเป็นร้อยละ สำหรับค่า E_2 คือ ประสิทธิภาพผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียนของแต่ละสื่อการสอน หรือชุดการสอน กระทำได้โดยการเอาคะแนนจากการสอบหลังเรียน และคะแนนจากงานสุดท้ายของนักเรียนทั้งหมดรวมกันหาค่าเฉลี่ยแล้วเทียบส่วนร้อยละเพื่อหาค่าร้อยละ

การแปลความหมายผลการคำนวณ หลังจากคำนวณหาค่า E_1 และ E_2 ได้แล้ว ครูต้องแปลความหมายของผลลัพธ์ ความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ ให้มีความคาดเคลื่อน หรือความแปรปรวนของผลลัพธ์ได้ไม่เกิน 0.05 (ร้อยละ 5) จากช่วงต่ำไปสูง เท่ากับ ± 2.5 นั้นให้ผลลัพธ์ของค่า E_1 หรือ E_2 ที่ถือว่าเป็นไปตามเกณฑ์ มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกิน 2.5% และสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน 2.5% หากคะแนน E_1 หรือ E_2 ห่างกันเกิน 5% แสดงว่ากิจกรรมที่ให้นักเรียนทำกับการทดสอบ

หลังเรียนไม่สมดุลกัน เช่น ถ้า E_1 มากกว่า E_2 แสดงว่า งานที่มอบหมายอาจง่ายกว่าการทดสอบหลังเรียน หรือหากค่า E_2 มากกว่า E_1 แสดงว่า การทดสอบหลังเรียนง่ายกว่า หรือไม่สมดุลกับงานที่มอบหมายให้ทำ จำเป็นที่จะต้องปรับแก้สื่อการสอน หรือชุดการสอน การออกแบบและพัฒนาสื่อการสอนอย่างดีมีคุณภาพ ค่า E_1 หรือ E_2 ที่คำนวณได้จากการทดสอบประสิทธิภาพ จะต้องใกล้เคียงกัน และห่างกันไม่เกิน 5% ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่จะยืนยันได้ว่านักเรียนได้มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมต่อเนื่องตามลำดับขั้น หรืออีกนัยหนึ่งต้องประกันได้ว่านักเรียนมีความรู้จริง ไม่ใช่ทำกิจกรรม หรือทำการทดสอบได้เพราะการเดา

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ 70/70 โดยตัวเลข 70 ตัวแรก (E_1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำใบงานหรือแบบทดสอบย่อยได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70 ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ส่วน 70 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70

2.6 ดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้

ดัชนีประสิทธิผล (E.I. : Effectiveness Index) หมายถึง ตัวเลขที่แสดงถึงความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียน ในการเปรียบเทียบคะแนนที่เพิ่มขึ้นจากคะแนนที่ทดสอบก่อนเรียนกับคะแนนที่ได้จากการทดสอบหลังเรียน (ศศิธร เวียงวงวณิช, 2556, หน้า 71)

การหาดัชนีประสิทธิผล

Hofland (อ้างถึงใน พิสนุ ฟองศรี, 2552, หน้า 186 – 187) ได้กล่าวถึงดัชนีประสิทธิผลที่ใช้ได้ควรมีค่า 0.50 ขึ้นไป ซึ่งมีทั้งสูตรกรณีรายบุคคล และทั้งกลุ่ม ดังนี้

1. กรณีรายบุคคล

$$\text{สูตร } E.I. = \frac{\text{คะแนนหลังเรียน} - \text{คะแนนก่อนเรียน}}{\text{คะแนนเต็ม} - \text{คะแนนก่อนเรียน}}$$

2. กรณีรายกลุ่ม

$$\text{สูตร } E.I. = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน} - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}$$

3. การจัดการเรียนรู้แบบ STAD

นักการศึกษาหลายท่านได้ใช้ชื่อภาษาไทยของรูปแบบการเรียนรู้ร่วมมือ STAD หลายชื่อ เช่น การเรียนรู้แบบร่วมด้วยช่วยงานกลุ่ม การประสบความสำเร็จเป็นทีม การเรียนแบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ เป็นต้น แต่ในงานวิจัยนี้จะใช้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STAD ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ การจัดการเรียนรู้แบบ STAD ในประเด็นต่างๆ ดังนี้

3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2546, หน้า 170) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STAD เป็นการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมืออีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งแบ่งนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันออกเป็นกลุ่มเพื่อทำงานร่วมกัน กลุ่มละประมาณ 4 – 5 คน โดยกำหนดให้สมาชิกของกลุ่มได้เรียนรู้ในเนื้อหาสาระที่ครูจัดเตรียมไว้ แล้วทำการทดลองความรู้ คะแนนที่ได้จากการทดสอบของสมาชิกแต่ละคนนำมาบวกเป็นคะแนนรวมของทีม ครูจะต้องใช้เทคนิคการเสริมแรง เช่น ให้รางวัล คำชมเชย เป็นต้น ดังนั้น สมาชิกกลุ่มจะต้องมีการกำหนดเป้าหมายร่วมกันช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เพื่อความสำเร็จของกลุ่ม

วัชรนา เล่าเรียนดี (2554, หน้า 163) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STAD เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอน โดยการจัดกลุ่มนักเรียนที่มีสมาชิกกลุ่มละ 4 – 6 คน โดยลดทอนความสามารถทางการเรียน และเพศ โดยที่ครูจะทำการสอน หรือเสนอเนื้อหาสาระของบทเรียนแก่นักเรียนทั้งชั้นก่อน และมอบหมายให้แต่ละกลุ่มทำงานตามที่กำหนดตามวัตถุประสงค์ในแผนการสอน เมื่อสมาชิกกลุ่มช่วยกันปฏิบัติ และทำแบบฝึกหัด หรือมอบหมายที่ได้รับมอบหมายเสร็จแล้ว ครูจะให้นักเรียนทำแบบทดสอบประมาณ 15 – 20 นาที คะแนนที่ได้จากการทดสอบจะถูกแปลงเป็นคะแนนกลุ่มของแต่ละกลุ่ม ซึ่งเรียกว่า “กลุ่มสัมฤทธิ์” (Achievement Division)

สุคนธ์ สิ้นธพานนท์ และคณะ (2554, หน้า 35) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STAD มีการร่วมมือกันระหว่างสมาชิกในกลุ่ม ทุกคนจะต้องพัฒนาความรู้ของตนเองในเรื่องที่ครูกำหนด ซึ่งจะมีการช่วยเหลือ ติวความรู้ให้แก่กัน มีการทดสอบความรู้เป็นรายบุคคลแทนการแข่งขัน และรวมคะแนนเป็นกลุ่ม กลุ่มที่ได้คะแนนมากที่สุดจะเป็นฝ่ายชนะ

ศศิธร เวียงวะลัย (2556, หน้า 136) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STAD หมายถึงการจัดการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยความร่วมมือช่วยเหลือซึ่งกัน และกันของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มที่มีการร่วมกันคิดแก้ไขปัญหาที่ได้รับให้สำเร็จตามเป้าหมายเพื่อให้กลุ่มได้บรรลุจุดมุ่งหมายร่วมกันนับว่าเป็นเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการนำมาจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการช่วยเหลือกันให้มีความรับผิดชอบในการทำงานร่วมกันจนงานประสบความสำเร็จ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ผู้วิจัยสรุปได้ว่า เป็นการจัดการเรียนการสอนรายกลุ่มย่อยที่มีสมาชิกในกลุ่ม 4 – 5 คน ลดความสามารถกันเพื่อทำงานที่ได้รับมอบหมายให้ประสบผลสำเร็จเป็นรายกลุ่ม ซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนได้ช่วยเหลือ และร่วมมือกันภายในกลุ่ม โดยมีครูเป็นผู้จัดการเรียนการสอนให้ทั้งชั้นเรียน และเมื่อเรียนหน่วยย่อยจบจะมีการสอบเป็นรายบุคคล แล้วนำคะแนนสอบรายบุคคลมาเฉลี่ยเป็นคะแนนของกลุ่ม ท้ายบทเรียนมีการจัดลำดับคะแนนของกลุ่ม และแจกรางวัลให้แก่กลุ่มที่ได้คะแนนสูงสุด

3.2 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD

Slavin (1995, p. 4 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552, หน้า 198) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD มีดังนี้

1. รางวัลของกลุ่ม โดยกลุ่มจะได้รับรางวัลเมื่อกำหนดคะแนนได้ถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้
2. ผลของความรับผิดชอบรายบุคคล หมายถึง ความสำเร็จของกลุ่มนั้นจะขึ้นอยู่กับ การที่สมาชิกทุกคนเข้าใจเนื้อหานั้น ๆ ดังนั้นสมาชิกทุกคนจะต้องช่วยอธิบายให้เข้าใจเมื่อมีการทดสอบสมาชิกต้องทำด้วยตนเองเป็นรายบุคคล โดยไม่มีผู้ช่วยเหลือ แต่คะแนนที่ได้จากการสอบจะนำมาเฉลี่ยเป็นคะแนนของกลุ่ม
3. โอกาสความสำเร็จที่เท่าเทียมกัน หมายถึง สมาชิกทุกคนในกลุ่มมีโอกาสที่จะทำได้ดีที่สุด และประสบความสำเร็จอย่างเท่าเทียมกัน เพราะฉะนั้นการมีประสบการณ์ทำงานร่วมกัน มาจะช่วยพัฒนาสมาชิกให้มีความก้าวหน้าการเรียนรู้

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2546, หน้า 171) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STAD มีองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

1. การเสนอเนื้อหา ครูทบทวนบทเรียนที่เรียนมาแล้วและนำเสนอเนื้อหาสาระหรือความคิดรวบยอดใหม่
2. การทำงานเป็นทีมหรือกลุ่ม ครูจัดนักเรียนที่มีความสามารถต่างกันจัดให้คละกัน และชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มที่จะต้องช่วย และร่วมกันเรียนรู้เพราะผลการเรียนของสมาชิกแต่ละคนส่งผลต่อผลรวมของกลุ่ม
3. การทดสอบย่อย สมาชิกหรือนักเรียนทุกคนทำแบบทดสอบย่อยเป็นรายบุคคล หลังจากเรียนรู้หรือทำกิจกรรมแล้ว
4. คะแนนพัฒนาการของนักเรียน เป็นคะแนนการพัฒนาหรือความก้าวหน้าของสมาชิกแต่ละคน ซึ่งครูและนักเรียนอาจร่วมมือกำหนดคะแนนการพัฒนาเป็นเกณฑ์ขึ้นมาก็ได้
5. การรับรองผลงาน และเผยแพร่ชื่อเสียงของทีม เป็นการประกาศผลงานของทีมเพื่อรับรองและยกย่องชมเชยในรูปแบบต่างๆ

ชนาธิป พรกุล (2554, หน้า 104) ได้กล่าวว่า องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD มี 5 ประการ คือ

1. นำเสนอบทเรียน (class presentation) ครูเริ่มต้นด้วยการสอนวิธีต่าง ๆ เช่น การบรรยาย การอภิปราย ประกอบกับการใช้สื่อ โดยนักเรียนระลึกลักษณะที่ควรตั้งใจเรียนรู้เพื่อจะได้อะไรบ้าง เพราะคะแนนที่ได้รับจะเป็นคะแนนของทีมด้วย
2. ทีม/ กลุ่ม (team) ประกอบด้วยนักเรียน 4 - 5 คนที่คละความรู้ ความสามารถ มี

หน้าที่เรียนรู้อบทเรียน ทำแบบฝึกหัด ตรวจสอบคำตอบ อภิปรายซักถามข้อสงสัยช่วย ช่วยแก้ความเข้าใจที่ผิด ขอมรับซึ่งกัน และกันมีความสัมพันธ์อันดีเตรียมการให้แต่ละคนพร้อมที่จะทำคะแนนให้ดีในการทดสอบท้ายบทเรียน

3. การทดสอบ (quizzes) หลังจากเรียน และฝึกในทีม 1 - 2 ครั้งครูทดสอบนักเรียนเป็นรายบุคคลโดยไม่อนุญาตให้นักเรียนช่วยเหลือกันระหว่างทดสอบ นักเรียนทุกคนจึงต้องรับผิดชอบในการเรียนรู้ของตน

4. คะแนนความก้าวหน้ารายบุคคล (individual improvement score) มีจุดประสงค์ให้นักเรียนตั้งใจ ขยัน พยายามให้มากขึ้น ทุกคนมีคะแนนฐานซึ่งได้จากคะแนนเฉลี่ย คะแนนฐานของทีมจะสูงขึ้นถ้าทุกคนได้คะแนนสูงจากฐานของตน

5. การรับรางวัลของทีม (team recognition) ทีมอาจได้รับประกาศนียบัตร หรือรางวัล ถ้าได้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ ประมาณร้อยละ 20

ทศนา แคมมณี (2554, หน้า 266 -267) ได้กล่าวว่า องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD มี 4 ประการ คือ

1. จัดนักเรียนเข้ากลุ่มลดความสามารถ (เก่ง-กลาง-อ่อน) กลุ่มละ 4 คน และเรียกกลุ่มนี้ว่ากลุ่มบ้านของเรา (Home Group)

2. สมาชิกในกลุ่มบ้านของเราได้รับเนื้อหาสาระ และศึกษาเนื้อหาสาระนั้นร่วมกัน เนื้อหาสาระนั้นอาจมีหลายตอนซึ่งนักเรียนอาจต้องทำแบบทดสอบในแต่ละตอน และเก็บคะแนนของตนไว้

3. นักเรียนทุกคนทำแบบทดสอบครั้งสุดท้าย ซึ่งเป็นการทดสอบรวบยอด และนำคะแนนของตนไปหาคะแนนพัฒนาการซึ่ง หาได้ดังนี้

คะแนนพื้นฐาน: ได้จากค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบย่อยหลาย ๆ ครั้ง ที่นักเรียนแต่ละคนทำได้

คะแนนที่ทำได้: ได้จากการนำคะแนนทดสอบครั้งสุดท้ายลบคะแนนพื้นฐาน

คะแนนพัฒนาการ: ถ้าคะแนนที่ได้คือ

-11 ขึ้นไป คะแนนพัฒนาการ = 0

-1 ถึง -10 คะแนนพัฒนาการ = 10

+1 ถึง 10 คะแนนพัฒนาการ = 20

+11 ขึ้นไปคะแนนพัฒนาการ = 30

4. สมาชิกในกลุ่มบ้านของเรา นำคะแนนพัฒนาการของแต่ละคนในกลุ่มมารวมกันเป็นคะแนนของกลุ่ม กลุ่มใดได้คะแนนพัฒนาการของกลุ่มสูงสุดกลุ่มนั้นได้รางวัล

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ผู้วิจัยสรุปได้ว่า มีองค์ประกอบสำคัญ 5 ประการดังนี้

1. การนำเสนอบทเรียน ครูเป็นผู้จัดกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีต่างๆ เช่น การบรรยาย การใช้สื่อ วัสดุ อุปกรณ์ การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด เป็นต้น ตามความเหมาะสมของเนื้อหาที่เรียน นักเรียนจะตั้งใจเรียนเนื่องจากการเรียนทุกหน่วยการเรียนจะมีการทดสอบเป็นรายบุคคล และคะแนนดังกล่าวมีผลต่อกลุ่ม

2. การร่วมมือกันเป็นกลุ่ม โดยสมาชิกในกลุ่มมีจำนวน 4 - 6 คน คละความสามารถ และเพศกัน ซึ่งสมาชิกภายในกลุ่มร่วมกันศึกษา ใบงาน หรือใบกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย และช่วยเหลือ ตรวจสอบคำตอบ วิธีการร่วมกัน และให้คำปรึกษาภายในกลุ่ม

3. การทดสอบ หลังจากเรียนจบแต่ละหน่วยการเรียนย่อยแล้ว จะมีการทดสอบนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยไม่มีการช่วยเหลือกัน

4. คะแนนพัฒนาการรายบุคคล เป็นผลต่างระหว่างคะแนนฐาน และคะแนนที่ได้ เป็นรายบุคคล ซึ่งคะแนนฐานมาจาก ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทำแบบทดสอบแต่ละหน่วยย่อย และคะแนนที่ได้ คือคะแนนที่นักเรียนทำแบบทดสอบหลังจากเรียนครบทั้งบทเรียน โดยคะแนนพัฒนาการรายบุคคลจะเป็นคะแนนเสริมให้แก่กลุ่ม ซึ่งนักเรียนที่มีคะแนนพัฒนาการรายบุคคลสูง จะสามารถนำคะแนนดังกล่าวเพิ่มให้แก่คะแนนของกลุ่มได้ ซึ่ง ไม่จำเป็นว่าคะแนนพัฒนาการรายบุคคลจะได้จากนักเรียนกลุ่มเก่ง นักเรียนกลุ่มอ่อนจะมีบทบาทมาก โดยคะแนนพัฒนาการรายบุคคลมีดังนี้

คะแนนพัฒนาการรายบุคคล พิจารณาจากผลลบของคะแนนที่ได้ และคะแนนฐาน

-11 ขึ้นไป คะแนนพัฒนาการรายบุคคลคือ 0

-1 ถึง -10 คะแนนพัฒนาการรายบุคคลคือ 10

1 ถึง 10 คะแนนพัฒนาการรายบุคคลคือ 20

11 ขึ้นไป คะแนนพัฒนาการรายบุคคลคือ 30

5. ความสำเร็จของกลุ่ม สมาชิกนำคะแนนพัฒนาการรายบุคคลมารวมเป็นคะแนนของกลุ่ม กลุ่มที่มีคะแนนพัฒนาการของกลุ่มสูงที่สุด หรือสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด จะได้รับรางวัล

3.3 หลักการจัดกลุ่ม

การจัดการเรียนรู้แบบ STAD เป็นการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือรูปแบบหนึ่งที่มีสมาชิกภายในกลุ่ม กลุ่มละ 4 – 5 คนคละความสามารถกัน นักการศึกษาได้นำเสนอหลักการจัดกลุ่มไว้ดังนี้

วิลลาร์ดน์ สุนทรโรจน์ (2551 อ้างถึงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 105 – 106) ได้

นำเสนอแนวการจัดกลุ่มนักเรียนว่า ครูจะต้องศึกษาคะแนนสอบวิชาใดวิชาหนึ่งของนักเรียน และ

เรียงอันดับจากคนที่มีความสามารถสูงสุดไปหาคนที่มีความสามารถต่ำสุด แล้วจัดให้แต่ละกลุ่มมีคน เก่ง ปานกลาง และอ่อนคละกันทุกกลุ่ม ในแต่ละกลุ่มควรมีเพศชาย และเพศหญิงคละกันด้วย และกลุ่มที่มีขนาดพอเหมาะคือกลุ่มที่มีสมาชิก 4 คน ดังตัวอย่างในห้องเรียนที่มีนักเรียนทั้งสิ้น 25 คน ให้เรียงอันดับคะแนนจากคนที่ได้คะแนนสูงสุดไปหาต่ำสุดตามลำดับ แล้วจัดกลุ่มตามอันดับที่ ดังตารางที่ 2 - 2

ตารางที่ 2 – 2 การจัดกลุ่มเรียงอันดับคะแนนสูงสุดไปหาต่ำสุด

| ระดับความสามารถ | กลุ่ม 1 | กลุ่ม 2 | กลุ่ม 3 | กลุ่ม 4 | กลุ่ม 5 | กลุ่ม 6 |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| เก่ง | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ปานกลาง | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 |
| ปานกลาง | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| อ่อน | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 |
| อ่อน | 25 | | | | | |

จากการศึกษาหลักการจัดกลุ่ม ผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่า การจัดกลุ่มต้องให้สมาชิกในกลุ่มและความสามารถกัน โดยจำนวนสมาชิกที่เหมาะสมคือ 4 - 5 คน โดยเรียงคะแนนการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เช่น เกรดเฉลี่ยรายวิชาคณิตศาสตร์ คะแนนจากการทดสอบก่อนเรียน เป็นต้น ซึ่งจะเรียงลำดับคะแนนจากสูงสุดไปหาต่ำสุด

3.4 กระบวนการของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD

จากองค์ประกอบ 5 ประการ ของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ได้แก่ การนำเสนอ บทเรียน การร่วมมือกันเป็นกลุ่ม การทดสอบ คะแนนพัฒนาการรายบุคคล และความสำเร็จของกลุ่ม นักการศึกษาได้เสนอกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ดังนี้

วัฒนาพร ระวังทุกข์ (2542, หน้า 37 – 38) ได้กล่าวว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD มี 6 ขั้นตอนดังนี้

1. ครูนำเสนอประเด็น หรือเนื้อหาใหม่โดยอาจนำเสนอด้วย สื่อที่น่าสนใจ ใช้การสอนโดยตรงหรือตั้งประเด็นให้นักเรียนอภิปราย
2. จัดนักเรียนเป็นกลุ่มกลุ่มละ 4 – 5 คนให้สมาชิกมีความสามารถคละกัน มีทั้งความสามารถสูง ปานกลาง และต่ำ
3. แต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษา ทบทวนเนื้อหาที่ครูนำเสนอจนเข้าใจ
4. นักเรียนทุกคนในกลุ่มทำแบบทดสอบเพื่อวัดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน

5. ตรวจสอบคำตอบของนักเรียน นำคะแนนของสมาชิกทุกคนในกลุ่มมารวมกันเป็นคะแนนกลุ่ม

6. กลุ่มที่ได้คะแนนรวมสูงสุด (ในกรณีที่แต่ละกลุ่มมีจำนวนสมาชิกไม่เท่ากันให้ใช้คะแนนเฉลี่ยแทนคะแนนรวม) จะได้รับคำชมเชยโดยอาจติดประกาศไว้ที่บอร์ด หรือป้ายนิเทศของห้องเรียน

ชาติรี เกิดธรรม (2545 อ้างถึงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 141 – 142) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD มี 5 ขั้นตอน คือ

1. ครูนำเสนอเนื้อหา ครูจะสอนเนื้อหาแก่นักเรียนทั้งชั้นโดยรวมก่อน อาจใช้อุปกรณ์การสอนต่าง ๆ มาช่วยในการสอน เนื้อหาที่สอนจะเป็นหน่วยการเรียนรู้ที่จะให้นักเรียนศึกษา

2. การจัดกลุ่มควรประกอบด้วยนักเรียน 4 – 5 คน และแบ่งกลุ่มตามความสามารถที่แตกต่างกัน หน้าทีของกลุ่ม คือเตรียมให้สมาชิกเข้าทำการทดสอบแข่งขัน สมาชิกในกลุ่มจะอภิปรายทำแบบฝึกหัด ถกเถียงปัญหากัน และทำความเข้าใจกับบทเรียน

3. ศึกษาความรู้ สมาชิกในกลุ่มช่วยกันศึกษา ทบทวนในเนื้อหา หรือหัวข้อที่ครูครูกำหนดให้โดยช่วยกันสรุปเนื้อหาทั้งหมด

4. ทดสอบ

4.1 ครูทำการทดสอบ โดยการแจกแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัดให้นักเรียนทำพร้อมอธิบายขั้นตอนการทำในลักษณะกลุ่มร่วมมือโดย

สมาชิกคนที่ 1 อ่านคำถาม หรือ โจทย์ที่กำหนดให้แก่สมาชิกในกลุ่มฟัง

สมาชิกคนที่ 2 วิเคราะห์หาคำตอบที่ถูกต้อง เหมาะสม

สมาชิกคนที่ 3 เขียนคำตอบ

สมาชิกคนที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ

4.2 ให้สมาชิกในกลุ่มหมุนเวียนกันทำหน้าที่ต่าง ๆ ในแต่ละข้อจนกว่าจะครบข้อคำถามที่กำหนดไว้ พร้อมทั้งช่วยกันสรุปอีกครั้งเพื่อทำความเข้าใจร่วมกันในกลุ่ม

4.3 นักเรียนที่อยู่กลุ่มเดียวกันทุกกลุ่ม แยกทำแบบทดสอบเป็นรายบุคคลเพื่อทดสอบความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน

5. ประเมินผล โดยตรวจสอบความถูกต้องของการทำแบบทดสอบพร้อมทั้งนำคะแนนของแต่ละคนมารวมกันเป็นคะแนนของกลุ่ม แยกทำแบบทดสอบเป็นรายบุคคล

6. ให้รางวัลกลุ่มที่ได้คะแนนเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ที่วางไว้จะได้รับคำชมเชย กลุ่มที่ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดจะได้รับรางวัล

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2546, หน้า 172 – 173) ได้กล่าวว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเตรียมเนื้อหา ประกอบด้วย

1.1 การจัดเตรียมเนื้อหาสาระ ครูจัดเตรียมเนื้อหาสาระ หรือเรื่องที่จะให้นักเรียนได้เรียนรู้ เป็นเนื้อหาใหม่โดยจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ศึกษา เรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งสื่อ วัสดุ อุปกรณ์ หรือแหล่งเรียนรู้ ใบความรู้ ใบงาน เป็นต้น

1.2 การจัดเตรียมแบบทดสอบย่อย เช่น ข้อทดสอบ กระจายคำตอบ เกณฑ์การให้คะแนน เป็นต้น

2. ขั้นจัดทีม

ครูจัดทีมนักเรียน โดยให้คละกันทั้งเพศ และความสามารถ ทีมละประมาณ 4 – 5 คน เช่น ทีมที่มีสมาชิก 4 คน อาจประกอบด้วยชาย 2 คน หญิง 2 คน เป็นคนเก่ง 1 คน ปานกลาง 2 คน อ่อน 1 คน เป็นต้น

3. ขั้นเรียนรู้ประกอบด้วย

3.1 ครูแนะนำวิธีการเรียนรู้

3.2 ทีมวางแผนการเรียนรู้ โดยแบ่งภาระหน้าที่กัน เช่น ผู้อ่าน ผู้หาคำตอบ ผู้สนับสนุน ผู้จับบันทึก ผู้ประเมินผล เป็นต้น

3.3 สมาชิกในแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาสาระ และทำกิจกรรมตามใบงานที่ครูกำหนด ซึ่งการเรียนรู้โดยวิธีนี้เน้นการให้ความร่วมมือช่วยเหลือกันภายในทีม

3.4 นักเรียน หรือสมาชิกแต่ละกลุ่มประเมินเพื่อทบทวนความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหา

4. ขั้นทดสอบ

4.1 นักเรียนแต่ละคนทำการทดสอบย่อย เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระ ที่ได้เรียนรู้จากข้อทดสอบของครู

4.2 ครู และนักเรียนอาจร่วมกันตรวจผลการทดสอบของสมาชิกแต่ละคน

4.3 ทีมจัดทำคะแนนการพัฒนาของสมาชิกแต่ละคน และคะแนนการพัฒนาของกลุ่ม

4.4 ให้แต่ละทีมนำคะแนนการพัฒนาไปเทียบกับเกณฑ์ เพื่อหาระดับคุณภาพ

5. ขั้นการรับรองผลงาน และเผยแพร่ชื่อเสียงของทีม เป็นการประกาศผลงานของทีมว่าแต่ละทีมอยู่ในระดับคุณภาพใด รับรองยกย่อง ชมเชย ทีมที่มีคะแนนการพัฒนาสูงในรูปแบบต่างๆ เช่น ปิดประกาศ ให้รางวัล ลงจดหมายข่าว ประกาศเสียงตามสาย เป็นต้น

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2552, หน้า 199) ได้กล่าวว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การนำเสนอข้อมูล (class presentation) ครูเป็นผู้นำเสนอข้อมูลโดยวิธีการ สอนตรง อาจเป็นการใช้เอกสาร หรือการบรรยาย เพื่อให้ นักเรียนมีความสนใจที่จะเรียน นักเรียนจะต้องมีความตั้งใจ เพราะนักเรียนต้องลงมือปฏิบัติเอง และมีการทดสอบหลังจากจบบทเรียนหนึ่งๆ แล้ว
2. การทำงานร่วมกัน (teams) นักเรียนจะต้องทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม กลุ่มหนึ่งมี 4 – 5 คน ซึ่งมีผลสัมฤทธิ์ และเพศละกัน หน้าที่สำคัญของกลุ่มคือ การช่วยเหลือกันเรียนร่วมกัน เตรียมสมาชิกเพื่อการทดสอบหลังจากครูสอนเนื้อหาจบแล้วสมาชิกจะเข้ากลุ่มเรียนรู้ และทำงานจากใบงาน อภิปรายปัญหาหารือกันรวมทั้งตรวจสอบการแก้ไขคำตอบ หัวใจสำคัญอยู่ที่สมาชิกแต่ละคน ทุกคนจึงต้องทำหน้าที่ของตนเองให้ดีที่สุด และเรียนรู้เพื่อให้กำลังใจ และเข้าใจร่วมกัน
3. การทดสอบ (quizzes) เมื่อครูสอนไปประมาณ 1 – 2 ครั้ง นักเรียนจะเข้าทำการทดสอบในสาระเรียน ต่างคนต่างสอบ จะช่วยเหลือกันไม่ได้
4. การปรับปรุงคะแนน (individual improvement scores) จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถของตนอย่างเต็มที่ นักเรียนสามารถปรับปรุงคะแนนของตนเองให้สูงขึ้น
5. การตัดสินผลงานของกลุ่ม (team recognition) จะพิจารณาผลรวมของการปรับปรุงคะแนนของสมาชิกในกลุ่ม กำหนดระดับผลความสำเร็จตามคะแนนที่ได้ของกลุ่ม อาจเป็นคำชมเชย ใบประกาศนียบัตร รางวัล เป็นต้น

เวชฤทธิ์ อังกะนภัทรขจร (2558, หน้า 41 - 42) ได้กล่าวว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการนำเสนอเนื้อหา หรือความรู้ใหม่ ครูนำเสนอเนื้อหา หรือข้อมูลใหม่ โดยเชื่อมโยงกับความรู้เดิม ครูใช้กิจกรรมการสอน หรือสื่อที่เหมาะสมตามลักษณะเนื้อหาประกอบการใช้คำถาม
2. ขั้นทำงานเป็นกลุ่ม ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มกลุ่มละ 4 – 5 คน แบบผลัดความสามารถ จากนั้นมอบหมายงาน หรือกิจกรรมให้แต่ละกลุ่มช่วยเหลือ ร่วมกันอภิปราย และค้นหาคำตอบจนนักเรียนทุกคนในกลุ่มมีความเข้าใจที่ชัดเจน ในระหว่างนักเรียนทำกิจกรรมครูจะคอยสังเกต และตอบข้อสงสัยของนักเรียน จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลงานของกลุ่ม ตนเองและร่วมกันสรุปบทเรียน
3. ขั้นการทดสอบ ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบ เป็นรายบุคคลเพื่อวัดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนซึ่งคะแนนของนักเรียนแต่ละคนจะแบ่งเป็นคะแนนของกลุ่ม
4. ขั้นการกระทำ และพัฒนาการของนักเรียน การคิดคะแนนพัฒนาการของตนเอง

และของกลุ่มเป็นการเปรียบคะแนนที่สอบได้ของนักเรียนกับคะแนนฐาน โดยคะแนนที่ได้จะเป็นคะแนนพัฒนาการของนักเรียน จากนั้นนำคะแนนพัฒนาการที่ได้มารวมกันเป็นคะแนนกลุ่ม

5. ขันย่องชมเชยครูมอบรางวัลแก่นักเรียนกลุ่มที่มีคะแนน พัฒนาการรวมสูงที่สุด จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ได้ดังตารางที่ 2 – 3

ตารางที่ 2 – 3 การสังเคราะห์ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD

| ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ของผู้วิจัย | แนวคิดนักการศึกษา | |
|--|--|--|
| | วัฒนาพร ระงับทุกข์ | เวชฤทธิ์ อังกะภัทรขจร |
| 1. ชี้นำเสนอเนื้อหา นำเข้าสู่บทเรียนเพื่อสร้าง และเร้าความสนใจของ นักเรียน มีการประเมินนักเรียนด้วยการถาม ตอบ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ และทบทวนเนื้อหาที่ ผ่าน ๆ มาของนักเรียน | - ครูนำเสนอประเด็น หรือเนื้อหาใหม่โดยอาจ นำเสนอด้วย สื่อที่น่าสนใจ ใช้การสอนโดยตรง หรือตั้งประเด็นให้นักเรียนอภิปราย | - ครูนำเสนอเนื้อหา หรือข้อมูลใหม่ โดย เชื่อมโยงกับความรู้เดิม ครูใช้กิจกรรมการสอน หรือสื่อที่เหมาะสมตามลักษณะเนื้อหา ประกอบการใช้คำถาม |
| 2. ชี้นศึกษาความรู้เป็นกลุ่ม จัดนักเรียนกลุ่มละ 4 – 5 คน คละความสามารถ และเพศ เพื่อให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันศึกษา ความรู้ และอภิปรายผลร่วมกันเป็นกลุ่ม โดย สมาชิกทุกคนในกลุ่มมีหน้าที่ฝึกทักษะ เพื่อเตรียม ตนเอง และสมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่มเพื่อการ ทดสอบรายบุคคล | - จัดนักเรียนเป็นกลุ่มกลุ่มละ 4 – 5 คนให้สมาชิก มีความสามารถคละกัน มีทั้งความสามารถสูง ปานกลาง และต่ำ - แต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษา ทบทวนเนื้อหาที่ครู นำเสนอจนเข้าใจ | - ชี้นทำงานเป็นกลุ่ม ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนเป็น กลุ่มกลุ่มละ 4 – 5 คน แบบคละความสามารถ จากนั้นมอบหมายงาน หรือกิจกรรมให้แต่ละกลุ่ม ช่วยเหลือ ร่วมกันอภิปราย และค้นหาคำตอบจน นักเรียนทุกคนในกลุ่มมีความเข้าใจที่ชัดเจน ใน ระหว่างนักเรียนทำกิจกรรมครูจะคอยสังเกต และ ตอบข้อสงสัยของนักเรียน จากนั้นครูให้นักเรียน แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลงานของกลุ่ม ตนเอง และร่วมกันสรุปบทเรียน |

ตารางที่ 2 – 3 (ต่อ)

| ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ของผู้วิจัย | แนวคิดนักการศึกษา | |
|---|---|--|
| | วัฒนาพร ระงับทุกข์ | เวชฤทธิ์ อังกะภัทรขจร |
| 3. ขั้นทดสอบ นักเรียนรับการทดสอบเป็นรายบุคคลเกี่ยวกับ เนื้อหาที่เรียน โดย คะแนนที่ได้จากการทดสอบรายบุคคลแต่ละครั้ง จะนำไปคิดเป็นคะแนนฐานของนักเรียน | <ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนทุกคนในกลุ่มทำแบบทดสอบเพื่อวัด ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน - ตรวจสอบคำตอบของนักเรียน นำคะแนนของ สมาชิกทุกคนในกลุ่มมารวมกันเป็น คะแนนกลุ่ม | <ul style="list-style-type: none"> - ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบ เป็นรายบุคคล เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนซึ่ง คะแนนของนักเรียนแต่ละคนจะแบ่งเป็นคะแนน ของกลุ่ม |
| 4. ขั้นรับรองผลงาน ชมเชยนักเรียนในกลุ่มที่ได้รับคะแนนพัฒนาการ รวมเป็นไปตามเกณฑ์ หรือคะแนนพัฒนาการรวม สูงที่สุด โดยมีการมอบรางวัลเพื่อเป็นการ เสริมแรงให้แก่นักเรียนเช่น ใบประกาศเกียรติคุณ ใบรับรองความสำเร็จของกลุ่ม รางวัล เป็นต้น | <ul style="list-style-type: none"> - กลุ่มที่ได้คะแนนรวมสูงสุด (ในกรณีที่แต่ละ กลุ่มมีจำนวนสมาชิกไม่เท่ากันให้ใช้คะแนนเฉลี่ย แทนคะแนนรวม) จะได้รับคำชมเชยโดยอาจติด ประกาศไว้ที่บอร์ด หรือป้ายนิเทศของห้องเรียน | <ul style="list-style-type: none"> - คะแนนพัฒนาการของตนเอง และของกลุ่มเป็น การเปรียบคะแนนที่สอบได้ของนักเรียนกับ คะแนนฐาน โดยคะแนนที่ได้จะเป็นคะแนน พัฒนาการของนักเรียน จากนั้นนำคะแนน พัฒนาการที่ได้มารวมกันเป็นคะแนนกลุ่ม - ชั้นยกย่องชมเชยคร่อมอบรางวัลแก่นักเรียนกลุ่มที่ มีคะแนน พัฒนาการรวมสูงที่สุด |

จากตารางการสังเคราะห์ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD สามารถสรุปขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ได้ 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ชี้นำเสนอเนื้อหา เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อสร้าง และเร้าความสนใจของนักเรียน มีการประเมินนักเรียนด้วยการถาม ตอบ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ และทบทวนเนื้อหาที่ผ่าน ๆ มาของนักเรียน
2. ขั้นศึกษาความรู้เป็นกลุ่ม เป็นขั้นตอนที่ครูจัดนักเรียนกลุ่มละ 4 – 5 คน คละความสามารถ และเพศ เพื่อให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันศึกษาความรู้ และอภิปรายผลร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยสมาชิกทุกคนในกลุ่มมีหน้าที่ฝึกทักษะ เพื่อเตรียมตนเอง และสมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่มเพื่อการทดสอบรายบุคคล
3. ขั้นทดสอบ นักเรียนรับการทดสอบเป็นรายบุคคลเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน โดยคะแนนที่ได้จากการทดสอบรายบุคคลแต่ละครั้งจะนำไปคิดเป็นคะแนนฐานของนักเรียน
4. ขั้นรับรองผลงาน เป็นการชมเชยนักเรียนในกลุ่มที่ได้รับคะแนนพัฒนาการรวมเป็นไปตามเกณฑ์ หรือคะแนนพัฒนาการรวมสูงที่สุด โดยมีการมอบรางวัลเพื่อเป็นการเสริมแรงให้แก่นักเรียนเช่น ใบประกาศเกียรติคุณ ใบรับรองความสำเร็จของกลุ่ม รางวัล เป็นต้น

3.5 ข้อดี และข้อจำกัดของการจัดการจัดการเรียนรู้แบบ STAD

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2546, หน้า 175) ได้กล่าวถึงข้อดี และข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD มีดังนี้

ข้อดี

1. นักเรียนมีความเอาใจใส่ รับผิดชอบตัวเอง และกลุ่มร่วมกับสมาชิกอื่น
2. ส่งเสริมให้นักเรียนที่มีความสามารถต่างกัน ได้เรียนรู้ร่วมกัน
3. ส่งเสริมให้นักเรียนผลัดเปลี่ยนกันเป็นผู้นำ
4. ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึก และเรียนรู้ทักษะทางสังคมโดยตรง
5. นักเรียนมีความตื่นตัว และสนุกสนานกับการเรียนรู้

ข้อจำกัด

1. ถ้านักเรียนขาดความเอาใจใส่ และความรับผิดชอบจะส่งผลให้ผลงานกลุ่ม และการเรียนรู้ไม่ประสบความสำเร็จ
2. เป็นวิธีการที่ครูจะต้องเตรียมการ ดูแลเอาใจใส่ในกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างใกล้ชิดจึงจะได้ผลดี
3. ครูมีภาระงานมากขึ้น

ศศิธร เวียงวะลัย (2556, หน้า 145 – 146) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ไว้ดังนี้

1. สร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างสมาชิก เพราะทุกคนร่วมมือในการทำงานกลุ่มทุกคนมีส่วนร่วมเท่าเทียมกันทำให้เกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียน
2. ส่งเสริมให้สมาชิกทุกคนมีโอกาสคิด พูด แสดงออก แสดงความคิดเห็นลงมือทำอย่างเท่าเทียมกัน
3. ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักช่วยเหลือซึ่งกัน และกัน เช่น เด็กที่เรียนเก่งช่วยเหลือเด็กที่เรียนอ่อน ทำให้เด็กเก่งรู้สึกภูมิใจ จะยอมเสียสละเวลาช่วยเพื่อน ส่วนเด็กอ่อนเกิดความซาบซึ้งในน้ำใจของเพื่อนสมาชิกด้วยกันทำให้เกิดความรัก สามัคคี และผูกพันกัน
4. ทำให้รู้จักรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การร่วมคิด การร่วมระดมความคิด นำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาร่วมกันเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด เป็นการส่งเสริมให้ช่วยกันคิดหาข้อมูลให้มาก คิดวิเคราะห์ และเกิดการตัดสินใจ
5. ส่งเสริมทักษะการสื่อสาร ทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม ให้มีความสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ สิ่งเหล่านี้ล้วนส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น

จากการศึกษาข้อดี และข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีการรับผิดชอบตัวเอง และกลุ่ม รวมถึงเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนที่มีความสามารถต่างกันได้เรียนรู้ร่วมกัน พร้อมทั้งได้ความตื่นเต้น สนุกสนานในการเรียนรู้ แต่ข้อจำกัดคือ ถ้านักเรียนขาดความเอาใจใส่จะส่งผลต่อคะแนนของกลุ่ม และการเรียนรู้จะไม่ประสบผลสำเร็จ

4. การจัดการเรียนรู้แบบ 4E × 2

4.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบ 4E × 2

การจัดการเรียนรู้แบบ 4E × 2 ได้รับการพัฒนาจากนักการศึกษาหลายท่านได้แก่ คาร์พลัส และเทียร์ (Karplus & Tear, 1977 อ้างถึงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 151-152) ได้นำเสนอวัฏจักรการเรียนรู้ 3 ชั้น (3E) วัฏจักรนี้พัฒนาขึ้นในโครงการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science Curriculum Improvement Study Program หรือ SCIS) ประกอบด้วย 3 ชั้น คือ

1. ชั้นสำรวจ (Exploration)
2. ชั้นสร้าง (Invention)
3. ชั้นค้นพบ (Discovery)

แต่มีครูเป็นจำนวนมากที่ยังไม่เข้าใจ 2 ชั้น คือขั้นสร้าง กับขั้นค้นพบ ดังนั้น ได้มีการปรับปรุงเป็นขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นแนะนำโน้ตสน์ (Concept Introduction) และขั้นประยุกต์โน้ตสน์ (Concept Application) ต่อมานักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ดัดแปลงขั้นแนะนำโน้ตสน์เป็นขั้นแนะนำคำสำคัญ (Term Introduction) ด้วยเหตุผลที่ว่าครูสามารถแนะนำ หรืออธิบายคำสำคัญ หรือนิยามศัพท์เฉพาะให้กับนักเรียนแต่มีใช้แนะนำโน้ตสน์ให้กับนักเรียนเพราะนักเรียนต้องเป็นผู้ค้นพบ หรือผู้สร้างมโนทัศน์ด้วยตัวเอง แต่อย่างไรก็ตามมีผู้ปรับเปลี่ยนชื่อของขั้นตอนที่ 2 ให้เหมาะสมยิ่งขึ้นดังเช่น คาริน (Carin) ได้ปรับเป็นขั้นสร้างมโนทัศน์ (Concept Acquisition) ส่วนอะบรูสคาโต (Abruscato) ได้ปรับขั้นได้มาซึ่งมโนทัศน์ (Concept Acquisition) จะสังเกตเห็นว่า วัฏจักรการเรียนรู้ที่กล่าวมา 3 ขั้นตอน มีขั้นตอนที่ 2 เท่านั้นที่มีชื่อแตกต่างกันแต่คำอธิบายใกล้เคียงกัน วัฏจักรการเรียนรู้นี้มีลักษณะเหมือนเกลียวสว่าน แต่ละขั้นมีสาระสำคัญดังนี้

1. ขั้นสำรวจ (Exploration Phase) เป็นขั้นที่นักเรียนเป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรมโดยการสังเกต ตั้งคำถาม และคิดวิเคราะห์ สำรวจหรือทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล จัดบันทึก โดยอาจปฏิบัติกิจกรรมเป็นรายบุคคล หรือเป็นกลุ่มเล็ก ครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก คือสังเกต ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้น และชี้แนะการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อให้ นักเรียนค้นพบ หรือสร้างมโนทัศน์ด้วยตนเอง

2. ขั้นแนะนำคำสำคัญ/ขั้นสร้างมโนทัศน์/ขั้นได้มาซึ่งมโนทัศน์ (Term Introduction/Concept/Formation/Concept Acquisition Phase) เป็นขั้นตอนที่ครูมีบทบาทสูงโดยตั้งคำถามกระตุ้นการคิด และชี้แนะให้นักเรียนคิดเชื่อมโยงสิ่งที่ได้ปฏิบัติในขั้นสำรวจ โดยครูแนะนำและอธิบายคำศัพท์ที่สำคัญของมโนทัศน์นั้นๆ เพื่อให้ นักเรียนจัดเรียงเรียงความคิดใหม่ในการค้นพบ และอธิบายมโนทัศน์นั้นๆ ขั้นนี้ครู และนักเรียนจะมีปฏิสัมพันธ์กันเพื่อค้นหา มโนทัศน์จากข้อมูล และการสังเกตในขั้นสำรวจ

3. ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Concept Application Phase) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนนำมโนทัศน์ที่ค้นพบหรือเกิดการเรียนรู้แล้วมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือปัญหาใหม่ อันจะทำให้ นักเรียนขยายความเข้าใจมโนทัศน์นั้นๆ มากยิ่งขึ้น ขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนมีบทบาทสูงเช่นเดียวกับขั้นสำรวจ

บาร์แมน (Barman, 1989 อ้างถึงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 152) ได้ดัดแปลง และพัฒนาวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 4 ขั้น ได้แก่

1. ขั้นสำรวจ (Exploration Phase)
2. ขั้นแนะนำโน้ตสน์ (Concept Introduction Phase)
3. ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Concept Application Phase)

4. ชั้นประเมินผล และอภิปราย (Evaluation and Discussion Phase)

มาร์ติน (Martin, 1994 อ้างถึงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 152) ได้ปรับปรุงวัฏจักรการเรียนรู้ของบาร์แมน โดยใช้ชื่อเป็น 4E ดังนี้

1. ชั้นสำรวจ (Exploration Phase)
2. ชั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explanation Phase)
3. ชั้นขยายมโนทัศน์ (Expansion Phase)
4. ชั้นประเมินผล (Evaluation Phase)

ไบบี (Bybee, 1990 อ้างถึงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 152 – 153) ได้พัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร สาขาชีววิทยาของสหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Studies หรือ BSCS) ได้ปรับขยายรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 5 ชั้น หรือเรียกย่อว่า 5E เพื่อเป็นแนวทางสำหรับใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

1. การนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ชั้นนี้จะมีลักษณะเป็นการแนะนำบทเรียน กิจกรรมจะประกอบไปด้วยการซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอน และเป้าหมาย

2. การสำรวจ (Exploration) ชั้นนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวความคิดที่มีอยู่ แล้วมาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังจะเรียนให้เข้าเป็นหมวดหมู่ ถ้ากิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง การสำรวจ การสืบค้นด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์รวมทั้งเทคนิค และความรู้ทางการปฏิบัติ จะดำเนินไปด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยมีครูเป็นผู้ทำหน้าที่เป็นเพียงผู้แนะนำหรือผู้เริ่มต้นในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถหาจุดเริ่มต้นได้

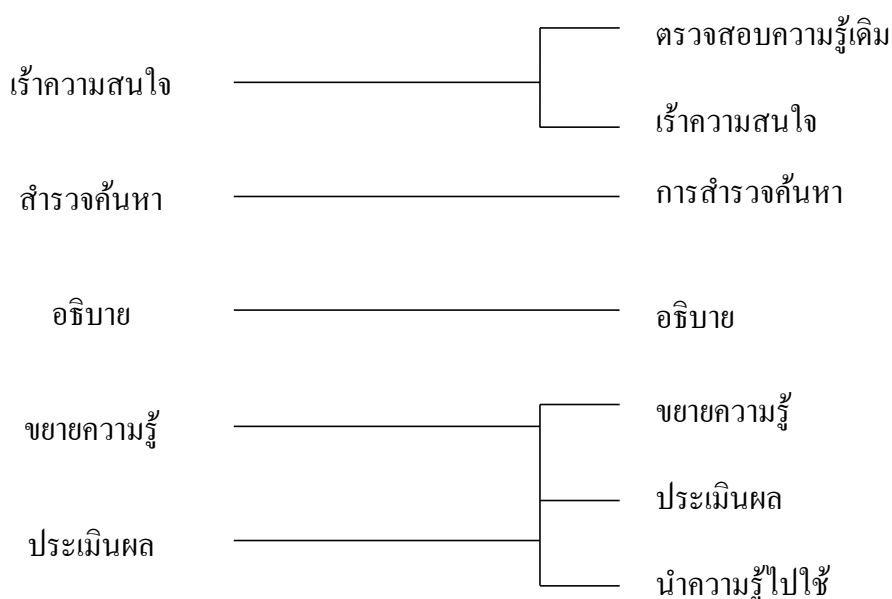
3. การอธิบาย (Explanation) ในขั้นตอนนี้กิจกรรม หรือกระบวนการเรียนรู้จะมีการนำความรู้ที่รวบรวมแล้วในขั้นที่ 2 มาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาหัวข้อ หรือแนวความคิดที่กำลังศึกษาอยู่กิจกรรมอาจประกอบไปด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการอ่าน และนำข้อมูลมาอภิปราย

4. การลงข้อสรุป (Elaboration) ในขั้นตอนนี้จะเน้นให้นักเรียนได้มีการนำความรู้ หรือข้อมูลจากขั้นที่ผ่านมาแล้วมาใช้ กิจกรรมส่วนใหญ่อาจเป็นการอภิปรายภายในกลุ่มของตนเอง เพื่อลงข้อสรุปเกิดเป็นแนวความคิดหลักขึ้น นักเรียนจะปรับแนวความคิดหลักของตนเองในกรณีที่ไม่สอดคล้อง หรือคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง

5. การประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนสุดท้ายจากการเรียนรู้โดยครูเปิดโอกาส

ให้นักเรียนได้ประเมินผลด้วยตนเอง ถึงแนวความคิดที่สรุปไว้แล้วในขั้นที่ 4 ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากน้อยเพียงใด รวมทั้งมีการยอมรับมากน้อยเพียงใดข้อสรุปที่ได้จะนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาครั้งต่อไป ทั้งนี้รวมทั้งการประเมินผลของครูต่อการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย

ไอเซนคราฟท์ (Eisenkraft, 2003 อ้างถึงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 155 – 157) ได้ขยายวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น ซึ่งเพิ่มขึ้นมา 2 ขั้น คือ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) และขั้น นำความรู้ไปใช้ (Extention Phase) ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อกระตุ้นให้เด็กมีความสนใจ และสนุกกับการเรียน และยังสามารปรับประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนรู้ไปสู่การสร้างประสบการณ์ของตนเอง ดังภาพที่ 2 – 1



ภาพที่ 2 – 1 วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ตามแนวคิดของ ไอเซนคราฟท์ (Eisenkraft, 2003 อ้างถึงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 156)

ขั้นตอนของการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ของไอเซนคราฟท์ มีเนื้อหาสาระดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ครูจะต้องทำหน้าที่ในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้เด็กได้แสดงความรู้เดิม คำถามอาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพสังคม ท้องถิ่น หรือประเด็นข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ การนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิตประจำวัน และเด็กสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์ที่ตนมี ทำให้ครูได้ทราบว่าเด็กแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างไร ครูควรเติมเต็มส่วนใดให้กับนักเรียน และครูยังสามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน

2. **ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase)** เป็นการนำเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียน เรื่องที่ น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เด็ก เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียน สร้างคำถามให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และกำหนดประเด็นที่จะศึกษาให้กับนักเรียน ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจศึกษาจาก สื่อต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร อินเทอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความคิดขัดแย้งจาก สิ่งที่นักเรียนเคยรู้มาก่อน ครูเป็นผู้ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยเสนอประเด็นที่สำคัญขึ้นมา ก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็น หรือคำถามที่ครูกำลังสนใจ เป็นเรื่องที่ทำให้นักเรียน ศึกษาเพื่อนำไปสู่การสำรวจ ตรวจสอบขั้นต่อไป

3. **ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration Phase)** เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็น หรือ คำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจ ตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือ ปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น สืบค้นข้อมูล สำรวจ ทดลอง กิจกรรม ภาศนาม เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอ รู้อำนาจที่กระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหา และดำเนินการสำรวจ ตรวจสอบข้อมูลด้วยตนเอง

4. **ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)** เมื่อได้ข้อมูลมาแล้วนักเรียนก็จะนำข้อมูลเหล่านั้น มาทำการวิเคราะห์ แปลผล หรือ สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป รูปวาด สร้างแบบจำลอง ตาราง กราฟ ฯลฯ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นแนวโน้ม หรือความสัมพันธ์ ของข้อมูล สรุป และอภิปรายผลการทดลอง โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจนเพื่อนำเสนอ แนวคิดต่อไป ขั้นนี้จะทำให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้ หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐาน แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ได้

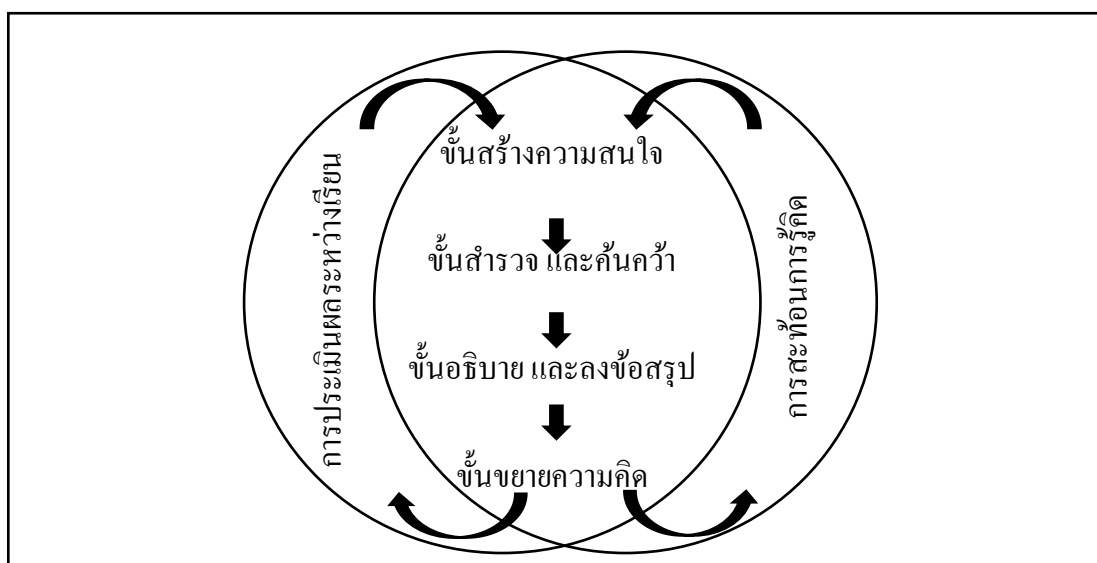
5. **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase)** เป็นการนำความรู้ที่เกิดขึ้นไปเชื่อมโยงกับ ความรู้เดิม หรือแนวคิดเดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบาย สถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องราวต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่ามีข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็ จะช่วยให้เชื่อมโยงเกี่ยวกับเรื่องราวต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ครูควรจัดกิจกรรม หรือสถานการณ์ให้นักเรียนมีความรู้มากขึ้น และขยายกรอบแนวคิดของตนเอง และต่อเติมให้ สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนตั้งประเด็นเพื่ออภิปราย และแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

6. **ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมต่าง ๆ

ว่านักเรียนรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ชั้นนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประมวล และประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้ ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ นอกจากนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบซึ่งกัน และกัน

7. ขั้่นนำความรู้ไปใช้ (Extention Phase) ครูจะต้องมีการจัดเตรียม โอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม และเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน ครูเป็นผู้ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปสร้างเป็นความรู้ใหม่ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้

Marshall, Horton and Smart (2009, อ้างถึงใน สิริรัศมี ผลขวัญโชติกา, 2554) ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ โดยให้เหตุผลว่าไม่มีรูปแบบการเรียนการสอนใดในข้างต้นนี้ที่แสดงให้เห็นชัดถึงความสำคัญของการประเมิน (Assessment) และการสะท้อนการรู้คิด (Metacognitive Reflection) ซึ่งจำเป็นต้องเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นพื้นฐานที่ลึกซึ้งมากขึ้น โดยนำรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบมาบูรณาการกับการประเมินผลระหว่างเรียน และการสะท้อนการรู้คิด ซึ่งระหว่างการดำเนินกิจกรรมการสืบสอบแต่ละขั้นตอนนั้น จะมีการประเมินผลระหว่างเรียน และการสะท้อนการรู้คิดควบคู่ไปด้วย ดังนั้นรูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ จึงเป็นการทำงานร่วมกันของ 3 โครงสร้าง ดังภาพที่ 2-2 ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2-2 การจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ (Marshall, Horton, & Smart, 2009, อ้างถึงใน สิริรัศมี ผลขวัญโชติกา, 2554)

4.2 โครงสร้างของการจัดการเรียนรู้แบบ 4E × 2

โครงสร้างของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4E × 2 ประกอบด้วย 3 ส่วนด้วยกัน คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ (Inquiry Instruction Models) การสะท้อนการรู้คิด (Metacognitive Reflection) และการประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Assessment) ซึ่งแต่ละส่วนสามารถสรุปได้ดังนี้

4.2.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ (Inquiry Instruction Models)

นักการศึกษาได้ให้คำจำกัดความของรูปแบบการสอนแบบ Inquiry ไว้หลายคำ เช่น การสืบเสาะ การสืบสอบ การสืบเสาะแสวงหาความรู้ และการสืบสวนสอบสวน เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า “การสืบสอบ”

ซาโรช โศภิตร์ (2546, หน้า 76) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ เป็นวิธีสอนที่ให้นักเรียนค้นหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือให้นักเรียนค้นหาข้อเท็จจริงเพื่อพัฒนาสติปัญญา และความสามารถของนักเรียน ซึ่งจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้กำหนดปัญหา วางแผน และกำหนดวิธีการค้นหาความรู้เอง แก้ปัญหาเอง จนในที่สุดนักเรียนจะได้รับคำตอบจากกิจกรรมที่ตัวเองวางแผนไว้ การเรียนรู้ของนักเรียนได้จากการค้นพบของนักเรียนเอง

ดวงกมล สิ้นเพ็ง (2553, หน้า 188 - 189) ได้กล่าวว่า การสืบสอบเป็นกลุ่ม จัดเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้อีกรูปแบบหนึ่งที่มีกิจกรรมเอื้ออำนวยต่อการพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการแสวงหาความรู้ รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสรุปเป็นคำตอบ ฝึกความรับผิดชอบในการทำงานเป็นกลุ่ม ฝึกการแก้ไขปัญหา และเรียนรู้ร่วมกัน ยอมรับความแตกต่างระหว่างบุคคล ยอมรับความคิดเห็นที่แตกต่างกัน ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้วิถีชีวิตในสังคมประชาธิปไตย

ทิตนา เขมมณี (2553, หน้า 141) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ หมายถึง การดำเนินการสอน โดยนักเรียนกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบ หรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ครูอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่นักเรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น

พิมพ์นธ์ เดชะคุปต์ และเพียว ยินดีสุข (2555, หน้า 55) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยวิธีให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง หรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย วิธีสอนแบบสืบสอบความรู้จะเน้นนักเรียนเป็นสำคัญของการเรียน

ศศิธร เวียงวะลัย (2556, หน้า 147) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้แบบสืบสอบ หมายถึง การจัดกระบวนการเรียนรู้โดยให้นักเรียนค้นหาความจริงโดยการแสวงหาความรู้ มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกคิดหาเหตุผล ลงมือปฏิบัติ สืบค้นคำตอบ เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ด้วยตนเอง ความรู้ที่ได้จะคงทนถาวรอยู่ในความทรงจำระยะยาว ครูไม่สามารถสร้างได้ แต่ครูเป็นเพียงผู้จัดการให้เกิดประสบการณ์เรียนรู้

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ (Inquiry Instruction Models) ผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ หมายถึง การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ค้นพบคำตอบ สรุปลองความรู้ ด้วยตนเอง ผ่านการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล โดยครูมีหน้าที่เตรียมสื่อการเรียนการสอน อำนวยความสะดวก และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม และเกิดความคิด

4.2.2 ประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ

ทาโฟยา และคณะ (Tafoya et al., 1980 อ้างถึงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 149) ได้กล่าวว่าประเภทของการสืบสอบแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. การสืบสอบสำเร็จรูป (Structured Inquiry) เป็นการสืบสอบที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหาที่นักเรียนกำหนดขั้นตอนในการทดลอง และการจัดกระทำข้อมูล ตลอดจนการแปลความหมาย
2. การสืบสอบแนะนำ (Guided Inquiry) เป็นการสืบเสาะที่ครูให้คำปรึกษาหารือหรือแนะนำวิธีการทดลอง และการจัดกระทำข้อมูลนักเรียน นักเรียนเป็นผู้แปลความหมาย และสรุปด้วยตนเอง
3. การสืบสอบแบบเปิดกว้าง (Open Inquiry) หรือการค้นพบ (Discovery) นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา วิธีการแก้ปัญหา การจัดกระทำข้อมูล ตลอดจนการแปลความหมาย และสรุปด้วยตนเอง

ชนาธิป พรกุล (2554, หน้า 135 - 137) ได้กล่าวว่า การสอนแบบสืบสอบแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. การสอนสืบสอบโดยครูเป็นผู้ชี้แนะ (guided inquiry) การสอนประเภทนี้ครูมีบทบาทมาก ควบคุมนักเรียนเดินไปตามทางที่ครูวางแผน ครูเป็นผู้เริ่มปัญหา ให้ข้อมูล และใช้คำถาม เพื่อให้ให้นักเรียนคิดแบบอุปนัยจนได้คำตอบ ซึ่งเป็นคำตอบที่ครูมีอยู่ในใจแล้ว การสอนแบบนี้ครูต้องมีทักษะการใช้คำถาม คำถามต้องมีหลายระดับ และหลายลักษณะ
2. การสอนสืบสอบแบบเปิด (open inquiry) การสอนประเภทนี้ นักเรียนมี

บทบาทเป็นผู้ริเริ่ม มีความรับผิดชอบในการเรียนของตน พึ่งพาครูน้อยลง กระบวนการสืบสอบ เหมือนกัน guided inquiry เน้นการคิดแบบอุปนัย ครูเริ่มบทเรียนด้วยปัญหา และช่วยนักเรียน ตั้งสมมติฐาน เก็บรวบรวมข้อมูล ตั้งคำถาม หาคำตอบเอง และลงข้อสรุป

3. การสอนสืบสอบเป็นรายบุคคล (individualized inquiry investigation) การสอนประเภทนี้คล้ายกับการสอนสืบสอบแบบเปิด เพราะให้อิสระกับนักเรียนในการเลือกปัญหาที่ตนสนใจมาทำการสืบสอบ นักเรียนจะทำสัญญากับครูอย่างเป็นทางการ หรือไม่เป็นการ เป็นคำพูด หรือข้อเขียน ขึ้นอยู่กับการตกลงระหว่างครู และนักเรียน ในสัญญาจะกล่าวถึงเวลาที่นักเรียนต้องการใช้ในการศึกษาเรื่องนี้ การสอบจะแยกสอบจากปกติหรือไม่ รูปแบบการนำเสนอ วิธีการประเมินผล หลังการทำสัญญา นักเรียนต้องส่งโครงการทำงานเป็นลายลักษณ์อักษร ครูช่วยแนะนำ การสืบค้นแต่ไม่ตัดสินใจให้ บทบาทของครูคือให้การสนับสนุน ส่งเสริม ให้กำลังใจ และช่วยเหลือเท่าที่จำเป็น นักเรียนดำเนินการ โดยลำพัง รับผิดชอบงานที่เขาสนใจศึกษา ภายใต้การตกลงระหว่างนักเรียน และครู

คาริน และซันด์ (Carin & Sund, 1980 อ้างถึงใน พิมพันธ์ เศรษฐบุตร และเพียว ยินดีสุข, 2555, หน้า 57 - 58) ได้กล่าวว่า วิธีสอนแบบสืบสอบ แบ่งเป็น 3 ประเภทโดยใช้บทบาทของครู และนักเรียนเป็นเกณฑ์ ดังนี้ คือ

1. Guided inquiry เป็นวิธีสอนแบบสืบสอบที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหาวางแผนการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล เตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือ ไว้เรียบร้อย นักเรียนมีหน้าที่ปฏิบัติการทดลอง ทำกิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นวิธีสอนแบบสืบสอบที่มีคำแนะนำ ปฏิบัติการ หรือกิจกรรมสำเร็จรูป (structured laboratory) ลำดับขั้นตอนการสอนของวิธีนี้ คือ

1.1 ชื่อนำเข้าสู่บทเรียน ครูเป็นผู้อภิปรายโดยตั้งปัญหาเป็นอันดับแรก

1.2 ชื่อนอภิปรายก่อนทำกิจกรรมการทดลอง อาจจะเป็นการตั้งสมมติฐาน ครูอธิบาย หรือให้คำแนะนำเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองว่า มีวิธีการใช้อย่างไร จึงจะไม่เกิดอันตราย และมีข้อควรระวังในการทดลองแต่ละครั้งอย่างไรบ้าง

1.3 ชื่อนทำการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล นักเรียนเป็นผู้ลงมือกระทำการทดลองเองทำกิจกรรมพร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง

1.4 ชื่อนอภิปรายหลังการทดลอง เป็นขั้นของการนำเสนอข้อมูล และสรุปผลการทดลอง ในขั้นนี้ครูต้องนำการอภิปรายโดยใช้คำถามเพื่อนำนักเรียนไปสู่ข้อสรุป เพื่อให้ได้แนวคิด หรือหลักเกณฑ์สำคัญของบทเรียน

2. Less guided inquiry เป็นวิธีสอนแบบสืบสอบที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา

หรือร่วมกันกับนักเรียนกำหนดปัญหา แต่ให้นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยเริ่มตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง ทำการทดลองจนถึงสรุปผลการทดลอง โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก ซึ่งอาจเรียกวิธีนี้ว่า วิธีสอนแบบไม่กำหนดแนวทางปฏิบัติการ (unstructured laboratory) ลำดับขั้นตอนของการสอนวิธีนี้คือ

- 2.1 สร้างสถานการณ์ หรือปัญหาซึ่งอาจทำโดยการใช้คำถาม ใช้สถานการณ์จริง โดยการสาธิตเพื่อเสนอปัญหา ใช้ภาพปริศนา หรือภาพยนตร์เพื่อเสนอปัญหา
- 2.2 นักเรียนวางแผนแก้ปัญห โดยครูเป็นผู้แนะแนวทางระบุแหล่งความรู้
- 2.3 นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหตามแผนที่วางไว้
- 2.4 รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการแก้ปัญหด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ดูแลร่วมอภิปราย เพื่อให้ได้ความรู้ที่ถูกต้องสมบูรณ์

3. Unguided inquiry เป็นวิธีการที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาเอง วางแผนการทดลองเอง เก็บข้อมูล ดำเนินการทดลอง ตลอดจนสรุปผลด้วยตัวนักเรียนเอง วิธีนี้นักเรียนมีอิสระเต็มที่ในการศึกษาตามความสนใจ ครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นเท่านั้น ซึ่งอาจเรียกว่า วิธีสืบสอบแบบอิสระ (free inquiry) วิธีนี้ครูอาจใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหด้วยตนเอง

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ ผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1. การสืบสอบแบบกึ่งชี้แนะ เป็นการสอนที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา แต่ นักเรียนเป็นผู้ออกแบบการทดลอง และหาข้อสรุปด้วยตนเอง
2. การสืบสอบแบบชี้แนะ เป็นการสอนที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา และแนะแนวทางการทดลองเพื่อให้นักเรียนทดลองและได้แนวคำตอบตามที่ครูต้องการ
3. การสืบสอบแบบเปิด เป็นการสอนที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา ออกแบบการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล และสรุปผลที่ได้ด้วยตนเอง

4.2.3 การสะท้อนการรู้คิด (Metacognitive Reflection)

นักการศึกษาได้ให้คำจำกัดความของ Metacognitive ไว้ได้แก่ การรู้คิด และอภิปัญญา โดยงานวิจัยนี้จะใช้คำว่า การรู้คิด

4.2.3.1 ความหมายของการรู้คิด และการสะท้อนการรู้คิด

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544, หน้า 155-156) ได้กล่าวว่า การรู้คิด คือ การควบคุมและประเมินการคิด ของตนเอง ความสามารถของบุคคลที่ได้รับการพัฒนา เพื่อควบคุมกระบวนการคิด มีความตระหนักในงาน และสามารถใช้อยู่ทวิวิธีทำงานจนสำเร็จอย่างสมบูรณ์

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2552, หน้า 363) ได้กล่าวว่า การรู้คิด เป็นความรู้หรือ

การตระหนักรู้ของบุคคลเกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเอง โดยบุคคลสามารถควบคุมกระบวนการคิด การวางแผน การจัดระบบความคิด การตรวจสอบความคิดของตนเอง และประเมินตนเอง หลังทำกิจกรรมนั้น ๆ ได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, หน้า 213) ได้กล่าวว่าการรู้คิด หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่มีต่อกระบวนการคิดของตนเอง รู้ว่าอะไรที่เหมาะสมกับตนเองในการเรียนรู้ ตลอดจนสามารถเลือกกลวิธีในการวางแผน กำกับควบคุม และประเมินการเรียนรู้ของตนเองได้ เพื่อให้การเรียนรู้ หรือการปฏิบัติงานต่าง ๆ บรรลุตามวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ

ดำเนิน ขาห้วม (2548, หน้า 6) ได้กล่าวว่า การสะท้อนการรู้คิด หมายถึง กิจกรรมที่นักเรียนได้สะท้อนความคิดของตนเองจากสถานการณ์ เหตุการณ์ หรือสื่อ โดยการพูด การเขียน การแสดงออก อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง เพื่อให้เกิดความตระหนักรู้ และเข้าใจในกระบวนการรู้คิดของตนเอง และสามารถติดตาม กำกับควบคุม และประเมินการรู้คิดของตนเองได้

จากการศึกษาเกี่ยวกับเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการรู้คิด (Metacognitive) ผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่า การรู้คิดหมายถึง ความสามารถในการคิดของนักเรียนที่สามารถ วางแผน ควบคุม และประเมินความรู้ของตนเอง หลังกระบวนการจัดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

การสะท้อนการรู้คิด (Metacognitive Reflection) หมายถึงการสะท้อนความคิดของตนเอง เพื่อให้เกิดความตระหนักรู้เกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเอง และสามารถติดตาม กำกับควบคุม และประเมินตนเองได้

4.2.3.2 องค์ประกอบของการรู้คิด

Cross and Paris (1988 อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544, หน้า 160) ได้กล่าวว่า องค์ประกอบของการรู้คิดออกเป็นด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. องค์ประกอบด้านการประเมินตนเองเกี่ยวกับความรู้ในด้านความรู้ความคิด (Selfappraisals of one's knowledge about cognition) ซึ่งประกอบด้วย การรู้ลักษณะ และสภาพของงาน มีความรู้ในการใช้ทักษะใดหรือการประยุกต์ใช้ทักษะนั้นอย่างไร จึงจะนำไปสู่จุดประสงค์ที่ต้องการ และมีความรู้ความเข้าใจถึงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของยุทธวิธีแต่ละยุทธวิธีรู้ว่าจะใช้ยุทธวิธีนั้นเมื่อไร

2. องค์ประกอบด้านการจัดการเกี่ยวกับการคิดของตนเอง (Self-management of one's thinking) ประกอบด้วย

- 2.1 การวางแผน (Planning) เป็นการคัดเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสม ในขณะที่ดำเนินการทำกิจกรรม

2.2 การกำกับ (Regulation) เพื่อควบคุมและกำหนดทิศทางในการดำเนินกิจกรรม

2.3 การประเมิน (Evaluation) เป็นการวิเคราะห์ และประเมินความสามารถของตนเองเพื่อที่จะดำเนินกิจกรรมนั้นๆ ในขั้นต่อไป

สสวท. (2555, หน้า 214 – 216) ได้กล่าวว่า องค์ประกอบของการรู้คิดมี 3 ประการ คือ 1. ความรู้ 2. การควบคุมตนเอง และ 3. ความตระหนักต่อกระบวนการคิด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ความรู้ เป็นความสามารถของนักเรียนเกี่ยวกับการรู้กระบวนการคิดของตนเองในการเรียนรู้ หรือปฏิบัติงาน ซึ่งเกี่ยวข้องกับความรู้ใน 3 ด้าน ดังนี้

1.1 ความรู้ด้านเนื้อหาสาระ เป็นความรู้ที่เกี่ยวกับองค์ประกอบพื้นฐานที่นักเรียนจำเป็นต้องรู้ ในการเรียนรู้ หรือการปฏิบัติงาน ทั้งในเรื่องความรู้เกี่ยวกับลักษณะของงานที่ทำ และความรู้เกี่ยวกับความสามารถของตนเอง ดังนี้

1.2 ความรู้เกี่ยวกับลักษณะของงานที่ทำ เป็นการรู้ว่างานนี้เกี่ยวข้องกับเรื่องใดในด้านใด ข้อเท็จจริง คำศัพท์ และนิยาม เช่น ถ้านักเรียนต้องการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ จะต้องรู้ว่าโจทย์ปัญหานี้เกี่ยวข้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่องใด

1.3 ความรู้เกี่ยวกับความสามารถของตนเอง เป็นความสามารถในการวิเคราะห์ตนเองว่ามีความรู้ความสามารถในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานมากน้อยเพียงใด เช่น นักเรียนรู้จุดอ่อน และจุดแข็งของตนเอง รู้ว่าตนเองรู้อะไร และมีความรู้ในระดับใด เพื่อที่จะได้หาวิธีที่เหมาะสมในการเรียนรู้ของตนเอง

1.4 ความรู้ในวิธีการ เป็นความรู้เกี่ยวกับวิธีการ หรือกระบวนการต่าง ๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ หรือการปฏิบัติงาน เช่น ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ นักเรียนต้องรู้ว่าวิธีการ หรือกระบวนการแก้ปัญหาแบบใดบ้าง เพื่อให้สามารถหาคำตอบของโจทย์ปัญหานี้ได้

1.5 ความรู้ที่ใช้เพื่อการตัดสินใจเลือกวิธีการ เป็นความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ลักษณะของวิธีการที่ใช้ในการเรียนรู้ หรือปฏิบัติงาน เพื่อตัดสินใจเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูงสุด เช่น นักเรียนต้องวิเคราะห์ว่าวิธีการ หรือกระบวนการแก้ปัญหาที่มีอยู่ วิธีการใดเป็นวิธีที่ใช้แก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ง่ายต่อการอธิบายให้ผู้อื่นเข้าใจ และเหมาะสมที่สุดกับโจทย์ปัญหา

2. การควบคุมตนเอง เป็นความสามารถในการควบคุมตนเอง ให้เรียนรู้ หรือปฏิบัติงาน ได้สำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ ซึ่งประกอบด้วย การควบคุมตนเอง 3 ด้านดังนี้

2.1 การวางแผน เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ และขั้นตอนของการเรียนรู้

หรือการปฏิบัติงาน เพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้ หรือปฏิบัติงานให้สำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ เช่นนักเรียนต้องวิเคราะห์ในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จะต้องมีส่วนตอนใดบ้าง เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง และสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนด

2.2 การควบคุม เป็นการตรวจสอบ และคิดทบทวนเกี่ยวกับความเหมาะสม และความถูกต้องของวิธีการ และขั้นตอนที่เลือกใช้ในการเรียนรู้ หรือการปฏิบัติงาน เช่น นักเรียนต้องวิเคราะห์ว่า วิธีการเลือกใช้เหมาะสม และสอดคล้องกับการแก้ปัญหาในเรื่องนั้น หรือไม่

2.3 การประเมิน เป็นการตรวจสอบผลที่ได้จากการเรียนรู้ หรือการปฏิบัติงานซึ่งจะทำให้ผลที่ได้มีความถูกต้อง และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ตามเป้าหมายที่วางไว้ เช่น นักเรียนต้องตรวจสอบว่า คำตอบที่ได้สมเหตุสมผลกับโจทย์ปัญหาหรือไม่

3. ความตระหนักต่อกระบวนการคิด เป็นความสามารถของนักเรียนเกี่ยวกับการรู้ปัจจัยที่จำเป็นที่ทำให้การเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถอธิบายสิ่งที่ตนเองรู้ให้ผู้อื่นฟังได้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการอธิบายเหตุผลใน 3 ด้าน ดังนี้

3.1 การสนับสนุนความคิด หรือวิธีการที่ถูกต้องของตนเอง นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผล เพื่อสนับสนุนความคิด หรือวิธีการที่ถูกต้องของตนเองได้อย่างชัดเจนซึ่งแสดงถึงความมั่นใจว่าสิ่งที่ตนเองคิดนั้นถูกต้อง หลังจากมีการประเมินแล้วว่ากระบวนการคิดที่ใช้ในการเรียนรู้ หรือการปฏิบัติงานทำให้งานสำเร็จ

3.2 การยอมรับความคิดเห็น หรือวิธีการที่ถูกต้อง นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลในการยอมรับความคิด หรือวิธีการอื่นที่ถูกต้อง ซึ่งแตกต่างจากแนวคิดของตนเอง

3.3 การยอมรับว่าความคิดหรือวิธีการของตนเองผิดพลาด นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลในการยอมรับว่าความคิด หรือวิธีการของตนเองผิดพลาด และพร้อมที่จะแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้น หลังจากมีการประเมินแล้วว่ากระบวนการคิดที่ใช้ในการเรียนรู้ หรือการปฏิบัติงานทำให้งานผิดพลาด

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของการรู้คิด สรุปได้ว่า องค์ประกอบของการรู้คิดแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ

1. ด้านความรู้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับสิ่งที่ตนเองรู้ด้าน เนื้อหา วิธีการ และการตัดสินใจเลือกวิธีการ
2. ด้านการควบคุมตนเอง ซึ่งประกอบด้วยการวางแผน การทบทวน และการประเมิน
3. ด้านความตระหนักถึงกระบวนการคิด

4.2.4 การประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Assessment)

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของ Formative Assessment ไว้ว่าเป็นการประเมินระหว่างเรียน โดยการประเมินระหว่างเรียนอย่างมีประสิทธิภาพต้องมีการประเมินจากสภาพจริงซึ่งนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการประเมินระหว่างเรียน และประเมินตามสภาพจริงไว้อย่างสอดคล้องกัน ดังนี้

กระทรวงศึกษาธิการ (2551, หน้า 23) ได้กล่าวว่า การประเมินผลระหว่างเรียน เป็นการวัดและประเมินผลที่อยู่ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ครูดำเนินการเป็นปกติ และสม่ำเสมอ ในการจัดการเรียนการสอน ใช้เทคนิคการประเมินอย่างหลากหลาย เช่น การซักถาม การสังเกต การตรวจการบ้าน การประเมินโครงงาน การประเมินชิ้นงาน/ภาระงาน แฟ้มสะสมงาน การใช้แบบทดสอบ ฯลฯ โดยครูเป็นผู้ประเมินเองหรือเปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินตนเอง เพื่อนประเมินเพื่อน ผู้ปกครองร่วมประเมิน ในกรณีที่ไม่ผ่านตัวชี้วัดให้มีการสอนซ่อมเสริม การประเมินระดับชั้นเรียนเป็นการตรวจสอบว่า นักเรียนมีพัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ อันเป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนหรือไม่ และมากน้อยเพียงใด มีสิ่งที่จะต้องได้รับการพัฒนาปรับปรุงและส่งเสริมในด้านใด นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลให้ครูใช้ปรับปรุงการเรียนการสอนของตนด้วย ทั้งนี้โดยสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

พิศณุ พองศรี (2552, หน้า 11) ได้กล่าวว่า การประเมินผลระหว่างเรียน เป็นการพิจารณาความก้าวหน้าของโครงการว่าจำเป็นต้องมีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงส่วนใด เพื่อให้เกิดความเหมาะสม และการดำเนินงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สมศักดิ์ ภู่วิภาดาพรรณ (2554, หน้า 93) ได้กล่าวว่า การประเมินผลระหว่างเรียน เป็นวิธีการประเมินที่ออกแบบมาเพื่อสะท้อนให้เห็นพฤติกรรม และทักษะที่จำเป็นของนักเรียนในสถานการณ์ที่เป็นจริงแห่งโลกปัจจุบัน และเป็นการประเมินที่เน้นงานที่นักเรียนแสดงออกในภาคปฏิบัติ เน้นกระบวนการเรียนรู้ ผลผลิต และแฟ้มสะสมผลงาน การที่จะทำให้นักเรียนแต่ละคนบรรลุถึงความต้องการของแต่ละบุคคลได้นั้น วิธีการประเมินตามสภาพจริงจะเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน ผล และมีส่วนร่วมในการจัดกระบวนการเรียนรู้ของตนเองอีกด้วย

ศศิธร เวียงวะลัย (2556, หน้า 246) ได้กล่าวว่า การประเมินผลระหว่างเรียน หมายถึง กระบวนการการสังเกต การบันทึก และรวบรวมข้อมูลจากงาน และวิธีการที่นักเรียนทำ การประเมินผลระหว่างเรียนจะเน้นให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหา เป็นผู้ค้นพบ และผู้ผลิตความรู้ นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติจริง รวมทั้งเน้นพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประเมินระหว่างเรียน (Formative Assessment) ผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่า การประเมินระหว่างเรียน หมายถึง เป็นพิจารณาความก้าวหน้าระหว่างเรียน และพิจารณาหาจุดบกพร่องของนักเรียนเพื่อกำหนดการแก้ไข ปรับปรุงต่อไป โดยใช้การประเมินตามสภาพจริงในการประเมิน ซึ่งได้แก่ การซักถาม การสังเกต การตรวจการบ้าน การประเมินชิ้นงาน/ ภาระงาน การใช้แบบทดสอบ ฯลฯ

4.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบ 4E × 2

การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4E × 2 เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ค้นพบคำตอบสรุปองค์ความรู้ ด้วยตนเอง ผ่านการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งนักเรียนจะมีการสะท้อนพฤติกรรม การวางแผน ไตร่ตรอง ตรวจสอบการกระทำของตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะมีการประเมินความก้าวหน้าระหว่างเรียนของนักเรียน และพิจารณาหาจุดบกพร่องของนักเรียนเพื่อกำหนดการแก้ไข ปรับปรุงต่อไป

Marshall, Horton, and Smart (2009, pp.501 – 516 อ้างถึงใน สิริรัศมี ผลขวัญ โชติกา, 2554, หน้า 34 – 38) ได้นำเสนอขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4E × 2 ซึ่งประกอบด้วยโครงสร้าง 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบ (Inquiry instructional model)

ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นคว้า (Explore)

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain)

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความคิด (Extend)

ส่วนที่ 2 การสะท้อนการรู้คิด (Metacognitive Reflection)

ส่วนที่ 3 การประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Assessment)

โดยในระหว่างการเรียนการสอนแต่ละขั้นตอนของการสืบสอบจะดำเนินการประเมินผลระหว่างเรียนและสะท้อนการรู้คิดไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งมีแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 4E × 2 ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการทำให้นักเรียนเข้าสู่บทเรียน โดยใช้สิ่งดึงดูดที่มีประสิทธิภาพ ทำให้สนใจหรือทราบดี เพื่อกระตุ้นให้เริ่มกระบวนการเรียนรู้ แต่การให้นักเรียนเริ่มต้นเรียนรู้ด้วยการสืบสอบมีความซับซ้อนมากกว่าการกระตุ้นนักเรียนธรรมดา ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอน 4E × 2 ในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนประกอบด้วย การตรวจสอบความรู้ที่มีอยู่เดิม การระดมโนทัศน์ทางเลือก (Alternative Conceptions) และการให้แรงจูงใจและกระตุ้นเร้าความสนใจ

คำถามที่มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นพื้นฐาน คำถามที่ดีที่สามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อช่วยครูในระหว่างขั้นนำเข้าสู่บทเรียนดังตัวอย่างต่อไปนี้

นักเรียนรู้อะไรเกี่ยวกับเรื่องนี้บ้าง

นักเรียนเคยเห็นอะไรอย่างนี้บ้างหรือไม่

นักเรียนได้ยินอะไรเกี่ยวกับเรื่องนี้ที่นักเรียนไม่แน่ใจว่าถูกหรือไม่

นักเรียนอยากตรวจสอบอะไรเกี่ยวกับเรื่องนี้ เป็นต้น

การนำนักเรียนเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ ครูต้องใช้การสะท้อนการรู้คิดด้วยการตั้งคำถามที่ประสิทธิภาพ กลวิธีเกี่ยวกับการรู้คิด (Metacognitive Strategies) ควบคู่กับการประเมินผลระหว่างเรียนทำให้นักเรียนบรรลุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากขึ้น และยิ่งมากขึ้นไปอีกสำหรับนักเรียนที่มีผลการเรียนต่ำ เมื่อมีเป้าหมาย และจุดประสงค์อย่างชัดเจนแล้วก็สามารถนำการสะท้อนที่เหมาะสมมาใช้เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งอาจรวมถึงการระดมสมองในกลุ่มเล็ก ๆ หรือการบันทึกคำตอบของแต่ละคนลงในสมุดจดก่อนที่จะแบ่งปันความคิดกับเพื่อน ๆ

การประเมินที่ให้ข้อวินิจฉัยหรือผลย้อนกลับระหว่างเรียนมีความสำคัญต่อการที่จะตัดสินใจว่าจะเดินหน้าไปเรื่องต่อไปได้หรือไม่ การประเมินผลระหว่างเรียนสำหรับขั้นนำเข้าสู่บทเรียนอาจรวมถึง การทดสอบก่อนเรียน การตรวจสอบระหว่างเรียน และ/ หรือแผนผัง KWHL ซึ่งแผนผัง KWHL เป็นผังกราฟิกเพื่อช่วยให้เรียนรู้ได้ง่ายขึ้น โดยการใช้คำถามต่อไปนี้ (1) ฉันรู้อะไร (Why do I “Know”?) (2) ฉันต้องการรู้อะไร (“What” do I want to know?) (3) ฉันจะรู้อะไรอย่างไร (“How” do I find out?) (4) ฉันรู้อะไรแล้วบ้าง (What have I “Learned”?) ซึ่งในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนนี้จะเน้นในส่วน H ของแผนผัง KWHL

การบูรณาการการประเมินผลระหว่างเรียนและการสะท้อนการรู้คิดเข้าไปในขั้นตอนการนำเข้าสู่บทเรียนของการสอนแบบสืบสอบ ทำให้ครูมีรูปแบบสำหรับวิธีการที่จะนำนักเรียนเข้าสู่ผลการเรียนรู้หลักสามประการสำหรับการสอนแบบสืบสอบ นั่นคือความเข้าใจเชิงมนทัศน์ ความสามารถที่จะสืบสอบ และความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบสอบ

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นคว้า เมื่อครูนำเข้าสู่บทเรียนอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ครูก็นำนักเรียนเข้าสู่ขั้นสำรวจ และค้นคว้า นักวิจัยเสนอว่า ความสำคัญของขั้นสำรวจ และค้นคว้านั้น รวมถึงการที่นักเรียนค้นหาข้อมูลอย่างละเอียดในเรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือมากกว่า ดังต่อไปนี้ การคาดการณ์ การทดสอบ การรวบรวม และ/ หรือการให้เหตุผล ตัวอย่างของคำถามที่ดีที่สามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อช่วยครูในระหว่างขั้นสำรวจและค้นคว้า คือ

ถ้า...

นักเรียนสามารถที่จะศึกษาปัญหานี้ให้ดีที่สุดอย่างไร

อะไรจะเกิดขึ้นเมื่อ...

ข้อมูลอะไรบ้างที่นักเรียนต้องรวบรวม

ทำไมนักเรียนจึงเลือกวิธีนี้

ทำนองเดียวกันกับขั้นนำเข้าสู่บทเรียน การสะท้อนการรู้คิด และการประเมินผลระหว่างเรียนสำคัญสำหรับการทำให้นักเรียนมุ่งสู่การเรียนรู้ที่ต้องการ อาจทำการประเมินในรูปแบบของเนื้อหาทางความรู้ และ/หรือกระบวนการที่มุ่งความสนใจไปแต่ละคน กลุ่มเล็ก ๆ หรือกลุ่มใหญ่ นอกจากนี้การรู้คิด การประเมินผลระหว่างเรียน และกระบวนการสะท้อนก็เริ่มสอดประสานเข้าด้วยกันอย่างมีความหมาย เมื่อการตอบสนองของแต่ละคนรวมเป็นหนึ่งเดียวกันด้วยการอภิปรายในกลุ่มขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก ตัวอย่างที่เห็นได้ทั่วไปคือ กลวิธีการเรียนรู้แบบเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share)

บ่อยครั้งที่ครูจำกัดตัวเองอยู่ที่การเป็นผู้สังเกต ซึ่งเป็นบทบาทเชิงรับเมื่อทำการประเมินความก้าวหน้าของนักเรียนในระหว่างชั้นสำรวจ และค้นคว้า ในขณะที่เดียวกันอาจมีประโยชน์มากกว่าหากให้นักเรียนเผชิญความยากลำบากในบางครั้ง ครูอาจต้องมีบทบาทขึ้นเพื่อให้คำแนะนำในทันที เพื่อกระตุ้นแต่ละคน หรือกลุ่ม ให้คิดให้ลึกซึ่งเกี่ยวกับการตรวจสอบที่ทำอยู่ และเป็นการทำให้นักเรียนผ่อนคลาย และกระตุ้นให้นักเรียนคิดอย่างรู้คิดเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ของพวกเขากับกระบวนการคิดของตนเอง นอกจากนี้การให้นักเรียนมีการสะท้อนการรู้คิด ทำให้ครูมีข้อมูลสำคัญเพื่อใช้เป็นแนวทางการเรียนการสอนที่ดีขึ้น เพื่อเป็น โอกาสที่ดีสำหรับการสอนที่แตกต่าง

การสะท้อนการรู้คิดระหว่างชั้นสำรวจ และค้นคว้าอาจรวมถึงการให้นักเรียนจดบันทึกด้วยตนเอง หรือทำส่วน H ของแผนผัง KWHL ให้สมบูรณ์ (ฉันจะศึกษาปัญหา/ คำถามนี้ได้อย่างไร ประสิทธิภาพได้อย่างไร) นอกจากนี้ครูอาจให้นักเรียนระบุ และอธิบายส่วนที่ยังไม่เข้าใจหรือเป็นจุดอ่อน เช่น หากการรวบรวมข้อมูลเป็นปัญหาหลัก ดังนั้นการอภิปรายร่วมกันก็อาจมุ่งไปที่ว่าจะสามารถรวบรวมข้อมูลอย่างมีคุณค่าได้อย่างไร การปฏิสัมพันธ์ดังกล่าวกับนักเรียนเน้นที่การประเมินผลเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for Learning) มากกว่าการประเมินผลการเรียนรู้ (Assessment of Learning) เมื่อการสะท้อนการรู้คิด และการประเมินผลระหว่างเรียนผสมผสานเข้าด้วยกัน การสอนก็เป็นการให้ข้อมูลที่มากขึ้น ที่สำคัญกว่านั้นก็คือนักเรียนจะรู้ความก้าวหน้าของตนเองเพื่อนำไปสู่เป้าหมายอย่างต่อเนื่อง การรวมกันของการสะท้อนการรู้คิด รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบ และการประเมินผลระหว่างเรียนในชั้นสำรวจและค้นคว้านี้จะกระตุ้นความ

เข้าใจอย่างลึกซึ้ง การเรียนรู้ผ่านการตรวจสอบเริ่มมุ่งไปที่กระบวนการเรียนการสอนมากกว่าที่จะ
 รอจนถึงสุดการตรวจสอบก่อนที่นักเรียนและครูจะรู้ว่านักเรียนเข้าใจจริง ๆ หรือไม่

ขั้นที่ 3 ขึ้นอธิบาย และลงข้อสรุป ในระหว่างการสำรวจ ทักษะกระบวนการจะถูกเน้น
 ไปที่การให้นักเรียนเผชิญกับความคิด จากนั้นเนื้อหาจะเริ่มเป็นศูนย์กลางในระหว่างขั้นตอนการ
 อธิบายเป็นทักษะกระบวนการที่ถูกใช้เพื่อสนับสนุนทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การตีความ การ
 อธิบาย และการวิเคราะห์ นอกจากนี้ นักเรียนที่มีพื้นฐาน และความสามารถที่แตกต่างกันก็
 สามารถแบ่งปันประสบการณ์ โดยการอธิบายหลักการ และแนวคิดของพวกเขาให้เพื่อน ๆ ฟังการ
 นำประสบการณ์ที่มีอยู่มาใช้ทำให้การเรียนรู้มีมากขึ้น แต่การเรียนรู้สามารถเข้าถึงนักเรียนทุกคน
 เพราะข้อมูลที่เกี่ยวข้องจะกลายเป็นประสบการณ์ หลักการ โดยทั่วไปของขั้นอธิบาย และลง
 ข้อสรุปคือ นักเรียนมีส่วนร่วมในวัฏจักรที่มีการเวียนเกิดระหว่างหลักฐาน และการอธิบาย ในทาง
 ทฤษฎีนั้นทักษะกระบวนการ และเนื้อหาเป็นส่วนที่ร่วมกันในการสืบสอบ

ลักษณะสำคัญของขั้นอธิบาย และลงข้อสรุปประกอบด้วย (1) การตีความข้อมูล และสิ่ง
 ที่ค้นพบ (2) การให้หลักฐานสนับสนุนข้ออ้าง (3) การสื่อสารผลการค้นพบ (4) การให้คำอธิบายที่
 เป็นทางเลือกสำหรับการค้นพบ ซึ่งตัวอย่างของคำถามที่ดีที่สามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อช่วยครูใน
 ระหว่างขั้นอธิบายและลงข้อสรุป คือ

นักเรียนได้รูปแบบอะไร

นักเรียนมีหลักฐานอะไรมาสนับสนุนข้ออ้างนั้น

นักเรียนจะอธิบายหรือแสดงสิ่งที่ค้นพบอย่างไรให้ดีที่สุด

นักเรียนมีคำอธิบายอย่างอื่นสำหรับการค้นพบของนักเรียนอีกหรือไม่

การประเมินสำหรับขั้นอธิบาย และลงข้อสรุปรวมถึง การรายงานผล การนำเสนอ และ
 การอภิปรายการประเมินเหล่านี้จะเป็นทั้งแบบการประเมินผลระหว่างเรียนหรือการประเมินผลรวม
 ก็ได้ ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ หากนักเรียนได้รับอนุญาตให้เสนองานได้ใหม่หรือหากถูกสั่งให้แก้งาน
 ตามการแก้ไขของผู้อื่น เมื่อนั้นการประเมินก็จะเป็นแบบการประเมินผลระหว่างเรียน และเน้นที่
 กระบวนการเรียนรู้มากกว่าสิ่งที่ได้เรียนรู้ หัวข้อเรื่องควรมีความชัดเจนว่าต้องการอะไร แต่ก็มี
 ความยืดหยุ่นที่ยอมให้มีการแสดงแนวคิดของแต่ละคนได้ เป้าหมายก็คือความเข้าใจเชิงมโนทัศน์
 และความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบสอบ ไม่ใช่ให้นักเรียนตอบคำถามได้อย่างถูกต้องเท่านั้น หากการ
 ตีความข้อมูลและการให้หลักฐานประกอบมุ่งไปที่การตรวจสอบเมื่อนั้นนักเรียนจำเป็นต้องอธิบาย
 ข้ออ้างโดยใช้ข้อมูลและผลที่เป็นเอกสาร

จะเห็นได้ว่าการเรียนรู้จะดีขึ้นเมื่อใช้การประเมินผลระหว่างเรียนและกลวิธีเกี่ยวกับการรู้
 คิด กลวิธีเกี่ยวกับการรู้คิดทำให้นักเรียนทำความเข้าใจ และเปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ใหม่มา

ผสมผสานกับความรู้เก่า นอกจากนั้นนักเรียนจะมีการเรียนรู้ของตนเองและใช้กลวิธีที่ช่วยให้การเรียนรู้ของพวกเขามีความก้าวหน้ายิ่งขึ้น

ขั้นที่ 4 ขยายความคิด หากการเรียนรู้หยุดลงหลังขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป เมื่อความเข้าใจเชิงมโนทัศน์เริ่มหยุดค้างแล้วนักเรียนอาจจะกลับไปสู่ความรู้ที่มีอยู่เดิม และความเข้าใจที่ได้มาก่อนการตรวจสอบอย่างรวดเร็ว การจัดเตรียมโอกาสสำหรับนักเรียนที่จะประยุกต์ใช้ความรู้ของพวกเขา เป็นการช่วยให้นักเรียนเริ่มมีความเข้าใจเชิงมโนทัศน์อย่างแท้จริง ทำให้พัฒนาการนำเสนอสิ่งที่คิดได้อย่างถาวรมากขึ้น แนวคิดทางเล็กละเอียดเป็นสิ่งที่ทำให้การยึดติดและต้องมีการจัดการปัญหาอย่างซ้ำ ๆ ก่อนการเปลี่ยนแปลงถาวรจะเกิดขึ้น ประสบการณ์ที่ขาดคุณภาพที่เป็นผลกับนักเรียน เกิดขึ้นในระหว่างขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนและการสำรวจ เริ่มเกิดเป็นความเข้าใจและความรู้ที่ชัดเจนในระหว่างขั้นการอธิบายถูกใช้ประยุกต์กับสถานการณ์ใหม่และเพื่อที่จะศึกษามโนทัศน์ก่อนหน้านี้

ในขั้นขยายความคิดนักเรียนถูกถามเพื่อที่จะให้ประยุกต์ อธิบาย ถ่ายโอนและนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ คำถามที่เหมาะสมสำหรับขั้นขยายความคิดนี้ คือ

นักเรียนคิดว่าจะนำ...ไปใช้กับ...อย่างไร

อะไรจะเกิดขึ้นถ้าหาก...

จะนำสิ่งนี้ไปใช้จริงกับอะไร

ผลที่ตามมา/ประโยชน์/ความเสี่ยงอะไรที่มาพร้อมกับการตัดสินใจนี้

กลวิธีการประเมินผลอาจรวมถึงการที่นักเรียนแสดงการตรวจสอบใหม่ที่ยังคงเน้นไปที่มโนทัศน์ที่กำลังศึกษา โดยใช้การจดบันทึก การนำเสนอ การสนทนากลุ่มเล็ก ๆ หรือการสนทนาในชั้นเรียน นักเรียนสามารถสำรวจอย่างลึกซึ้งในการค้นหาของพวกเขา ซึ่งในกระบวนการสืบสอบการประเมินผลมักจะเป็นการประเมินผลโดยรวม โดยการเตรียมการประเมินผลระหว่างเรียนนี้ นักเรียนต้องคิดให้ลึกซึ้งเกี่ยวกับงานของพวกเขา ตัวอย่างเช่น อาจสั่งให้นักเรียนตอบข้อคิดเห็นของครูเกี่ยวกับข้อมูลในสมุดจดของพวกเขา การสะท้อนการรู้คิดรวมการเรียนรู้เข้ากับการสะท้อนส่วนบุคคล โดยการตั้งคำถามอย่างชัดเจนว่าความรู้สมบูรณ์หรือยัง และมีงานใดที่ยังต้องทำอีก จำนวนของกิจกรรมในการขยายความคิดหรือระยะเวลาที่ใช้กับขั้นขยายความคิดนี้ขึ้นอยู่กับความยากของมโนทัศน์ที่ศึกษา ความสำคัญของมโนทัศน์ในขอบข่ายงานเกี่ยวกับหลักสูตร และระดับความเข้าใจของนักเรียนทุกคน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ ผู้วิจัยสรุปขั้นตอนได้ 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างความสนใจ เป็นขั้นตอนเพื่อ ตรวจสอบความรู้เดิม หามโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน สร้างความสนใจ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม การประเมิน คือ การสังเกตการตอบ คำถามเป็นรายกลุ่ม และการสะท้อนการรู้คิด คือ นักเรียนจะตอบคำถามเป็นรายกลุ่ม ซึ่งครูจะเป็นผู้ ประเมินความคิดของนักเรียน โดยพิจารณาจาก ความรู้เดิม มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ความพร้อมใน การเรียน

ขั้นตอนที่ 2 สืบค้น และค้นหา เป็นขั้นตอนที่สมาชิกในกลุ่มร่วมกันเพื่อ ศึกษา ค้นพบ เก็บรวบรวมข้อมูล รวมถึงการทำนาย การสร้างข้อความคาดการณ์ และการให้เหตุผล โดย สมาชิกในกลุ่มแบ่งหน้าที่กัน เพื่อการศึกษาที่มีประสิทธิภาพ การประเมิน คือ ครูใช้วิธีการ สังเกตการณ์การตอบคำถามเป็นรายกลุ่ม หรือจากใบกิจกรรม การสะท้อนการรู้คิด คือ นักเรียนเป็นผู้ สะท้อนความคิดจากการตอบคำถาม และครูจะเป็นผู้ประเมินโดยพิจารณาจาก การคาดคะเน คำตอบ การตั้งสมมติฐาน วิธีการสำรวจ

ขั้นตอนที่ 3 อธิบาย และลงข้อสรุป เป็นขั้นตอนเพื่อ นำข้อมูลจากการสำรวจ ค้นคว้า มาวิเคราะห์เพื่อหาข้อสรุป และหาหลักฐานสนับสนุนเพื่ออธิบายข้อสรุป และนำเสนอผลที่ ได้ในรูปแบบต่างๆ การประเมิน คือ ครูประเมินผลจากการอภิปรายเป็นรายกลุ่ม การเขียนสรุปใน ใบกิจกรรม การนำเสนอปากเปล่า เป็นต้น การสะท้อนการรู้คิด คือ นักเรียนเป็นผู้สะท้อนความคิด จากการปฏิบัติกิจกรรม โดยครูจะประเมินความคิดจาก ความถูกต้องของข้อสรุป คำอธิบาย เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 ขยายความคิด มีจุดประสงค์เพื่อ ขยายความรู้ เชื่อมโยงความรู้ไปสู่ สถานการณ์ ใหม่ โดยขั้นตอนนี้เน้นให้นักเรียนทำเป็นรายบุคคล แต่เมื่อทำสำเร็จ สมาชิกในกลุ่ม ร่วมกันตรวจสอบใบงาน การประเมิน คือ ครูใช้วิธีการประเมินจากใบงาน ที่เป็นสถานการณ์ใหม่ การสะท้อนการรู้คิด คือ นักเรียนเป็นผู้สะท้อนความคิดโดยครูประเมินจาก การตอบคำถามจากใบ งานที่เป็นสถานการณ์ใหม่

5. การจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$

การจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เป็นการผสมผสานระหว่างการจัดการ เรียนรู้แบบ STAD และการจัดการจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ ซึ่งมี 4 ชั้น ได้แก่ ชั้นที่ 1 สร้างความ สนใจ เป็นขั้นนำเสนอเนื้อหาในการจัดการเรียนรู้แบบ STAD และเป็นขั้นสร้างความสนใจในการ จัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ ชั้นที่ 2 การศึกษาความรู้เป็นกลุ่ม เป็นขั้นจากการจัดการเรียนรู้แบบ STAD โดยกิจกรรมการเรียนรู้จะจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ ได้แก่ สืบค้น และค้นหา อธิบาย และลง ข้อสรุป และขยายความคิด ในขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 ของการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$

ต้องมีการสะท้อนการรู้คิด และการประเมินผลตลอดทุกชั้น ชั้นที่ 3 ทดสอบ และชั้นที่ 4 รับรอง ผลงาน ซึ่งเป็นขั้นการจัดการเรียนรู้แบบ STAD โดยมีรายละเอียดดังภาพที่ 2 – 3



ภาพที่ 2 – 3 การจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E × 2

6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

6.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

วิลสัน (Wilson, 1971 อ้างถึงใน เวชฤทธิ์ อังคนะภัทรขจร, 2555, หน้า 150 - 153) ได้จำแนกตามพฤติกรรมที่ต้องการวัดในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. ความรู้ ความจำ และการคิดคำนวณ (Computation) เป็นระดับที่วัดความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่นักเรียนได้เรียนผ่านไปแล้ว เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์ นิยาม ตลอดจนกระบวนการคิดคำนวณอย่างง่าย ๆ พฤติกรรมระดับนี้แบ่งออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่

1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง หมายถึง ความรู้ความจำเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาในลักษณะเดียวกับที่นักเรียนได้รับจากการเรียนการสอนมาแล้ว

1.2 ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์ และนิยาม เป็นการถามเพื่อให้นักเรียนบอกความหมายของศัพท์ และนิยามที่เคยเรียนมาแล้วโดยไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณแต่อย่างใด

1.3 ความรู้ความจำเกี่ยวกับการใช้กระบวนการคิดคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการตามกระบวนการคิดคำนวณตามที่เคยเรียนมาแล้ว

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นระดับที่วัดความสามารถในการนำความรู้ที่รู้หรือเรียนมาแล้วมาสัมพันธ์กับโจทย์หรือปัญหาใหม่ ตลอดจนสามารถอธิบาย ยกตัวอย่าง จำแนก แปลความ ตีความ สรุปความ หรือขยายความได้ พฤติกรรมระดับนี้แบ่งออกเป็น 6 ชั้น ได้แก่

2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ หมายถึง ความสามารถในการสรุปความหมายของสิ่งที่ได้เรียนมาตามความเข้าใจของตนเอง รู้จักนำข้อเท็จจริงของเนื้อหาที่ได้เรียนรู้ไปแล้วมาสรุปความหมายของสิ่งนั้นอีกครั้งหนึ่งด้วยตนเอง

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎ และการทำให้เป็นกรณีทั่วไป หมายถึง ความสามารถในการสรุปหรือบอกความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์กับตัวปัญหา ซึ่งนักเรียนควรจะรู้หลังจากเรียนจบนั้นแล้ว

2.3 ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสรุปศัพท์และนิยามทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ หรือการหาค่าสัญลักษณ์โดยอาศัยโครงสร้างทางคณิตศาสตร์

2.4 ความเข้าใจในการแปลงส่วนประกอบของปัญหาจากแบบหนึ่งไปอีกแบบหนึ่ง หมายถึง ความสามารถในการแปลงข้อความให้เป็นสัญลักษณ์หรือสมการ โดยมีได้รวมถึงการคำนวณหาคำตอบของสมการนั้น

2.5 ความเข้าใจในการดำเนินตามเหตุผล หมายถึง ความสามารถในการชี้แจงความสมเหตุสมผลของข้อความ บทความ หรือผลงานทางคณิตศาสตร์

2.6 ความเข้าใจในการอ่านและตีโจทย์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการอ่านและตีความจากโจทย์ว่า โจทย์กำหนดอะไรมาบ้างและต้องการถามเรื่องอะไร รวมทั้งการแปลความหมายจากกราฟหรือข้อมูลทางสถิติ ตลอดจนการแปลสมการหรือตัวเลขให้เป็นรูปภาพ

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นระดับที่วัดความสามารถในการนำความรู้ ทัศนคติ การ ขอบเขตจริง หรือทฤษฎีต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปแก้ปัญหาคำถามใหม่ให้ประสบความสำเร็จ ทั้งนี้ โจทย์ปัญหาที่ใช้วัดในระดับนี้ต้อง ไม่ใช่โจทย์ข้อเดิมที่นักเรียนเคยฝึกทำมาแล้ว พฤติกรรมระดับนี้แบ่งออกเป็น 4 ชั้น ได้แก่

3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหารวมๆ หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาคำถามที่คล้ายกับปัญหาที่เคยเรียนมาแล้วในห้องเรียน

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนึกถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกัน เช่น มโนทัศน์ ทัศนคติ ของข้อมูล 2 ชุด เพื่อค้นพบความสัมพันธ์เปรียบเทียบและนำมาสรุปเพื่อตัดสินใจ

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะจำแนกส่วนประกอบย่อยของปัญหาหรือสิ่งที่โจทย์กำหนดว่ามีความจำเป็นหรือไม่ ในการแก้ปัญหานั้นๆ

3.4 ความสามารถในการมองเห็นรูปแบบ ลักษณะ โครงสร้างที่เหมือนกันและการสมมาตร หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการหาสิ่งที่คุ้นเคยกับข้อมูลที่กำหนดให้หรือจากปัญหาที่กำหนดให้

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นระดับที่วัดความสามารถในการแก้ปัญหาคำถามที่แปลกกว่าธรรมดา มีลักษณะซับซ้อน หรือ โจทย์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยกับที่รู้มาก่อน แต่ต้องอยู่ในขอบข่ายเนื้อหาวิชาที่เคยเรียนมา พฤติกรรมระดับนี้แบ่งออกเป็น 5 ชั้น ได้แก่

4.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาคำถามที่แปลกกว่าธรรมดา หมายถึง ความสามารถในการถ่ายโอนความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปสู่การแก้ปัญหาคำถาม ซึ่งการแก้ปัญหาลักษณะนี้ส่วนมากเป็นปัญหาที่ไม่สามารถคิดคำนวณโดยตรงได้

4.2 ความสามารถในการค้นพบความสัมพันธ์ หมายถึง ความสามารถในการค้นพบความสัมพันธ์ใหม่หรือนำสัญลักษณ์จากสิ่งที่กำหนดให้มาสร้างสูตรใหม่ด้วยตนเองหรือเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการหาคำตอบ

4.3 ความสามารถในการแสดงการพิสูจน์ หมายถึง ความสามารถในการพิสูจน์ด้วยตนเองโดยอาศัยทฤษฎีหรือบทนิยามต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการพิสูจน์

4.4 ความสามารถในการวิพากษ์วิจารณ์ หมายถึง ความสามารถในการใช้เหตุผลเพื่อวิพากษ์วิจารณ์นั้นว่าถูกต้องหรือไม่ มีขั้นตอนใดผิดพลาดบ้าง

4.5 ความสามารถในการสร้างและแสดงความสมเหตุสมผลของการทำให้เป็นกรณีทั่วไป หมายถึง ความสามารถในการค้นพบความสัมพันธ์และเขียนการพิสูจน์ความสัมพันธ์ที่ค้นพบ จนสามารถสรุปเป็นกรณีทั่วไปได้

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2540, หน้า 29) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ (Achievement) ซึ่งในวิจัยนี้หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ คือคุณลักษณะรวมถึงความรู้ความสามารถของบุคคลอันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน คือมวลประสบการณ์ที่ปวงที่บุคคลได้รับการเรียน การสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพสมอง

สุวิทย์ หิรัญยกานนท์ (2540, หน้า 5) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสำเร็จ ความรู้ ความสามารถ หรือทักษะ หรือหมายถึงผลการเรียนการสอน หรือผลงานที่ได้จากการประกอบกิจกรรมส่วนนั้น ๆ ก็ได้

ชวาล แพรัตกุล (2552, หน้า 9-19) ได้กล่าวโดยสรุปไว้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หมายถึง ความสำเร็จในด้านความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพด้านต่าง ๆ ของสมอง

นันทิยา ไชยสะอาด (2557, หน้า 40) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ ความเข้าใจ และทักษะทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของแต่ละบุคคลที่ประเมินได้จาก การทำแบบทดสอบหรือการทำงานที่ได้รับมอบหมาย และผลของการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

จากแนวคิด และความหมายข้างต้น ผู้วิจัยได้ข้อสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางการเรียนรู้ และทักษะการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของแต่ละบุคคล ซึ่งได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยสอดคล้องกับพฤติกรรมที่พึงประสงค์ทางพุทธิพิสัย 4 ระดับ ได้แก่

1. ความรู้ ความจำ และการคิดคำนวณ
2. ความเข้าใจ เกี่ยวกับการสรุปความหมาย หลักการ กฎ คำศัพท์ นิยาม หรือหาค่าสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ การแปลงเป็นสมการ
3. การนำไปใช้ คือการนำกฎ นิยาม ทฤษฎี หรือหลักการต่าง ๆ ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่
4. การวิเคราะห์ คือการวัดความสามารถที่ซับซ้อน และการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่

6.2 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

นักการศึกษา ได้ให้ชื่อเรียก แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ไว้หลายชื่อที่แตกต่างกันได้แก่ แบบทดสอบความสัมฤทธิ์ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หรือแบบสอบผลสัมฤทธิ์ ซึ่งนักการศึกษาได้ให้ความหมายในทิศทางเดียวกันดังนี้

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545, หน้า 96) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ และความสามารถทางวิชาการที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่า บรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

พิชญ พงศรี (2552, หน้า 241) ได้กล่าวว่า แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เป็นแบบสอบที่ใช้กันมากที่สุดในทางการศึกษา ไม่ว่าจะเพื่อประเมิน การวิจัย หรือเพื่อการเรียนการสอน การคัดเลือก ฯลฯ เพื่อวัดระดับความรู้ของนักเรียนว่าอยู่ในระดับใด

ชวาล แพรัตกุล (2552, หน้า 74) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบประเภทความสัมฤทธิ์ หมายถึงแบบทดสอบที่วัดความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่เด็กได้รับจากประสบการณ์ทั้งปวง ทั้งจากโรงเรียน และทางบ้าน ยกเว้นการวัดทางร่างกาย ความถนัด และทางบุคคล-สังคม อันได้แก่ อารมณ์ และการปรับตัว

เยาวดี รามชัยกุล วิบูลย์ศรี (2553, หน้า 28) ได้กล่าวว่า แบบสอบผลสัมฤทธิ์ เป็นแบบสอบวัดความรู้เชิงวิชาการ มักใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เน้นวัดความรู้ความสามารถจากการเรียนรู้ในอดีต หรือในสภาพปัจจุบันของแต่ละบุคคล

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หมายถึง กระบวนการเชิงระบบ เพื่อวัดความรู้ ทักษะ ความสามารถด้านวิชาการ หรือผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นหลังจากที่ครูจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนต่าง ๆ

6.3 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

นักการศึกษาได้นำเสนอประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้สอดคล้องกันดังต่อไปนี้

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545, หน้า 96) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นใช้กันโดยทั่วไปในสถานศึกษา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน (paper and pencil test) ซึ่งแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

1.1 แบบทดสอบอัตนัย (subjective or essay test) เป็นแบบทดสอบที่กำหนด

คำถาม หรือปัญหาให้แล้วให้ผู้ตอบเขียนโดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติ ได้อย่างเต็มที่

1.2 แบบทดสอบปรนัย หรือแบบให้ตอบสั้น ๆ (objective test or short answer) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้ตอบเขียนตอบสั้น ๆ หรือมีคำตอบให้เลือกแบบจำกัดคำตอบ (restricted response type) ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ ความคิดเห็น ได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบชนิดนี้แบ่งเป็น 4 แบบ คือ แบบทดสอบถูก – ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทั่ว ๆ ไป ซึ่งสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการวิเคราะห์ และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพ มีมาตรฐาน กล่าวคือมีมาตรฐานในการดำเนินการสอบ วิธีการให้คะแนน และการแปลความหมายของคะแนน

พิชญ์ พงศ์ศรี (2552, หน้า 241) ได้กล่าวว่า แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบ่งย่อยออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบสอบมาตรฐาน (Standardize Test) เป็นแบบทดสอบที่ผ่านการทดลองใช้ และพัฒนาจนมีคุณสมบัติต่าง ๆ ตามมาตรฐาน ส่วนใหญ่จะเป็นแบบสอบที่ใช้ในระดับชาติของหน่วยงานที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง และต้องใช้สอบกับคนเป็นจำนวนมาก เช่น กระทรวงศึกษาธิการ สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน และมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช เป็นต้น

2. แบบสอบที่ครูสร้าง (Teacher – Made Test) เป็นแบบสอบที่ครูสร้างขึ้นสอบตามรายวิชาที่สอนตามสถาบันการศึกษาต่าง ๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมักจะสอบด้วยแบบสอบที่ครูสร้าง ซึ่งถ้าจะพัฒนาให้เป็นแบบสอบมาตรฐานก็ทำได้

ชวาล แพรัตกุล (2552, หน้า 74 – 75) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบประเภทความสัมฤทธิ์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบของครู กับแบบทดสอบมาตรฐาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบทดสอบของครู หมายถึง แบบทดสอบ ข้อปัญหา และโจทย์ข้อคำถามต่าง ๆ ที่พวกเราครู ๆ วัดผลอยู่ตลอดไป คุณประโยชน์ที่สำคัญยิ่งของแบบทดสอบชนิดนี้อยู่ตรงที่เราสามารถพลิกแพลงให้เหมาะสมกับสภาพเหตุการณ์ ได้ต่าง ๆ นานา, จุดดั่งช่างตัดเสื้อที่สามารถตัดแปลงเสื้อผ้า ให้มีทรวดทรงแปลก ๆ เป็นเครื่องมือวัดพื้นความรู้เดิม วัดความงอกงามในการเรียนการสอน วัดดูความบกพร่องเพื่อจัดสอนซ่อมแซม วัดดูความพร้อมที่จะขึ้นบทเรียนใหม่ และอีกสารพัดวัตถุประสงค์ ตามแต่ที่ครูจะปรารถนา

2. แบบทดสอบมาตรฐาน ในวงการศึกษาก็ปัจจุบัน เรามีความต้องการแบบทดสอบชนิดนี้ มากมายเหลือเกิน และเป็นความต้องการที่รีบด่วนด้วย แบบทดสอบมาตรฐานนี้มีคุณค่ามหาศาลสามารถใช้เป็นหลัก และสามารถวัด และเปรียบเทียบผล เพื่อประเมินค่าของการเรียนการสอนในเรื่องใด ๆ ก็ได้ จะใช้สำหรับวัดอัตราความงอกงามของเด็กแต่ละวัย ในแต่ละกลุ่ม แต่ละ

ภาคก็ได้ จะใช้สำหรับให้ครูวินิจฉัยผลสัมฤทธิ์ระหว่างวิชาต่าง ๆ ในเด็กแต่ละคนก็ได้ และจะใช้ในงานสอบวัดอื่น ๆ อีกก็ได้ นานัปการ สรุปว่า เป็นยอดเป็นมงกุฏของแบบทดสอบทั้งปวง มีคุณค่าดุจดังตราชั่งกายสิทธิ์ สำหรับชั่งสมอมนุษย์ ก็ว่าได้ ถ้าปราศจากเครื่องมือชนิดนี้แล้ว กิจกรรมแนะแนว และโครงการปรับปรุงอะไรต่อมิอะไรก็เห็นจะเขยื้อน ได้ยากเต็มที

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับประเภทของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ ผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่า ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ แบบทดสอบอัตนัย และปรนัย โดยแบบทดสอบประเภทนี้ เน้นวัดผลสัมฤทธิ์เฉพาะกลุ่มที่ครูครู เป็นผู้จัดการเรียนการสอน
2. แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์มาเรียบร้อยแล้วจนมีคุณภาพ สามารถวัด และประเมินผลนักเรียนได้อย่างเที่ยงตรง ซึ่งแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง ถ้ามีการทดลองใช้ และวิเคราะห์แบบทดสอบ ก็เป็นแบบทดสอบมาตรฐาน เช่นเดียวกัน

6.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545, หน้า 97 - 98) ได้กล่าวว่า ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. วิเคราะห์หลักสูตร และตารางวิเคราะห์หลักสูตร

การสร้างแบบทดสอบ ควรเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์หลักสูตร และสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อวิเคราะห์เนื้อหาสาระ และพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด ตารางวิเคราะห์หลักสูตรจะใช้เป็นกรอบในการออกแบบทดสอบ โดยระบุจำนวนข้อของแบบทดสอบในแต่ละเรื่อง และพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดไว้

2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นพฤติกรรมที่เป็นผลการเรียนรู้ที่ครูมุ่งหวังจะให้เกิดขึ้นกับนักเรียน ซึ่งครูจะต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าสำหรับเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน และการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

3. กำหนดชนิดของแบบทดสอบ และศึกษาวิธีสร้าง

โดยการศึกษาตารางวิเคราะห์หลักสูตร และจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้ออกแบบทดสอบต้องพิจารณา และตัดสินใจเลือกใช้ชนิดของแบบทดสอบที่จะใช้วัดว่าจะเป็นแบบใด โดยต้องเลือกให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และเหมาะสมกับวัยของนักเรียน แล้วศึกษาวิธีเขียนแบบทดสอบชนิดนั้นให้มีความรู้ความเข้าใจในหลัก และวิธีการเขียนแบบทดสอบ

4. เขียนแบบทดสอบ

ผู้ออกแบบทดสอบลงมือเขียนแบบทดสอบตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตาราง

วิเคราะห์หลักสูตร และให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยอาศัยหลัก และวิธีการเขียนแบบทดสอบที่ได้ศึกษามาแล้วในข้อ 3

5. ตรวจสอบแบบทดสอบ

เพื่อให้แบบทดสอบที่เขียนไว้แล้วในขั้นที่ 4 มีความถูกต้องตามหลักวิชาการ มีความสมบูรณ์ครบถ้วนตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร ผู้ออกแบบทดสอบต้องพิจารณาทบทวนตรวจสอบแบบทดสอบอีกครั้งก่อนที่จะจัดพิมพ์ และนำไปใช้ต่อไป

6. จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง

เมื่อตรวจสอบแบบทดสอบเสร็จแล้วให้พิมพ์แบบทดสอบทั้งหมด จัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับทดลองโดยมีคำชี้แจง หรือคำอธิบายวิธีตอบแบบทดสอบ (direction) และจัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

7. ทดลองสอบ และวิเคราะห์แบบทดสอบ

การทดลองสอบ และวิเคราะห์แบบทดสอบเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนนำไปใช้จริง โดยนำแบบทดสอบไปทดลองกับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มที่ต้องการสอบจริง แล้วนำผลการสอบมาวิเคราะห์ และปรับปรุงแบบทดสอบให้มีคุณภาพ โดยสภาพการปฏิบัติจริงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในโรงเรียนมักไม่ค่อยมีการทดลองสอบ และวิเคราะห์แบบทดสอบ ส่วนใหญ่นำแบบทดสอบไปใช้ทดสอบแล้วจึงวิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อปรับปรุงแบบทดสอบ และนำไปใช้ในครั้งต่อ ๆ ไป

8. จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง

จากผลการวิเคราะห์แบบทดสอบ หากพบว่าแบบทดสอบข้อใดไม่มีคุณภาพ หรือมีคุณภาพไม่ดีพอ อาจจะต้องตัดทิ้ง หรือปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบให้มีคุณภาพดีขึ้น แล้วจึงจัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับจริงที่จะนำไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

พิสนุ พองศรี (2552, หน้า 250) ได้นำเสนอขั้นตอนการสร้างแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ 6 ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ในการสอบว่าจะวัดอะไร ขอบเขตแค่ไหน กับใคร และจะนำผลไปใช้ทำอะไร
2. กำหนดประเภทแบบสอบ เวลาที่ใช้ วิธีดำเนินการสอบ การตรวจให้คะแนน โดยพิจารณาจากจำนวนข้อคำถามเป็นหลัก แต่ถ้ามีปัญหาเรื่องอื่น ๆ เช่น เวลานั้นน้อย เด็กเล็กเบื่อง่าย ก็ควรปรับจำนวนข้อคำถามได้
3. นิยามคุณลักษณะ เนื้อหา พฤติกรรมที่จะวัดจนถึงขั้นวัดได้
4. ร่างข้อคำถามตามคุณลักษณะ เนื้อหา หรือพฤติกรรมที่จะวัด

5. ทดลองใช้กับกลุ่มเล็ก ๆ และปรับปรุงรายละเอียดเกี่ยวกับคำสั่ง ภาษา

6. ทดลองใช้กับกลุ่มใหญ่เพื่อหาค่าทางสถิติ

สำหรับหลักการสร้างแบบทดสอบจะชัดเจนกว่าการวัดด้านจิตพิสัย และทักษะพิสัย โดยนำหลักสูตร เนื้อหา จุดประสงค์ หรือคุณลักษณะที่จะวัดมาเป็นแนวทางในการสร้าง อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติพบว่า การสร้างแบบทดสอบมักจะวัดได้ในระดับความจำเป็นส่วนใหญ่ ทั้ง ๆ ที่พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยมีถึง 6 ระดับ จากง่ายไปหายากตามลำดับ ตั้งแต่ ความจำ เข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินค่า แต่เนื่องจากการสร้างแบบทดสอบระดับสูงกว่าความจำเป็นเรื่องยาก จึงสร้างได้เฉพาะที่วัดความจำดังกล่าวแล้ว ทำให้นักเรียนเรียนด้วยวิธีการท่องจำ และได้รับคะแนนสูงแต่ขาดความเข้าใจ วิเคราะห์ไม่ได้ เป็นปัญหาที่ทราบกันโดยทั่วไป ดังนั้น เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวในการจะสร้างแบบสอบควรทำตารางวิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหา ออกเป็นสัดส่วนตามความสำคัญ หรือเวลาที่ใช้สอน และจำนวนข้อตามพฤติกรรมต่าง ๆ

สสวท. (2555, หน้า 30) ได้นำเสนอแนวทางการสร้างแบบทดสอบให้มีคุณภาพ โดยสรุปเป็นขั้นตอน 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาจุดมุ่งหมายของการวัด และประเมินผล สารการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และเนื้อหาที่ต้องการ
2. วิเคราะห์เนื้อหา และระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด
3. กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบที่จะใช้ในแบบทดสอบให้สอดคล้องกับเนื้อหา และระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด และควรใช้รูปแบบที่หลากหลายเพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสแสดงความรู้ความสามารถอย่างเต็มศักยภาพ
4. กำหนดจำนวนแบบทดสอบ การกระจายของเนื้อหา สารที่ต้องการทดสอบ และเวลาที่ใช้ทดสอบ
5. สร้างแบบทดสอบตามที่กำหนด โดยคำนึงถึงเทคนิคของการสร้างแบบทดสอบ และความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการวัดประเมินผล
6. ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเที่ยงตรง และความเป็นปรนัยของแบบทดสอบ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ผู้วิจัยได้ข้อสรุปเกี่ยวกับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ดังนี้

1. วิเคราะห์หลักสูตร และตารางวิเคราะห์หลักสูตร
2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้
3. กำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัด

4. กำหนดประเภทของแบบทดสอบ จำนวนข้อของแบบทดสอบ การกระจายของเนื้อหา และเวลาที่ใช้ในการสอบ
5. สร้าง และตรวจทานแบบทดสอบ
6. ทดลองสอบ และวิเคราะห์แบบทดสอบ
7. พิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

7.1 งานวิจัยในประเทศ

นันทชัย นวลสอาด (2554) ได้ศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติโดยใช้วิธีการเรียนแบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังใช้ชุดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติโดยใช้วิธีการเรียนแบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีผลการเรียนรู้ผ่านเกณฑ์เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 70 ขึ้นไปของจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ระดับนัยสำคัญ .01 สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสามารถในการเรียน เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

หนึ่งฤทัย ชูแก้ว (2556) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนการ์ตูนร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบ STAD เรื่อง คู่อันดับ และกราฟ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนการ์ตูนร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบ STAD สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนการ์ตูนร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบ STAD สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุภาภรณ์ พรรัตนกิจกุล (2557, หน้า 96 – 97) ได้ทำการพัฒนาชุดการเรียนประกอบการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าผลการพัฒนาชุดการเรียนประกอบการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์เรื่อง โดเมน และเรนจ์ของฟังก์ชัน โดยกำหนดการหาประสิทธิภาพของชุดการเรียนเป็น 2 แบบ คือประสิทธิภาพของชุดการเรียนแต่ละชุด โดยหาคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนในแต่ละชุดการเรียนกับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบย่อยประจำชุดการเรียนในแต่ละชุด และประสิทธิภาพโดยรวมของชุดการเรียน โดยหา

คะแนนรวมที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนทุกชุดการเรียน กับคะแนนรวมที่ได้จากการทำแบบทดสอบย่อยประจำชุดการเรียนทุกชุดการเรียน ปรากฏว่า ชุดการเรียนประกอบการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ เรื่อง โดเมน และเรนจ์ของฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ตามที่กำหนดไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดการเรียนประกอบการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์เรื่อง โดเมน และเรนจ์ของฟังก์ชัน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และพฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภายหลังได้รับการเรียนรู้ด้วยชุดการเรียนประกอบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ เรื่อง โดเมน และเรนจ์ของฟังก์ชัน ทั้ง 3 ช่วง พบว่าช่วงที่ 1 พฤติกรรมการทำงานกลุ่มอยู่ในระดับพอใช้ ($M = 0.95, SD = 0.57$) ช่วงที่ 2 พฤติกรรมการทำงานกลุ่มอยู่ในระดับดี ($M = 2.05, SD = 0.55$) และช่วงที่ 3 พฤติกรรมการทำงานกลุ่มอยู่ในระดับดีมาก ($M = 2.58, SD = 0.50$) ซึ่งเมื่อพิจารณาพฤติกรรมการทำงานกลุ่มแต่ละช่วง พบว่าจะมีค่าเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้น แสดงว่า พฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้น

ดารณี ศักดิ์แสนศิลป์ และคงรัฐ นวลแปง (2557, หน้า 229) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบร่วมมือเทคนิคการแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จารุวรรณ เยาว์จ้อย (2553) ได้ทำการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ชุดกิจกรรมปฏิบัติการร่วมกับการจัดการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) เรื่อง ความร้อน พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับคะแนนหลังการจัดการเรียนรู้ 2 สัปดาห์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนมีการพัฒนาผลสัมฤทธิ์รายชั้นอยู่ในระดับสูง (average normalized gain, $\langle\langle g \rangle\rangle$ เท่ากับ 0.72) และนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การใช้ชุดกิจกรรมปฏิบัติการสามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ และสร้างความคงทนทางการเรียนของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และสรุปองค์ความรู้ด้วยตนเอง

สิริรัศมี ผลขวัญ โชติกา (2554) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ ที่มีต่อมโนทัศน์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ชลกานต์ ชมภู (2559) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ ที่มีต่อมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องความน่าจะเป็นสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ มีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่องความน่าจะเป็นสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธัญญรัตน์ แก้วศรีงาม (2554) ได้ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องแสงและการมองเห็น และทักษะการแปลความหมายข้อมูล และลงข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสง และการมองเห็นหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องแสง และการมองเห็นสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ มีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูล และลงข้อสรุปหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ มีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูล และลงข้อสรุปสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิไลวรรณ โภษาแสง (2557) ได้ทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และความคงทนในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค

STAD กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค TAI พบว่าประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค STAD กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค TAI มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.70/80.11 และ 84.36/83.67 ตามลำดับซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 75/75 ดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค STAD กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค TAI มีค่าเท่ากับ 0.7227 และ 0.7745 ตามลำดับ แสดงว่านักเรียนที่เรียนโดยกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งสองรูปแบบมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 72.27 และ 77.45 ตามลำดับ และนักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค STAD กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค TAI มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และความคงทนในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ไม่แตกต่างกัน

7.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

Marshall, Horton, and Smart (2009, pp.501 - 516) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน และนำไปใช้ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้จะทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจแก่นของเนื้อหาได้เป็นอย่างดี โดยประกอบด้วยโครงสร้าง 3 ส่วน คือ 1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ (Inquiry instructional models) ส่วนที่ 2 การสะท้อนการรู้คิด (Metacognitive Reflection) และส่วนที่ 3 การประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Assessment)

Van Dat Tran (2013, pp. 5 - 9) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD และนักเรียนกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นจะเห็นว่าจัดการเรียนรู้แบบ STAD และจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สูงขึ้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

ประชากรคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเมืองกลาง อำเภอดงหลวง จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 5 ห้องเรียน รวมนักเรียน 160 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการทดลองครั้งนี้ได้จากความสมัครใจของประชากร จำนวน 32 คนซึ่งคิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนประชากรทั้งหมด สอดคล้องกับการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์ของบุญชม ศรีสะอาด (พรณี ลีกิจวัฒน์, 2553, หน้า 141) ที่กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่มีประชากรเป็นหลักร้อยละ (100 – 999) ไว้เป็นร้อยละ 15 – 30 ของจำนวนประชากร หลังจากรับสมัคร พบว่า กลุ่มตัวอย่าง 32 คน ประกอบด้วย นักเรียนกลุ่มเก่งจำนวน 9 คน นักเรียนกลุ่มปานกลางและอ่อนจำนวน 19 และ 4 คนตามลำดับ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบคู่ขนาน เรื่อง รากของจำนวนจริง

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 6 หน่วยการเรียนรู้ คิดเป็น 14 ชั่วโมง ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นตามขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้ (เวชฤทธิ์ อังกะภักทรขจร, 2555, หน้า 36 – 37, เกริก ท่วมกลาง และจินตนา ท่วมกลาง, 2555, หน้า 259 - 272)

1. วิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา โครงสร้างรายวิชา คณิตศาสตร์ 4 (ค22102) ของโรงเรียนเมืองกลาง และหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง รากของจำนวนจริง
2. วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง เรื่อง รากของจำนวนจริง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อนำมากำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังนี้

ตารางที่ 3-1 มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

| ระดับชั้น | ตัวชี้วัด | สาระการเรียนรู้แกนกลาง |
|-----------|---|------------------------------------|
| ม.2 | 3. อธิบาย และระบุรากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง | รากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง |

ตารางที่ 3-2 มาตรฐาน ค1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

| ระดับชั้น | ตัวชี้วัด | สาระการเรียนรู้แกนกลาง |
|-----------|--|---|
| ม.2 | 1. หารากที่สองและรากที่สามของจำนวนเต็มโดยการแยกตัวประกอบ และนำไปใช้ในการแก้ปัญหารวมทั้งตระหนักถึง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ | การหารากที่สองและรากที่สามของจำนวนเต็มโดยการแยกตัวประกอบ และนำไปใช้ |

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

| ระดับชั้น | ตัวชี้วัด | สาระการเรียนรู้แกนกลาง |
|-----------|--|------------------------------------|
| | 2. อธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการหารากที่สอง และรากที่สามของจำนวนเต็ม | รากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง |

ตารางที่ 3-3 มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา

| ระดับชั้น | ตัวชี้วัด | สาระการเรียนรู้แกนกลาง |
|-----------|--|---|
| ม.2 | 1. หาค่าประมาณของรากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง และนำไปใช้ในการแก้ปัญหาพร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ | รากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง และการนำไปใช้ |

3. วิเคราะห์เนื้อหา สาระสำคัญ กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนคาบเรียน
ดังตารางที่ 3 – 4

ตารางที่ 3 – 4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ เนื้อหา สาระสำคัญ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวนชั่วโมง

| หน่วยการเรียนรู้ที่ | เนื้อหา | สาระสำคัญ | ตัวชี้วัด | จุดประสงค์ | จำนวนชั่วโมง |
|---------------------|--------------------------------------|--|---|---|--------------|
| 1 | รากที่สอง | ให้ a แทนจำนวนจริงบวกใด ๆ หรือ ศูนย์ รากที่สองของ a คือ จำนวนที่ยกกำลังสองแล้วได้ a ถ้า a เป็นจำนวนจริงบวก รากที่สองของ a มีสองราก คือ รากที่สองที่เป็นบวกซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ \sqrt{a} และรากที่สองที่เป็นลบ ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ $-\sqrt{a}$ ถ้า $a = 0$ รากที่สองของ a คือ 0 | ค 1.1 ม.2/3 อธิบาย และระบุรากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง | 1. อธิบายความหมายของรากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือ ศูนย์ได้ | 2 |
| 2 | การหารากที่สองโดยวิธีการแยกตัวประกอบ | การหารากที่สองของจำนวนใด ๆ โดยวิธีการแยกตัวประกอบทำได้โดยเขียนจำนวนนั้นในรูปการคูณของตัวประกอบเฉพาะ จากนั้นหาจำนวนเฉพาะหรือผลคูณของจำนวนเฉพาะที่เป็นรากที่สองของจำนวนนั้น ๆ | ค 1.2 ม.2/1 หารากที่สองและรากที่สามของจำนวนเต็ม โดยการแยกตัวประกอบ และนำไปใช้ในการแก้ปัญหาพร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ | 1. หารากที่สองของจำนวนเต็ม โดยการแยกตัวประกอบ 2. เชื่อมโยงความรู้เรื่องการหารากที่สองของจำนวนเต็มกับการแยกตัวประกอบของจำนวนเต็มได้ | 2 |

ตารางที่ 3 – 4 (ต่อ)

| หน่วยการเรียนรู้ที่ | เนื้อหา | สาระสำคัญ | ตัวชี้วัด | จุดประสงค์ | จำนวนชั่วโมง |
|---------------------|-----------------------|---|--|---|--------------|
| 3 | การประมาณค่ารากที่สอง | การประมาณค่ารากที่สอง ทำได้โดย การประมาณค่า การเปิดตาราง และการใช้เครื่องคำนวณ | ค1.3 ม.2/1 หาค่าประมาณของรากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ | 1. หารากที่สองโดยการประมาณได้ 2. แก้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับรากที่สองโดยใช้การประมาณได้ | 3 |
| 4 | รากที่สามของจำนวนจริง | ให้ a แทนจำนวนจริงใด ๆ รากที่สามของ a คือ จำนวนจริงที่ยกกำลังสามแล้วได้ a เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\sqrt[3]{a}$ | ค 1.1 ม.2/3 อธิบาย และระบุรากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง ค 1.2 ม.2/1 หารากที่สอง และรากที่สามของจำนวนเต็ม โดยการแยกตัวประกอบ และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ ค 1.2 ม.2/2 อธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการหารากที่สอง และรากที่สาม | 1. นักเรียนระบุ หรือยกตัวอย่าง รากที่สาม ของจำนวนจริงที่เป็นจำนวนตรรกยะได้ 2. นักเรียนสามารถหารากที่สามของจำนวนจริงได้โดยการแยกตัวประกอบได้ 3. แก้ปัญหาเกี่ยวกับการหารากที่สามของจำนวนจริงได้ | 2 |

ตารางที่ 3 – 4 (ต่อ)

| หน่วยการเรียนรู้ที่ | เนื้อหา | สาระสำคัญ | ตัวชี้วัด | จุดประสงค์ | จำนวนชั่วโมง |
|---------------------|--|---|---|--|--------------|
| | | | ของจำนวนเต็ม เศษส่วน และทศนิยม บอกความสัมพันธ์ของการยกกำลังกับการหารากของจำนวนจริง | | |
| 5 | การประมาณค่ารากที่สาม การประมาณค่ารากที่สาม | การประมาณค่ารากที่สาม ทำได้โดย การประมาณค่า การเปิดตาราง และการใช้เครื่องคำนวณ | ค 1.3 ม.2/1 หาค่าประมาณของรากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ | 1. หารากที่สามโดยการประมาณได้ | 3 |
| 6 | การหารากของจำนวนจริง | รากที่ n ของ a คือ จำนวนจริงที่ยกกำลัง n แล้วได้ a | ค 1.2 ม.2/2 อธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการหารากที่สอง และรากที่สามของจำนวนเต็ม เศษส่วน และทศนิยม บอกความสัมพันธ์ของการยกกำลังกับการหารากของจำนวนจริง | 1. บอกความสัมพันธ์ของการยกกำลังกับการหารากของจำนวนจริง | 2 |
| | | | | รวม 6 หน่วยการเรียนรู้ | 14 |

4. ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD และการจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ เพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง

5. กำหนดชิ้นงาน สื่อ และแหล่งการเรียนรู้ โดยคัดเลือกสื่อ แหล่งเรียนรู้ และกระบวนการวัด และประเมินผลที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$

6. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 6 หน่วยการเรียนรู้

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเรียบร้อยแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อขอคำแนะนำและจัดการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ โดยนำแผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบในส่วนที่เกี่ยวข้องกับส่วนหัวของแผน มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัด และประเมินผล

8. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย

8.1 อาจารย์ ดร. คมสันต์ ตรีไพบูลย์ อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ สาขาคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

8.2 อาจารย์ ดร.สุกัญญา หะยีสวและ อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ สาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

8.3 คุณครูถนอมเกียรติ งานสกุล ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสตรีภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

8.4 คุณครูอรุณา อัญโย เนียมนาค ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเมืองกลาง จังหวัดภูเก็ต

8.5 คุณครูสุภัค สังข์รักษ์ ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเมืองกลาง จังหวัดภูเก็ต

เพื่อประเมินตรวจสอบความถูกต้อง เกี่ยวกับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดผลประเมินผล ตามแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scales) ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

5 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำค่าเฉลี่ยมาแปลความหมายโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการแปลความหมาย (เกริก ท่วมกลาง และจินตนา ท่วมกลาง, 2555, หน้า 269) ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.51 – 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

โดยเฉลี่ยระดับความเหมาะสม มีค่าตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง รากของจำนวนจริง โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ จำนวน 6 หน่วยการเรียนรู้ ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็น คือ 4.48 (ดังภาคผนวก ค) ถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมเป็นไปตามเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้

9. นำแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง รากของจำนวนจริง มาปรับปรุง แก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้องอีกครั้งก่อนนำไปทดลองใช้

10. นำแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง รากของจำนวนจริง ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ซึ่งยังไม่ผ่านการเรียนเรื่อง รากของจำนวนจริง โดยการทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-One Testing) กับนักเรียนจำนวน 3 คน 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน จากการทดลองแบบหนึ่งพบว่า นักเรียนเข้าใจคำชี้แจงของใบกิจกรรม และใบงานทุกฉบับ หลังจากนั้นทำการทดลองแบบกลุ่มเล็ก (Small-Group Testing) กับนักเรียนจำนวน 9 คน 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน จากการทดลองแบบกลุ่มเล็กพบว่า นักเรียนสามารถทำใบงาน และใบกิจกรรมได้ทันเวลาที่กำหนด และทดลองภาคสนามแบบกลุ่มเล็ก (Field Testing) กับนักเรียนจำนวน 30 คน จากการทดลองแบบกลุ่มเล็กพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นสร้างความสนใจยึดเหนี่ยวมาก และไม่สามารถควบคุมพฤติกรรมนักเรียนได้ดีนักในช่วงแรก ผู้วิจัยจึงแก้ไขโดยการสร้างกติกาในชั้นเรียนในช่วงถัดมา

11. นำแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง รากของจำนวนจริง ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2

ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนเมืองกลาง เพื่อหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามเกณฑ์ 70/ 70 ต่อไป

3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง จำนวน 2 ฉบับคือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน โดยมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1. วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง เรื่อง รากของจำนวนจริง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อนำมากำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้
2. วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการให้เกิดในแต่ละเนื้อหา ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3 – 5

ตารางที่ 3 – 5 วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการให้เกิดในแต่ละเนื้อหา

| เนื้อหา | จุดประสงค์การเรียนรู้ |
|---|--|
| | นักเรียนสามารถ |
| 1. รากที่สอง | <ol style="list-style-type: none"> 1. อธิบายความหมายของรากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือ ศูนย์ได้ 2. อธิบายความสัมพันธ์ของการยกกำลังสอง และการหารากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือ ศูนย์ได้ |
| 2. การหารากที่สองโดยวิธีการแยกตัวประกอบ | <ol style="list-style-type: none"> 3. หารากที่สองของจำนวนเต็ม โดยการแยกตัวประกอบ 4. เชื่อมโยงความรู้เรื่องการหารากที่สองของจำนวนเต็ม โดยการแยกตัวประกอบกับการแก้ปัญหาได้ 5. ให้เหตุผล เกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้นจากการหารากที่สองของจำนวนจริง |
| 3. การประมาณค่ารากที่สอง | <ol style="list-style-type: none"> 6. หารากที่สองโดยการประมาณค่า การเปิดตาราง และการใช้เครื่องคำนวณ 7. เชื่อมโยงความรู้ความรู้จากการประมาณของรากที่สองในการแก้ปัญหาได้ |

ตารางที่ 3 – 5 (ต่อ)

| เนื้อหา | จุดประสงค์การเรียนรู้ |
|--------------------------|---|
| 4. รากที่สามของจำนวนจริง | 8. นักเรียนระบุ หรือยกตัวอย่างรากที่สาม ของจำนวนจริงที่เป็นจำนวนตรรกยะได้ 9. นักเรียนสามารถหารากที่สามของจำนวนจริงได้โดยการแยกตัวประกอบได้ 10. แก้ปัญหาเกี่ยวกับการหารากที่สามของจำนวนจริงได้ |
| 5. การประมาณค่ารากที่สาม | 11. หารากที่สาม โดยการประมาณ การเปิดตาราง และการใช้เครื่องคำนวณได้ |
| 6. การหารากของจำนวนจริง | 12. บอกความสัมพันธ์ของ การยกกำลังกับการหารากของจำนวนจริง |

3. วิเคราะห์ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัดในเรื่อง รากของจำนวนจริง โดยเป็นพฤติกรรมระดับความรู้/ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3 – 6

ตารางที่ 3 – 6 วิเคราะห์ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัดในเรื่อง รากของจำนวนจริง เกี่ยวกับเนื้อหา
จุดประสงค์ ระดับพฤติกรรม

| เนื้อหา | จุดประสงค์การเรียนรู้ | ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด | | | | รวม |
|----------------|---|----------------------------|----------------|----------------|------------------|------|
| | | ความรู้/ ความจำ | ความ เข้าใจ | การ นำไปใช้ | การ วิเคราะห์ | |
| นักเรียนสามารถ | | | | | | |
| 1. รากที่สอง | 1. อธิบายความหมายของรากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้ | 2(1) | | | | 2(1) |
| | 2. อธิบายความสัมพันธ์ของการยกกำลังสอง | | 2(1) | | | 2(1) |

ตารางที่ 3 – 6 (ต่อ)

| เนื้อหา | จุดประสงค์การเรียนรู้ | ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด | | | | รวม |
|---|---|----------------------------|----------------|----------------|------------------|------|
| | | ความรู้/ ความจำ | ความ เข้าใจ | การ นำไปใช้ | การ วิเคราะห์ | |
| | นักเรียนสามารถ และการหารากที่สอง ของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้ | | | | | |
| 2. การหาราก ที่สองโดย วิธีการแยกตัว ประกอบ | 3. หารากที่สองของ จำนวนเต็ม โดยการ แยกตัวประกอบ | 4(2) | | | | 4(2) |
| | 4. เชื่อมโยงความรู้เรื่อง การหารากที่สองของ จำนวนเต็ม โดยการ แยกตัวประกอบกับการ แก้ปัญหาได้ | | | 4(2) | | 4(2) |
| | 5. ให้เหตุผล เกี่ยวกับผล ที่เกิดขึ้นจากการหารากที่ สองของจำนวนจริง | | | | 4(2) | 4(2) |
| 3. การ ประมาณค่า รากที่สอง | 6. หารากที่สองโดยการ ประมาณค่า การเปิด ตาราง และการใช้เครื่อง คำนวณ | 2(1) | | | | 2(1) |
| | 7. เชื่อมโยงความรู้ ความรู้จากการประมาณ ของรากที่สองในการ แก้ปัญหาได้ | | | 4(2) | | 4(2) |

ตารางที่ 3 – 6 (ต่อ)

| เนื้อหา | จุดประสงค์การเรียนรู้ | ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด | | | | รวม |
|----------------------------------|--|----------------------------|----------------|----------------|------------------|--------|
| | | ความรู้/ ความจำ | ความ เข้าใจ | การ นำไปใช้ | การ วิเคราะห์ | |
| นักเรียนสามารถ | | | | | | |
| 4. รากที่สาม ของจำนวน จริง | 8. นักเรียนระบุ หรือ ยกตัวอย่างรากที่สาม ของจำนวนจริงที่เป็น จำนวนตรรกยะได้ | | 4(2) | | | 4(2) |
| | 9. นักเรียนสามารถหา รากที่สามของจำนวน จริงได้โดยการแยกตัว ประกอบได้ | | 4(2) | | | 4(2) |
| | 10. แก้ปัญหาเกี่ยวกับ การหารากที่สามของ จำนวนจริงได้ | | | 4(2) | | 4(2) |
| 5. การ ประมาณค่า รากที่สาม | 11. หารากที่สาม โดย การประมาณ การเปิด ตาราง และการใช้เครื่อง คำนวณได้ | | 4(2) | | | 4(2) |
| 6. การหาราก ของจำนวน จริง | 12. บอกความสัมพันธ์ ของ การยกกำลังกับการ หารากของ จำนวนจริง | | | | 2(1) | 2(1) |
| รวม | | 2(1) | 20(10) | 12(6) | 6(3) | 40(20) |

4. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ให้สอดคล้องกับตารางที่ 3 – 6 เพื่อคัดเลือกไว้ใช้จริง 20 ข้อ

5. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง รากของจำนวนจริงเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาหาข้อบกพร่อง

6. แก้ไขตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แนะนำ

7. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางคณิตศาสตร์ พร้อมแบบประเมินที่ปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม เพื่อพิจารณาตัดสินว่า ข้อสอบแต่ละข้อสอดคล้องกับเนื้อหา และจุดประสงค์ การเรียนรู้หรือไม่ แล้วนำมาหาค่า IOC (ถ้าได้ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.50 – 1.00 ข้อสอบข้อนั้นใช้ได้) โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

จากผลการประเมินค่า IOC ของแบบทดสอบของผู้เชี่ยวชาญพบว่า มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.40 – 1.00 (รายละเอียดดังภาคผนวก ก) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอ ดังนี้

7.1 ปรับปรุงการใช้ภาษาในการตั้งข้อคำถาม ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ดังตารางที่ 3 – 7

ตารางที่ 3 – 7 ปรับปรุงการใช้ภาษาในการตั้งข้อคำถาม

| ข้อคำถามเดิม | แก้ไขเป็น |
|--|---|
| ข้อใดผิด | ข้อใดไม่ถูกต้อง |
| ประมาณ $\sqrt{30}$ เป็นจำนวนเต็มได้ตรงกับข้อใด | ค่าประมาณของ $\sqrt{30}$ เป็นจำนวนเต็มได้ตรงกับข้อใด |
| ถ้า n และ m เป็นจำนวนจริง ที่ $n^2 = 5,929$ และ $m^2 = 10,000$ แล้ว $m - n$ มีค่าตรงกับข้อใด | ถ้า n และ m เป็นจำนวนจริงบวก ที่ $n^2 = 5,929$ และ $m^2 = 10,000$ แล้ว $m - n$ มีค่าตรงกับข้อใด |

7.2 ปรับปรุงรูปแบบของข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญดังตารางที่ 3 – 8

ตารางที่ 3 – 8 ปรับปรุงรูปแบบของข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์

| ข้อคำถามเดิม | แก้ไขเป็น |
|--------------------------------------|--|
| ข้อใดเรียงลำดับจำนวนจากน้อยไปหามาก | พิจารณาการหารากที่สองของจำนวนต่อไปนี้ |
| ก. $-0.6, \sqrt{0.36}, 0.36$ | ข้อ (1) $\sqrt{169} = 17$ |
| ข. $-0.6, 0.36, \sqrt{0.36}$ | ข้อ (2) $\sqrt{289} = 23$ |
| ค. $-0.36, -\sqrt{0.36}, 0.6$ | ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง |
| ง. $-\sqrt{0.36}, \sqrt{0.36}, 0.36$ | ก. ทั้งข้อ (1) และข้อ (2) เป็นจริง |
| | ข. ทั้งข้อ (1) และข้อ (2) เป็นเท็จ |
| | ค. ข้อ (1) เป็นจริง แต่ ข้อ (2) เป็นเท็จ |
| | ง. ข้อ (1) เป็นเท็จ แต่ ข้อ (2) เป็นจริง |

8. นำแบบทดสอบที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านแล้วมาพิมพ์เป็นแบบทดสอบแล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มเดียวกันกับที่ทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อนำผลการทดลองมาหาคุณภาพของข้อสอบ

9. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ มาตรวจสอบให้คะแนน โดยให้คะแนนสำหรับข้อที่ตอบถูก 1 คะแนน และให้ 0 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบเกิน 1 คำตอบในข้อเดียวกัน แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบ โดยใช้การแบ่งกลุ่มสูงกลุ่มต่ำ เป็น 50% และ 50% หลังจากนั้นคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 – 1.00 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556, หน้า 224 – 226) ซึ่งจากการวิเคราะห์คะแนนสอบของนักเรียนจำนวน 30 คน ปรากฏว่า มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 35 ข้อ

10. ดำเนินการคัดเลือกแบบทดสอบจำนวน 20 ข้อ ที่มีค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งแบบทดสอบที่คัดเลือกมีค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.33 – 0.77 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 – 0.47

11. นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบโดยใช้วิธีของ คูเดอร์ – ริชาร์ดสัน ($KR - 20$) ซึ่งควรมีค่ามากกว่า 0.7 (ไพศาล วรคำ, 2555, หน้า 291) จากการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นพบว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง เป็น 0.975 เป็นไปตามเกณฑ์ที่เหมาะสม

12. จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง จำนวน 20 ข้อเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 แบบแผนการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการโดยใช้แบบแผนการทดลองแบบศึกษากลุ่มเดียวมีการวัดก่อน และหลัง (One – Group Pretest – Posttest Design) (พิศณุ พองศรี, 2552, หน้า 131) ดังตารางที่ 3 – 9

ตารางที่ 3 – 9 แบบแผนการทดลอง

| ทดสอบก่อน | ให้สิ่งที่ทดลอง | ทดสอบหลังเรียน |
|-----------|-----------------|----------------|
| O_1 | X | O_2 |

O_1 หมายถึง การทดสอบก่อนจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

O_2 หมายถึง การทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

4.2 การดำเนินการทดลอง

1. การแบ่งกลุ่มนักเรียน

1.1 ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนเมืองกลาง ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง และคะแนนจากแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อหาคะแนนการจัดแบ่งกลุ่มนักเรียน จากนั้นเรียงอันดับคะแนนจากสูงสุดไปหาต่ำสุด (รายละเอียดดังภาคผนวก ก)

1.2 จัดแบ่งกลุ่มนักเรียน ให้สมาชิกในกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนที่มีความสามารถ เก่ง ปานกลาง และอ่อน คิดเป็นอัตราส่วน 1: 2: 1 สำหรับกลุ่มที่มีจำนวนสมาชิก 4 คน และอัตราส่วนเป็น 1: 2: 2 สำหรับกลุ่มที่มีจำนวนสมาชิก 5 คน ซึ่งพิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

และคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้หลักการจัดกลุ่มของ วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์ (2551, อ้างถึงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 105 – 106) ดังตารางที่ 3 – 10

ตารางที่ 3 – 10 การจัดแบ่งกลุ่มนักเรียน ตามลำดับคะแนนสูงสุดไปหาค่ำสุด

| ระดับความสามารถ | กลุ่มที่ | | | | | | | |
|-----------------|----------|------|----|------|----|------|------|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| เก่ง | 53 | 50.5 | 50 | 48 | 48 | 47.5 | 47 | 46 |
| ปานกลาง | 41 | 41 | 41 | 41.5 | 44 | 45 | 45.5 | 46 |
| ปานกลาง | 40.5 | 40 | 40 | 39 | 39 | 37.5 | 37 | 36 |
| อ่อน | 27.5 | 29 | 32 | 33 | 35 | 35 | 36 | 36 |

หมายเหตุ นักเรียนคนที่ 8 และ 9 ได้คะแนน 46 คะแนนเท่ากันซึ่งตัดเป็นกลุ่มเก่ง และกลุ่มปานกลางพอดี ผู้วิจัยจึงใช้คะแนนเก็บของนักเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์ 4 มาตัดสิน สำหรับนักเรียนคนที่ 24 และ 25 จะดำเนินการในทำนองเดียวกัน

2. การดำเนินการทดลอง

2.1 ทำการทดสอบก่อนใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 20 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ฌบปีที่ 1 (ฌบปีที่ 1)

2.2 ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในชั่วโมงลดเวลาเรียน เพิ่มเวลารู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2.3 ทำการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ฌบปีที่ 2 จำนวน 20 ข้อ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนที่ได้จากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และได้จากการวัดจากแบบทดสอบย่อย

3.2 หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามสูตร E_1/E_2

3.3 หาค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามสูตรการหาค่าดัชนีประสิทธิผล

3.4 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนกับเกณฑ์ (ร้อยละ 70) ด้วย One Sample t – test

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ร้อยละ ใช้สูตรดังนี้

$$P = \frac{f}{n} \times 100$$

| | | | |
|-------|-----|-----|---|
| เมื่อ | P | แทน | ร้อยละ |
| | f | แทน | ความถี่ที่ต้องการเปลี่ยนแปลงให้เป็นร้อยละ |
| | n | แทน | จำนวนความถี่ทั้งหมด |

2. ค่าเฉลี่ย ใช้สูตรดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

| | | | |
|-------|-----------|-----|--------------------|
| เมื่อ | \bar{X} | แทน | ค่าเฉลี่ย |
| | x_i | แทน | ข้อมูลลำดับที่ i |
| | n | แทน | จำนวนข้อมูลทั้งหมด |

3. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้สูตรดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}}$$

| | | | |
|-------|--------|-----|------------------------------|
| เมื่อ | $S.D.$ | แทน | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| | x_i | แทน | ข้อมูลลำดับที่ i |
| | n | แทน | จำนวนข้อมูล หรือขนาดตัวอย่าง |

5.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

1. ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (พิสนุ พงศ์ศรี, 2552, หน้า 179)

$$IOC = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
 R_i แทน คะแนนความสอดคล้องตามการพิจารณาของ
 ผู้เชี่ยวชาญคนที่ i
 n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2. ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบปรนัย อย่างง่าย สามารถคำนวณได้จากสูตรของ
 จอห์นสัน (Johnson, 1951 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสิ, 2556, หน้า 225)

$$r = \frac{R_H - R_L}{N_H \text{ or } N_L}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
 R_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
 R_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
 N_H แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมดในกลุ่มสูง
 N_L แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

3. ค่าความยากง่ายของข้อสอบปรนัย สามารถคำนวณได้จากสูตรของ เคลลี (Kelly, 1939 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสิ, 2556, หน้า 225)

$$p = \frac{R_H + R_L}{N_H + N_L}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากง่ายของข้อสอบ
 R_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
 R_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
 N_H แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมดในกลุ่มสูง
 N_L แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

4. ค่าความเชื่อมั่น วิธีของ คูเดอร์ และริชาร์ดสัน (Kuder –Richardson, 1937, อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556, หน้า 73)

$$KR-20 = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k p_i q_i}{S_x^2} \right]$$

เมื่อ k แทน จำนวนข้อสอบ

p_i แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อที่ i

q_i แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อที่ i ($q_i = 1 - p_i$)

S_x^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม x

หมายเหตุ $p_i q_i$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ (item variance)

5. ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ (พิศณุ พองศรี, 2552, หน้า 185)

$$E_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{A} \times 100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

x_i แทน คะแนนที่วัดระหว่างเรียนของนักเรียนคนที่ i

A แทน คะแนนเต็มจากการวัดระหว่างเรียน

n แทน จำนวนนักเรียน

$$E_2 = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงคะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมดเป็นร้อยละ

f_i แทน คะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียนของนักเรียนคนที่ i

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

n แทน จำนวนนักเรียน

6. ดัชนีประสิทธิผล (E.I. : Effectiveness Index) ตามแนวคิดของ Hofland (อ้างถึงใน พิศณุ พองศรี, 2552, หน้า 186-187)

$$\text{ดัชนีประสิทธิผลรายกลุ่ม} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน} - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}$$

$$\text{ดัชนีประสิทธิผลรายบุคคล} = \frac{\text{คะแนนหลังเรียน} - \text{คะแนนก่อนเรียน}}{\text{คะแนนเต็ม} - \text{คะแนนก่อนเรียน}}$$

5.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ One Sample t – test (รวิวรรณ พันธุ์พานิช, 2545, หน้า 179 – 184)

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

เมื่อ \bar{x} แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบที่นักเรียนทำได้

μ_0 แทน ค่าเฉลี่ยเกณฑ์ที่ตั้งได้ 70%

s แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสอบ

n แทน จำนวนนักเรียนที่เข้าสอบ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้นำเสนอผลคะแนน โดยเรียงลำดับตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E×2 เรื่อง รากของจำนวนจริงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E×2

ตอนที่ 1 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E×2 เรื่อง รากของจำนวนจริงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตารางที่ 4 – 1 แสดงผลคะแนนการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน คะแนนแต่ละหน่วยการเรียนรู้ การวิเคราะห์ *E.I.* รายบุคคล และรายกลุ่ม ตลอดจนค่า E_1/E_2 ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E×2 เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตารางที่ 4-1 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E×2 เรื่อง รากของจำนวนจริงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

| คนที่ | คะแนน | | | | | | | | <i>E.I.</i> รายบุคคล |
|-------|-------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|-------------------------|
| | ก่อนเรียน (20) | หน่วยการเรียนรู้ที่ | | | | | | หลังเรียน (20) | |
| | | 1(10) | 2(10) | 3(10) | 4(10) | 5(10) | 6(10) | | |
| 1 | 1 | 10 | 8.5 | 8 | 8 | 7 | 7 | 17 | 0.84 |
| 2 | 0 | 10 | 8 | 7 | 6 | 6 | 8 | 18 | 0.90 |
| 3 | 0 | 8 | 9 | 9 | 7 | 6 | 7 | 15 | 0.75 |
| 4 | 0 | 6 | 6 | 8 | 6 | 7 | 6 | 12 | 0.60 |
| 5 | 1 | 10 | 5 | 8 | 6 | 7 | 8 | 17 | 0.84 |
| 6 | 1 | 8 | 8 | 10 | 7 | 5 | 7 | 16 | 0.79 |

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

| คนที่ | คะแนน | | | | | | | | E.I. รายบุคคล |
|-------|-----------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|------------------|
| | ก่อนเรียน | หน่วยการเรียนรู้ที่ | | | | | | หลังเรียน | |
| | | (20) | 1(10) | 2(10) | 3(10) | 4(10) | 5(10) |  |  | 6(10) | (20) |
| 7 | 2 | 7 | 7 | 6 | 10 | 8 | 5 | 15 | 0.72 |
| 8 | 1 | 6 | 8 | 9 | 8 | 7 | 7 | 13 | 0.63 |
| 9 | 0 | 6 | 5 | 7 | 4 | 3 | 6 | 11 | 0.55 |
| 10 | 1 | 10 | 9 | 9 | 10 | 9 | 7 | 18 | 0.89 |
| 11 | 1 | 8 | 5 | 7 | 4 | 7 | 6 | 11 | 0.53 |
| 12 | 2 | 8 | 9 | 8 | 8 | 7 | 7 | 19 | 0.94 |
| 13 | 1 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 7 | 15 | 0.74 |
| 14 | 2 | 10 | 7 | 8 | 8 | 8 | 6 | 16 | 0.78 |
| 15 | 0 | 6 | 7 | 6 | 7 | 4 | 5 | 11 | 0.55 |
| 16 | 1 | 6 | 5 | 4 | 4 | 6 | 4 | 10 | 0.47 |
| 17 | 2 | 8 | 7 | 9 | 6 | 6 | 8 | 16 | 0.78 |
| 18 | 1 | 6 | 7 | 8 | 6 | 4 | 5 | 10 | 0.47 |
| 19 | 2 | 8 | 9 | 9 | 7 | 6 | 7 | 17 | 0.83 |
| 20 | 3 | 10 | 8 | 8 | 6 | 7 | 9 | 15 | 0.71 |
| 21 | 3 | 10 | 9 | 10 | 6 | 9 | 7 | 14 | 0.65 |
| 22 | 3 | 8 | 7 | 8 | 8 | 9 | 8 | 15 | 0.71 |
| 23 | 3 | 6 | 4 | 10 | 7 | 5 | 6 | 13 | 0.59 |
| 24 | 3 | 6 | 7 | 9 | 6 | 4 | 6 | 12 | 0.53 |
| 25 | 2 | 8 | 8 | 7 | 8 | 6 | 7 | 16 | 0.78 |
| 26 | 2 | 8 | 4 | 8 | 6 | 8 | 7 | 12 | 0.50 |
| 27 | 1 | 4 | 5 | 4 | 8 | 6 | 7 | 11 | 0.58 |
| 28 | 2 | 6 | 6 | 8 | 7 | 6 | 8 | 12 | 0.56 |
| 29 | 2 | 10 | 7 | 9 | 8 | 7 | 10 | 16 | 0.78 |
| 30 | 3 | 10 | 7 | 8 | 7 | 7 | 6 | 14 | 0.65 |
| 31 | 1 | 10 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 1.00 |

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

| คนที่ | คะแนน | | | | | | | E.I. รายบุคคล | |
|-----------|-------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------------------|
| | ก่อนเรียน (20) | หน่วยการเรียนรู้ที่ | | | | | | | |
| | | 1(10) | 2(10) | 3(10) | 4(10) | 5(10) | 6(10) | | หลังเรียน (20) |
| 32 | 1 | 8 | 7 | 10 | 8 | 7 | 7 | 16 | 0.79 |
| รวม | 48 | 251 | 224.5 | 257 | 225 | 213 | 221 | 463 | |
| เฉลี่ย | 1.5 | 7.84 | 7.02 | 8.03 | 7.03 | 6.66 | 6.91 | 14.47 | |
| ส่วน | | | | | | | | | |
| เบี่ยงเบน | 0.98 | 1.76 | 1.52 | 1.51 | 1.53 | 1.64 | 1.33 | 2.71 | |
| มาตรฐาน | | | | | | | | | |
| E_1 | | | | | | | | | 72.47 |
| E_2 | | | | | | | | | 72.34 |
| E.I. | | | | | | | | | 0.7010 |
| รายกลุ่ม | | | | | | | | | |

จากตารางที่ 4 – 1 พบว่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้แก่ ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ซึ่งได้จากผลการประเมินใบงาน และการสอบย่อยเป็น 72.47 นั่นคือการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพของกระบวนการสูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 70) ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ซึ่งได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนทั้งหมดเป็น 72.34 นั่นคือการจัดการเรียนรู้มีคะแนนร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 70) และดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.7010 แสดงให้เห็นว่าหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความก้าวหน้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 70.10 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2

ตอนที่ 2 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังเรียนกับเกณฑ์ด้วย One Sample t - test ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 – 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังเรียนกับเกณฑ์ (ร้อยละ 70)

| กลุ่มตัวอย่าง | <i>n</i> | คะแนน เต็ม | \bar{X} | <i>S.D.</i> | ร้อยละ | <i>t</i> | <i>p</i> - value (One tail) |
|---|----------|---------------|-----------|-------------|--------|----------|--------------------------------------|
| ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์ หลังเรียน | 32 | 20 | 14.469 | 2.712 | 72.35 | 0.98* | 0.168 |

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 4 – 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่องรากของจำนวนจริง มีค่าเท่ากับ 14.469 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 72.35 เมื่อทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า *p* - value (One tail) เป็น 0.168 ซึ่งมากกว่า 0.01 จึงสรุปได้ว่า คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่องรากของจำนวนจริง ไม่สูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 70) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

บทที่ 5

สรุปผล และอภิปรายผล

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ศึกษาโดยมีประชากรคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเมืองกลาง อำเภอดงหลวง จังหวัดสุพรรณบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 5 ห้องเรียน รวมนักเรียน 160 คน และมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 32 คนซึ่งได้มาจากความสมัครใจ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อ 1) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ให้มีประสิทธิภาพ 2) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการโดยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง จำนวน 6 หน่วยการเรียนรู้โดยมีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เป็น 4.48 และสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง ซึ่งเป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.33 – 0.77 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 – 0.47 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.975 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที (One Sample t – test)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพของกระบวนการต่อประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_1/E_2) เท่ากับ 72.47/72.34 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้
2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.7010
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ไม่สูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 70) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สามารถ อภิปรายผลการวิจัยได้ 2 ประเด็น ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ กล่าวคือ ประสิทธิภาพของกระบวนการต่อ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_1/E_2) เท่ากับ $72.47/72.34$ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และมีดัชนี ประสิทธิภาพ เท่ากับ 0.7010 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความก้าวหน้าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 70.10 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ซึ่งมีเหตุผลดังนี้

เนื่องจากการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้ผ่านการสร้างอย่างเป็นระบบโดยมีการวิเคราะห์ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD และ $4E \times 2$ แผนการจัดการเรียนรู้ได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง และประเมินจากผู้เชี่ยวชาญรวมถึงได้ดำเนินการทดลองใช้ตามกระบวนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นยังมีการใช้ภาษาที่เหมาะสมเนื้อหามีการเรียงลำดับจากง่าย ไปหายาก และมีการแก้ไขปรับปรุงให้เหมาะสม สอดคล้องกับการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ดีควรมีขั้นตอนการวิเคราะห์ คำอธิบายรายวิชา โครงสร้างรายวิชา หน่วยการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด เพื่อนำมากำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนชั่วโมง มีการศึกษา กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเลือกกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหา มีการกำหนด ชิ้นงาน สื่อ และแหล่งเรียนรู้พร้อมทั้งเลือกกระบวนการวัด และประเมินผลที่เหมาะสม หลังจาก สร้างแผนการจัดการเรียนรู้เรียบร้อยแล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญ ประเมินตรวจสอบความถูกต้องเกี่ยวกับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ และปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปทดลองใช้โดยการทดลองใช้ทั้ง 3 ขั้นตอน คือการทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-One Testing) กับนักเรียนจำนวน 3 คน จากการทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่งพบว่า นักเรียนเข้าใจคำชี้แจง ของใบกิจกรรม และใบงานทุกฉบับ หลังจากนั้นจึงทดลองแบบกลุ่มเล็ก (Small-Group Testing) กับนักเรียนจำนวน 9 คน จากการทดลองแบบกลุ่มเล็กพบว่า นักเรียนสามารถทำใบกิจกรรม และใบงานได้ทันตามเวลาที่กำหนด และการทดลองภาคสนามแบบกลุ่มเล็ก (Field Testing) กับนักเรียน จำนวน 30 คน ซึ่งประกอบไปด้วยนักเรียนกลุ่มอ่อน ปานกลาง และเก่ง เพื่อดูความเหมาะสม กิจกรรมการเรียนการสอน จากการทดลองภาคสนามกลุ่มเล็กพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใน ชั้นสร้างความสนใจยึดเหนี่ยวมาก และไม่สามารถควบคุมพฤติกรรมนักเรียนได้ดีนักในชั่วโมงแรก

ผู้วิจัยจึงแก้ไขโดยการสร้างกติกาในชั้นเรียนในช่วงต่อมา (เวชฤทธิ์ อังคะภักทรจจร, 2555, หน้า 36 – 37; เกริก ท่วมกลาง และจินตนา ท่วมกลาง, 2555, หน้า 259 – 272) จึงทำให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิไลวรรณ โภษาแสง (2557) ที่ได้ทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และความคงทนในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค STAD กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค TAI พบว่าประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค STAD กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค TAI มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.70/80.11 และ 84.36/83.67 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 75/75

จากการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ทำให้นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม นักเรียนมีโอกาสได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น แสดงความคิดเห็น มีการสร้างปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน กล่าวคือ กล่าวแสดงออก อีกทั้งยังส่งเสริมทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น การให้เหตุผล การเชื่อมโยง และการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด สอดคล้องกับสุภาภรณ์ พรรัตนกิจกุล (2557, หน้า 96 – 97) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STAD จะช่วยส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ ทักษะการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกัน และกัน กล่าวแสดงความเห็น ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีความรับผิดชอบ อีกทั้งยังส่งเสริมทักษะทางคณิตศาสตร์ ซึ่งส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ จะส่งเสริมให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ได้ด้วยตนเองจากใบกิจกรรมที่มีรูปแบบของกิจกรรมเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ทำให้นักเรียนเข้าใจได้ง่าย และเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง รวมถึงนักเรียนได้มีโอกาสนำเสนอหน้าชั้นเรียน ในชั้นอธิบาย และลงข้อสรุป ซึ่งเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในชั้นเรียน และหลังจากที่นักเรียนได้ข้อสรุปร่วมกันแล้ว นักเรียนได้ทำใบงานซึ่งเป็นการขยายความคิด เป็นการฝึกฝนจากข้อสรุปที่ได้ในข้างต้น จากการฝึกฝนนี้จะทำให้นักเรียนเข้าใจอย่างคงทน ถาวร ระหว่างการจัดการเรียนรู้นักเรียนจะได้ตอบคำถาม สะท้อนการรู้คิด และประเมินผลระหว่างเรียนอยู่เป็นระยะ เพื่อเป็นการย้ำความเข้าใจของนักเรียน และแก้ไขความเข้าใจผิดของนักเรียนได้ทันที ในทุก ๆ ชั้นของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สอดคล้องกับ Marshall, Horton, and Smart (2009, pp.501 – 516 อ้างถึงใน สิริรัศมี ผลขวัญโชติกา, 2554, หน้า 34 – 38) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบ $4E \times 2$ จะส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ กระตุ้นความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง เปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ใหม่มาผสมผสานกับความรู้เก่า นักเรียนจะ

มีการเรียนรู้ของตนเอง และใช้กลวิธีที่ช่วยให้การเรียนรู้มีความก้าวหน้า นักเรียนเกิดพัฒนาการนำเสนอสิ่งที่คิดได้อย่างถาวรมากขึ้น รวมถึงนักเรียนเกิดความตระหนักรู้เกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเอง สามารถติดตาม กำกับควบคุม ประเมินตนเอง และพิจารณาหาจุดบกพร่องเพื่อดำเนินการแก้ไขปรับปรุงต่อไป ซึ่งเมื่อผู้วิจัยจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แล้ว ทำให้นักเรียนเกิดความสุขสาน ทำท่ายต้นตัว และมีความพร้อมที่จะเรียนรู้ต่อไป ในขั้นสร้างความสนใจ นอกจากนี้นักเรียนจะได้ฝึกการยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่ม และได้สร้างปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในกลุ่ม ซึ่งอยู่ในขั้นการศึกษาความรู้เป็นกลุ่ม รวมถึงนักเรียนจะได้ฝึกการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงความรู้ในขั้นสำรวจ และค้นหา นอกจากนี้นักเรียนได้ฝึกทักษะการสื่อสาร และการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ในขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป ในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทุกขั้นตอนนักเรียนจะได้ทบทวนกระบวนการคิดของตนเอง จากการตอบคำถามสะท้อนการรู้คิด และรู้จุดบกพร่อง พร้อมทั้งหาแนวทางการแก้ไข ให้แก่สมาชิกในกลุ่ม จากการประเมินผลระหว่างเรียน เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ต้องมีการทดสอบรายบุคคลเป็นระยะ และนำคะแนนรายบุคคลมาคิดเป็นคะแนนรายกลุ่ม ดังนั้นนักเรียนในกลุ่มทุกคนจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก นักเรียนทุกคนจึงมีความพยายาม และไม่ย่อท้อต่อการทำกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถแก้ปัญหา นักเรียนที่ไม่ใส่ใจในชั้นเรียนได้เป็นอย่างดี และเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนต้องการพัฒนาศักยภาพของตนเองเพื่อไม่ให้เป็นจุดอ่อนของกลุ่ม ต่างจากการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไปที่ถึงแม้จะมีการจัดกลุ่ม แต่ถ้าไม่มีการทดสอบรายบุคคล นักเรียนจะไม่สามารถประเมินตนเอง และพัฒนาศักยภาพได้อย่างเต็มที่ อีกทั้งนักเรียนจะไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน และไม่มีโอกาสฝึกทักษะการให้เหตุผล ทักษะการเชื่อมโยง และทักษะการสื่อสาร การนำเสนอทางคณิตศาสตร์ได้อย่างบ่อยครั้ง ซึ่งทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์เหล่านี้ล้วนเป็นทักษะที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นทำให้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง รากของจำนวนจริง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็น 14.469 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 72.35 เมื่อเปรียบเทียบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนเมืองกลาง ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 56.8 จะเห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สูงขึ้นกว่าปีการศึกษาที่ผ่านมา สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Van Dat Tran (2013, pp. 5 – 9) ที่ได้ศึกษา

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับผลการวิจัยของนันทชัย นวลสอาด (2554) ที่สร้างชุดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติโดยใช้วิธีการเรียนแบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังใช้ชุดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติโดยใช้วิธีการเรียนแบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีผลการเรียนรู้ผ่านเกณฑ์เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 70 ขึ้นไปของจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ระดับนัยสำคัญ .01 และผลการวิจัยของชลกานต์ ชมภู (2559) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรม โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ ที่มีต่อมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดกิจกรรม โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องความน่าจะเป็นสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง ไม่สูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 70) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 ถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 72.35 แต่เมื่อนำคะแนนของนักเรียนทุกคนมาทดสอบด้วยสถิติค่าที่ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ไม่สูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 70) ที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก มีนักเรียนหลายคนที่ได้คะแนนหลังเรียนเกือบเต็ม (คะแนนเต็ม 20 คะแนน) ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ (14 คะแนน)ค่อนข้างมาก ในขณะที่มีนักเรียนส่วนหนึ่งที่ได้อะแนนไม่ถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้ จึงทำให้คะแนนเฉลี่ยออกมาสูง อีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ไม่สูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 70) คือ มีนักเรียนบางส่วนไม่ตั้งใจทำกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบทดสอบมากพอ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ นี้จัดในชั่วโมงลดเวลาเรียน เพิ่มเวลารู้ ซึ่งคะแนนในการวิจัยจะไม่มีผลต่อคะแนนในชั้นเรียนของนักเรียน จึงทำให้นักเรียนขาดแรงจูงใจ และความตั้งใจ รวมทั้งการตัดสินใจผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในโรงเรียนไม่ควรตัดสินจากการทดสอบด้วยแบบทดสอบประเภทปรนัย เพียงอย่างเดียว แต่ควรตัดสินใจผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทั้งจากการทดสอบด้วยแบบทดสอบประเภทปรนัย และแบบทดสอบประเภทอัตนัย เพราะแบบทดสอบประเภทอัตนัยนักเรียนสามารถเขียนทฤษฎี หรือความรู้ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาได้ก็สามารถทำให้ได้คะแนนบางส่วน ต่างจากแบบทดสอบประเภทปรนัยที่นักเรียนเลือกผิดแล้วจะไม่ได้คะแนนจากข้อนั้นทันที ทั้ง ๆ ที่นักเรียน

อาจมีความรู้ในเรื่องนั้น แต่ไม่สามารถหาคำตอบได้จึงทำให้ไม่ได้คะแนน รวมถึงควรวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการประเมินทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากภาระงานที่ได้รับมอบหมายในชั้นเรียน เช่น ทักษะการให้เหตุผล ทักษะการเชื่อมโยง และทักษะการสื่อสาร การนำเสนอทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะที่เกิดขึ้นจากการจัดการแบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ สอดคล้องกับ นันธิยา ไชยสะอาด (2557) ที่กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์คือ ความสามารถในการเรียนรู้ ความเข้าใจ และทักษะทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของแต่ละบุคคล ที่ประเมินได้จากการทำแบบทดสอบ หรือการทำงานที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ในการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ก่อนจัดการเรียนรู้ในชั่วโมงแรก ครูควรจัดกลุ่ม ระบุที่นั่ง แผนผังการจัดโต๊ะเรียนของนักเรียน รวมถึงแจ้งให้นักเรียนทราบเกี่ยวกับกติกา วิธีการปฏิบัติตน การช่วยเหลือซึ่งกัน และกัน ตลอดจนเกณฑ์ในการให้คะแนนเป็นรายกลุ่ม และรายบุคคลเพื่อสร้างความเข้าใจให้แก่นักเรียน และไม่เสียเวลาในการจัดการเรียนรู้ชั่วโมงแรก

1.2 ในชั้นสำรวจ และค้นคว้า นักเรียนที่เรียนเก่งอาจมีบทบาทคนเดียว ในขณะที่นักเรียนที่เรียนอ่อนยังไม่เข้าใจ และตามไม่ทัน ดังนั้นครูจำเป็นต้องเดินดูแต่ละกลุ่มอย่างทั่วถึง และคอยกระตุ้นเกี่ยวกับการได้คะแนนรายบุคคล และการได้คะแนนรายกลุ่มเพื่อให้นักเรียนที่เก่งได้ช่วยเหลือนักเรียนกลุ่มอ่อน

1.3 ในชั้นอธิบาย และลงข้อสรุปเป็นขั้นตอนที่ตัวแทนสมาชิกของกลุ่ม นำเสนอข้อสรุปจากการทำใบกิจกรรมร่วมกันภายในกลุ่ม ครูควรสรุปหลังจากตัวแทนกลุ่มออกนำเสนอหน้าชั้นเรียนทุกครั้ง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในสิ่งที่ถูกต้อง และเป็นการแก้ไขความเข้าใจผิดของนักเรียนในกลุ่มที่สรุปผิด

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

2.1 ควรมีการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยรูปแบบที่หลากหลาย ได้แก่ การวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบทดสอบประเภทปรนัย แบบทดสอบประเภทอัตนัย และการประเมินผลจากภาระงานที่ได้รับมอบหมายในชั้นเรียน โดยคำนวณคะแนนด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสม

2.2 ควรมีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ที่มีต่อตัวแปรอื่นๆ เช่น ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการเชื่อมโยง ความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ทำ

ให้นักเรียนเกิดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงความรู้ ในชั้นสำรวจ และค้นหา นอกจากนี้ นักเรียนได้ฝึกทักษะการสื่อสาร และการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ในชั้นอธิบาย และลงข้อสรุป

2.3 ควรทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์อื่น ๆ และควรพิจารณาความเหมาะสมของด้านเนื้อหาด้วย เนื่องจากเนื้อหาทางคณิตศาสตร์บางเรื่องอาจไม่เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้
คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ:
ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- เกริก ท่วมกลาง และจินตนา ท่วมกลาง. (2555). *การพัฒนาสื่อ/นวัตกรรมทางการศึกษาเพื่อเลื่อน
วิทยฐานะ*. กรุงเทพฯ: เอลโล่การพิมพ์(1998).
- ฉันท ชาติทอง. (2550). *การออกแบบการสอน และการบูรณาการ*. นครปฐม: เพชรเกษมการพิมพ์.
- จารุวรรณ เยาว์จ้อย. (2553). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ชุดกิจกรรมปฏิบัติการร่วมกับการ
จัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) เรื่องความร้อน*.
วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์,
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ชนาธิป พรกุล. (2554). *การสอนกระบวนการคิด ทฤษฎี และการนำไปใช้*. กรุงเทพฯ: วี. พรีเมี่ยม
(1991).
- ชลกานต์ ชมภู. (2559). *ผลของการจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ ที่มีต่อมโน
ทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์,
คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ชวาล แพร่ตกุล. (2552). *เทคนิคการวัดผล* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: วิทยุการปก.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2553). *การจัดการเรียนรู้แนวใหม่*. นนทบุรี: สหมิตรพรินติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2552). *80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. กรุงเทพฯ:
แดเน็กซ์ อินเทอร์เน็ตปอเรชั่น.
- ดวงกมล ลินเพ็ง. (2553). *การพัฒนาผู้เรียนสู่สังคมแห่งการเรียนรู้ การจัดการเรียนการสอนที่เน้น
ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: วี. พรีเมี่ยม (1991).
- ดารณี ศักดิ์แสนศิลป์ และคงรัฐ นวลแปง. (2557). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบร่วมมือ
เทคนิคการแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4*. *วารสารการศึกษา และการพัฒนาสังคม*, 10(2), 229.

- ดำเนิน ยาท่วม. (2548). ผลการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสอนอภิปัญญา และวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อน และความตระหนักรู้ปัญหา. ปรินญาการศึกษาคุณิ บัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทิสนา แจมมณี. (2554). ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี ประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์.
- ทิสนา แจมมณี. (2553). ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 13). กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์.
- ชัยรัตน์ แก้วศรีงาม. (2554). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ ที่มีต่อมโนทัศน์ เรื่องแสงและการมองเห็น และทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษา วิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นันทชัย นวลสะอาด. (2554). ชุดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติโดยใช้วิธีการ เรียนแบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินญาณิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นันทิยา ไชยสะอาด. (2557). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ทักษะการ เชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญาณิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ฝ่ายวิชาการ. (2559). เอกสารรายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โรงเรียนเมืองกลาง ปีการศึกษา 2559. ภูเก็ต: โรงเรียนเมืองกลาง.
- พรพิมล พรพิรชนม์. (2550). การจัดกระบวนการเรียนรู้. สงขลา: เทมการพิมพ์สงขลา.
- พรรณี ลีกิจวัฒน์. (2553). วิธีการวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: มิน เซอร์วิส ซ์พปลาย.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์ และสังคมศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษา และจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- พิชิต ฤทธิจรูญ. (2545). หลักการวัด และประเมินผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: แฮส ออฟ เคอร์มีสท์.

- พิมพ์พันธ์ เฉชะคุปต์ และพะเยาว์ ยินดีสุข. (2555). *สอนเขียนแผนบูรณาการบนฐานเด็กเป็นสำคัญ*.
กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์พันธ์ เฉชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนา
คุณภาพวิชาการ.
- พิสนุ ฟองศรี. (2552). *การประเมินทางการศึกษา แนวคิดสู่การปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: ด้านศรัทธา
การพิมพ์.
- ไพศาล วรรคำ. (2555). *การวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5)*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏ
มหาสารคาม.
- เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี. (2553). *การวัดผล และการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ (พิมพ์ครั้งที่ 9)*.
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รวีวรรณ พันธุ์พานิช. (2545). *เอกสารการสอนประกอบวิชาสถิติเพื่อการวิจัย*. กรุงเทพฯ :
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วัชรรา เล่าเรียนดี. (2554). *รูปแบบ และกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิด
(พิมพ์ครั้งที่ 7)*. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2542). *แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ:
เลิฟแอนด์เลิฟเพรส.
- วิไลวรรณ โกษาแสง (2557). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถด้านการคิด
วิเคราะห์ และความคงทนในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค
STAD กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค TAI*. ปรียญญาติพันธ์
การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตร และการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัย
มหาสารคาม.
- เวชฤทธิ์ อังกะนัทรขจร. (2555). *ครบเครื่องเรื่องความรู้สำหรับครูคณิตศาสตร์: หลักสูตร การสอน
และการวิจัย*. กรุงเทพฯ: จรัสสินทวงศ์สินทวงศ์การพิมพ์.
- เวชฤทธิ์ อังกะนัทรขจร. (2558). *การสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนการสอน
คณิตศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ศศิธร เวียงวะลัย. (2556). *การจัดการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พรีนติ้งเฮาส์.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (พิมพ์ครั้งที่ 7)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ องค์กรมหาชน. (2559). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (O-net) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. กรุงเทพฯ: สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ องค์กรมหาชน.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). การวัด และประเมินผลคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). สรุปผลการวิจัย PISA 2015 (ฉบับแก้ไข). กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สมศักดิ์ ภู่วิภาดารวรงค์. (2554). หลักการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียน และการประเมินตามสภาพจริง. กรุงเทพฯ: ดวงกมลพลับบิขซึ่ง.
- สาโรช โศภีรักษ์. (2546). นวัตกรรมการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: บิ๊ก พอยท์.
- สิริรัสมิ์ ผลขวัญโชติกา. (2554). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน $4E \times 2$ ที่มีต่อมโนทัศน์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุคนธ์ สินธพานนท์, พงษ์จันทร์ สุขยิ่ง, จินตนา วีระเกียรติสุนทร และพิวัสสานภรณ์. (2554). วิธีสอนตามแนวปฏิรูปการศึกษาเพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพรินติ้ง.
- สุภาพรณ์ พรรัตนกิจกุล. (2557). การพัฒนาชุดการเรียนรู้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยาการวิจัยและวิทยาการปริญา, 12(2), 96 – 97.
- สุวัฒนา อุทัยรัตน์. (2546). วิธี และเทคนิคการสอนคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2546). 19 วิธีจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้ และทักษะ (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- สุวิทย์ หิรัณยกานนท์. (2540). พจนานุกรมศัพท์การศึกษา. กรุงเทพฯ: ไอคิวบุ๊คเซนเตอร์.

- หนึ่งฤทัย ชูแก้ว. (2556). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนการคู่ขนานร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบ STAD เรื่อง คู่อันดับ และกราฟ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชากรมมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- หริพล ธรรมนารักษ์. (2558). นวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษา ยุคดิจิทัล. เชียงราย: ทริปเพิ้ล กรุ๊ป.
- อังคณา กุลนภาดล. (2557). สถิติสำหรับการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น.
- อัมพร ม้าคนอง. (2557). คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2546). หลักการสอน (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- Van Dat Tran. (2013). Effects of Student Teams Achievement Division (STAD) on Academic Achievement, and Attitudes of Grade 9th Secondary School Students towards Mathematics. *International Journal of Sciences*, 2, 5 – 9.
- Marshall, J.C., Horton, B., Smart, J.. (2009). 4E×2 Instructional Model: Uniting Three Learning Constructs to Improve Praxis in Science and Mathematics Classrooms. *J Sci Teacher Educ*, 20, 501 – 516.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ

1. อาจารย์ ดร.คมสันต์ ตรีไพบูลย์ อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้
สาขาคณิตศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. อาจารย์ ดร.สุกัญญา หะยิสานและ อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์
สาขาคณิตศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. คุณครูถนอมเกียรติ งานสกุล ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสตรีภูเก็ต
จังหวัดภูเก็ต
- กรรมการดำเนินการจัดทำคู่มือครูวิชาคณิตศาสตร์
พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1- 3 และคู่มือครูวิชา
คณิตศาสตร์เพิ่มเติมชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 ของสสวท.
(ปี พ.ศ. 2552 – 2555)
- ผู้เชี่ยวชาญในโครงการพัฒนาเครือข่ายการเรียนรู้
ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 1 – 3
และโครงการพัฒนาศักยภาพครูเพื่อเป็นผู้นำการ
เปลี่ยนแปลง สสวท. ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ถึงปัจจุบัน
- รางวัลสมเด็จพระเจ้าฟ้ามหาจักรี ระดับจังหวัดภูเก็ต
ประจำปี 2560 (ครูขวัญศิษย์)
4. คุณครูอรุณา อัญโย เนียมนาค ตำแหน่งครูชำนาญการ
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเมืองถลาง
จังหวัดภูเก็ต
- ประสบการสอนคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่
1 – 3 ไม่ต่ำกว่า 5 ปี
- เข้าร่วมโครงการครูผู้นำการเปลี่ยนแปลง สสวท. รุ่นที่
1 ตั้งแต่ปี พ.ศ.2553 – 2558
- ครูพี่เลี้ยงโครงการ ครูผู้นำการเปลี่ยนแปลง รายวิชา

5. คุณครูสุภัค ตั้งรัชย์

คณิตศาสตร์ ของ สสวท. ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 – 2559

ตำแหน่งครูชำนาญการ

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเมืองกลาง

จังหวัดภูเก็ต

- ประสบการสอนคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่

1 – 3 ไม่ต่ำกว่า 5 ปี

- เข้าร่วมโครงการครูผู้นำการเปลี่ยนแปลง สสวท. รุ่นที่

3 ตั้งแต่ปี พ.ศ.2555 ถึงปัจจุบัน

ภาคผนวก ข

- หนังสือขอความอนุเคราะห์
- ผลการพิจารณาจริยธรรมวิจัย



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะวิทยาศาสตร์ สำนักงานคณบดี งานบริการการศึกษา โทร. ๓๐๘๕
 ที่ ศธ ๖๒๑๔/ ๒๒๒๒๕ วันที่ ๗ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๐
 เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์บุคลากรตรวจสอบเครื่องมือวิทยานิพนธ์
 เรียน คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ด้วยนางสาวปารวี ดุสิตะ รหัสประจำตัวนิสิต ๕๗๙๒๑๑๗๓ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา หลักสูตรการศึกษาไม่เต็มเวลา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษามลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E x 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ โดยมี ดร.อรรรณพ แก้วขาว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ในกรณีนี้ เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จึงขอความอนุเคราะห์ ดร.คมสันต์ ตรีไพบูลย์ ตรวจสอบเครื่องมือวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกรัฐ ศรีสุข)
 คณบดีคณะวิทยาศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะวิทยาศาสตร์ สำนักงานคณบดี งานบริการการศึกษา โทร. ๓๐๘๕
 ที่ ศธ ๖๒๑๔/ ๒๒๒๗ วันที่ ๗ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๐
 เรื่อง ขออนุญาตตรวจสอบเครื่องมือวิทยานิพนธ์
 เรียน ดร.คมสันต์ ตรีไพบูลย์

ด้วยนางสาวปารวี คูลีระ รหัสประจำตัวนิสิต ๕๗๔๒๑๑๓๗๓ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา หลักสูตรการศึกษาไม่เต็มเวลา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษามลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E x 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ โดยมี ดร.อรรรณพ แก้วขาว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ในกรณีนี้ เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จึงขออนุญาตท่านตรวจสอบเครื่องมือวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกกรฐ ศรีสุข)
 คณบดีคณะวิทยาศาสตร์



ที่ ศธ ๖๒๑๔/ ๑๐(๒๓)

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๙๙

สิงหาคม ๒๕๖๐

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์บุคลากรตรวจสอบเครื่องมือวิทยานิพนธ์

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ด้วยนางสาวปารวี คูลีระ รหัสประจำตัวนิสิต ๕๗๙๒๑๑๗๓ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา หลักสูตรการศึกษาไม่เต็มเวลา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E x 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ โดยมี ดร.อรรณพ แก้วขาว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ในกรณีนี้ เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จึงขอความอนุเคราะห์ ดร.สุกัญญา หะยีสานและตรวจสอบเครื่องมือวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกรัฐ ศรีสุข)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

สำนักงานคณบดี งานบริการการศึกษา

โทรศัพท์ ๐๓๘-๑๐๓๐๘๕

โทรสาร ๐๓๘-๗๔๕๘๔๖



ที่ ศธ ๖๒๑๔/ ๖๐๒๑

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

~

สิงหาคม ๒๕๖๐

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์บุคลากรตรวจสอบเครื่องมือวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสตรีภูเก็ต

ด้วยนางสาวปารวี ดุสิตะ รหัสประจำตัวนิสิต ๕๗๙๒๑๑๗๓ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา หลักสูตรการศึกษาไม่เต็มเวลา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E x 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ โดยมี ดร.อรรถพร แก้วขาว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ในกรณีนี้ เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จึงขอความอนุเคราะห์ คุณณอมเกียรติ งานสกุล ตรวจสอบเครื่องมือวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกวิฑู ศรีสุข)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

สำนักงานคณบดี งานบริการการศึกษา

โทรศัพท์ ๐๓๘-๑๐๓๐๘๕

โทรสาร ๐๓๘-๗๔๕๘๔๖



ที่ ศธ ๖๒๑๔/ ๑๐ ๒๒

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

W

สิงหาคม ๒๕๖๐

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์บุคลากรตรวจสอบเครื่องมือวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเมืองกลาง

ด้วยนางสาวปารวี ดุสิตะ รหัสประจำตัวนิสิต ๕๗๙๒๑๑๗๓ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา หลักสูตรการศึกษาไม่เต็มเวลา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E x 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ โดยมี ดร.อรรถพร แก้วขาว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ในกรณีนี้ เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จึงขอความอนุเคราะห์ คุณสุภัค สังข์รักษ์ และคุณอรุณา อัญโย เนียมนาค ตรวจสอบเครื่องมือวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกรัฐ ศรีสุข)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

สำนักงานคณบดี งานบริการการศึกษา

โทรศัพท์ ๐๓๘-๑๐๓๐๘๕

โทรสาร ๐๓๘-๗๔๕๕๘๔๖



ที่ ศธ ๖๒๑๔/๖๔๐๒

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๒

พฤศจิกายน ๒๕๖๐

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ทดลองใช้เครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ (Try out)

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเมืองกลาง

ด้วยนางสาวปารวี ดุสิตะ รหัสประจำตัวนิสิต ๕๗๙๒๑๑๗๓ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชา
คณิตศาสตร์ศึกษา หลักสูตรการศึกษาไม่เต็มเวลา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา กำลังดำเนินการทำ
วิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริงที่ได้รับการจัดการ
เรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E x 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ โดยมี ดร.อรรรณพ แก้วขาว เป็นอาจารย์
ที่ปรึกษาหลัก ในกรณีนี้ เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ
คณะศึกษาศาสตร์ จึงขอความอนุเคราะห์ทดลองใช้เครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ (Try out) โดยกลุ่มทดลอง
ใช้เครื่องมือ (Try out) เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ จำนวน ๓๐ คน ในระหว่างวันที่ ๖ พฤศจิกายน พ.ศ.
๒๕๖๐ ถึงวันที่ ๒๒ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๐ ทั้งนี้ สามารถติดต่อสอบถามข้อมูลจากนิสิตได้ที่เบอร์โทรศัพท์
๐๘๑-๙๙๐๙๘๔๖ หรือ e-mail : wowparawee@gmail.com

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกรัฐ ศรีสุข)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

สำนักงานคณบดี งานบริการการศึกษา

โทรศัพท์ ๐๓๘-๑๐๓๐๘๕

โทรสาร ๐๓๘-๗๔๕๘๔๖



ที่ ศธ ๖๒๑๔/๑๗๗๗

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๒๖ ธันวาคม ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเมืองกลาง

ด้วยนางสาวปารวี ดุสิตะ รหัสประจำตัวนิสิต ๕๗๙๒๑๑๗๓ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา หลักสูตรการศึกษาไม่เต็มเวลา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริงที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E x 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ โดยมี ดร.อรรณพ แก้วขาว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ในกรณีนี้ เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จึงขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน ๓๒ คน ในวันที่ ๘ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๑ ถึงวันที่ ๒๘ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๑ ทั้งนี้ สามารถติดต่อสอบถามข้อมูลจากนิสิตได้ที่เบอร์โทรศัพท์ ๐๘๑-๙๙๐๙๘๔๖ หรือ e-mail : wowparawee@gmail.com

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกรัฐ ศรีสุข)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

สำนักงานคณบดี งานบริการการศึกษา

โทรศัพท์ ๐๓๘-๑๐๓๐๘๕

โทรสาร ๐๓๘-๗๔๕๘๔๖



แบบรายงานผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

๑. ชื่อวิทยานิพนธ์
- ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ (ภาษาไทย) การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒
- ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ (ภาษาอังกฤษ) THE STUDY OF MATHEMATICS LEARNING ACHIEVEMENT ON THE TOPIC ROOT OF REAL NUMBERS USING MIXED METHODS BETWEEN STAD AND $4E \times 2$ INSTRUCTION MODELS FOR MATTAYOMSUKSA 2 STUDENTS
๒. ชื่อนิติ (นาย,นาง,นางสาว): นางสาวปารวี ดุลิละ รหัสประจำตัว ๕๗๙๒๑๑๗๓
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา หลักสูตรการศึกษาไม่เต็มเวลา
๓. หน่วยงานที่สังกัด: คณะวิทยาศาสตร์
๔. ผลการพิจารณาของคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา:
- คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา: ได้พิจารณารายละเอียดวิทยานิพนธ์ เรื่องดังกล่าวข้างต้นแล้ว ในประเด็นที่เกี่ยวข้อง
- ๑) การเคารพในศักดิ์ศรี และสิทธิของมนุษย์ที่ใช้เป็นตัวอย่างการวิจัย
 - ๒) วิธีการที่เหมาะสมในการได้รับความยินยอมจากกลุ่มตัวอย่างก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย (Informed consent) รวมทั้งการปกป้องสิทธิประโยชน์และรักษาความลับของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย
 - ๓) การดำเนินการวิจัยอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อความเสียหายต่อสิ่งที่ศึกษาวิจัย ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่มีชีวิต หรือไม่มีชีวิต
- คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา: มีมติเห็นชอบ ดังนี้
- รับรองโครงการวิจัย
- ไม่รับรอง
๕. ช่วงเวลาที่ให้การรับรอง:รับรองตั้งแต่วันที่ ๘ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๑ ถึงวันที่ ๒๘ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๑
๖. วันที่ให้การรับรอง:วันที่ ๒๙ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๐

ลงนาม

(ดร.พอลิต นันทนาวัฒน์)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

- ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์
- ค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
- ค่าอำนาจจำแนก (*r*) และความยากง่าย (*P*) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
- ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
- คะแนนจัดแบ่งกลุ่มนักเรียน
- การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้
- การหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้
- ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเทียบกับเกณฑ์ (วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Minitab)

ตารางภาคผนวก ค – 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E×2 เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน

| รายการประเมิน | ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ | | | | | | ค่าเฉลี่ย | สรุปความ เหมาะสม |
|--|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|---------------------|
| | มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้ที่... | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1. สาระสำคัญ | | | | | | | | |
| 1.1 ครอบคลุมตัวชี้วัด และ เนื้อหาสาระที่กำหนด | 4.8 | 4.8 | 4.8 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.70 | มากที่สุด |
| 1.2 กะทัดรัด ได้ความ ชัดเจน สมบูรณ์ | 4.6 | 4.8 | 4.8 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.67 | มากที่สุด |
| 2. จุดประสงค์การเรียนรู้ | | | | | | | | |
| 2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้ ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และกระบวนการ และ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ | 4.6 | 4.6 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.47 | มาก |
| 2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ ตรวจสอบวัดได้ชัดเจน | 4.6 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.43 | มาก |
| 2.3 จุดประสงค์ครอบคลุม เนื้อหาสาระ และตัวชี้วัด | 4.6 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.43 | มาก |
| 3. สาระการเรียนรู้ | | | | | | | | |
| 3.1 สาระการเรียนรู้ถูกต้อง ชัดเจน | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.4 | 4.57 | มากที่สุด |
| 3.2 สาระการเรียนรู้ ครอบคลุมจุดประสงค์การ เรียนรู้ | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.4 | 4.57 | มากที่สุด |
| 3.3 สาระการเรียนรู้ สัมพันธ์กับกิจกรรมการเรียนรู้ | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.4 | 4.4 | 4.53 | มากที่สุด |

ตารางภาคผนวก ค – 1 (ต่อ)

| รายการประเมิน | ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้ที่... | | | | | | ค่าเฉลี่ย | สรุปความเหมาะสม |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| | 4. กิจกรรมการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 4.1 กิจกรรมการเรียนรู้มีขั้น สร้างความสนใจ | 3.8 | 3.8 | 4 | 3.8 | 4.2 | 3.8 | 3.90 | มาก |
| 4.2 กิจกรรมการเรียนรู้มีขั้น ศึกษาความรู้เป็นกลุ่มที่ ประกอบด้วย การสำรวจ และ ค้นหา, การอธิบาย และลง ข้อสรุป และการขยายความคิด | 4.2 | 4.2 | 4.4 | 4.2 | 4.2 | 4.2 | 4.23 | มาก |
| 4.3 กิจกรรมการเรียนรู้มีขั้น ทดสอบ | 4.4 | 4.4 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.53 | มากที่สุด |
| 4.4 กิจกรรมการเรียนรู้มีขั้น รับรองผลงาน | 4.4 | 4.4 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.53 | มากที่สุด |
| 4.5 ในขั้นตอนสร้างความ สนใจ, ขั้นสำรวจ และค้นหา, ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป และ ขั้นขยายความคิด มีการ กระตุ้นให้นักเรียนสะท้อน ความคิดอย่างรู้คิด และ ประเมินการสะท้อนความคิด อย่างรู้คิดทุกขั้นตอน | 4.2 | 4.4 | 4.6 | 4.6 | 4.4 | 4.4 | 4.43 | มาก |
| 4.6 กิจกรรมการเรียนรู้ สอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้ | 4.8 | 4.6 | 4.8 | 4.8 | 4.8 | 4.6 | 4.73 | มากที่สุด |

ตารางภาคผนวก ก – 1 (ต่อ)

| รายการประเมิน | ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้ที่... | | | | | | ค่าเฉลี่ย | สรุปความ เหมาะสม |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| | 5. สื่อการเรียนรู้ | | | | | | | |
| 5.1 มีสื่อการเรียนรู้ เช่น ใบ กิจกรรม ใบงาน เป็นต้น | 4.6 | 4.4 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.57 | มากที่สุด |
| 5.2 สื่อการเรียนรู้สอดคล้อง กับจุดประสงค์การเรียนรู้ และ กิจกรรมการเรียนรู้ | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.40 | มาก |
| 6. การวัด และประเมินผล | | | | | | | | |
| 6.1 การวัด และประเมินผล สอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้ | 4.4 | 4.4 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.4 | 4.50 | มาก |
| 6.2 การวัด และประเมินผล กำหนดวิธี และเครื่องมืออย่าง ชัดเจน | 4.4 | 4.2 | 4.6 | 4.6 | 4.4 | 4.4 | 4.43 | มาก |
| เฉลี่ยโดยรวม | | | | | | | 4.48 | มาก |

ตารางภาคผนวก ค – 2 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและจุดประสงค์ (IOC)
 ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ก่อนเรียน)
 เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

| ข้อสอบ ข้อที่ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | คะแนนความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่ | | | | | ค่า IOC | แก้ไข/ นำมาใช้ |
|------------------|------------------------------------|--|----|----|----|----|------------|-------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1 | อธิบายความหมายของรากที่สอง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 2 | ของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้ | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 3 | อธิบายความสัมพันธ์ของการยก | +1 | 0 | +1 | 0 | +1 | 0.6 | ใช้ได้ |
| 4 | กำลังสอง และการหารากที่สอง | +1 | 0 | +1 | 0 | +1 | 0.6 | ใช้ได้ |
| 5 | ของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้ | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 6 | หารากที่สองของจำนวนเต็มโดย | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 7 | การแยกตัวประกอบ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 8 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 9 | | +1 | 0 | +1 | +1 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 10 | เชื่อมโยงความรู้เรื่องการหารากที่ | -1 | 0 | +1 | +1 | +1 | 0.4 | ใช้ไม่ได้ |
| 11 | สองของจำนวนเต็มกับการแยกตัว | -1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 0.6 | ใช้ได้ |
| 12 | ประกอบจำนวนเต็มได้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 13 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 14 | ให้เหตุผลเกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้นจาก | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 15 | การหารากที่สองของจำนวนจริง | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 16 | | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 17 | | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 18 | หารากที่สองโดยการประมาณค่า | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| | การเปิดตาราง และการใช้เครื่อง | | | | | | | |
| | คำนวณ | | | | | | | |

ตารางภาคผนวก ค – 2 (ต่อ)

| ข้อสอบ ข้อที่ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | คะแนนความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่ | | | | | ค่า <i>IOC</i> | แก้ไข/ นำมาใช้ |
|------------------|---|--|----|----|----|----|-------------------|-------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| | | 19 | | +1 | +1 | +1 | | |
| 20 | แก้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับราก ที่สองโดยใช้การประมาณได้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 21 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 22 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 23 | | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 24 | อธิบายความหมายของรากที่สาม ได้ | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 25 | | +1 | 0 | 0 | +1 | +1 | 0.6 | ใช้ได้ |
| 26 | | +1 | 0 | 0 | +1 | +1 | 0.6 | ใช้ได้ |
| 27 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 28 | หารากที่สามของจำนวนจริงโดย การแยกตัวประกอบได้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 29 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 30 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 31 | หารากที่สาม โดยการประมาณ การเปิดตาราง และการใช้เครื่อง คำนวณได้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 32 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 33 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 34 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 35 | แก้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับราก ที่สามโดยการแยกตัวประกอบ เปิดตาราง และใช้เครื่องคำนวณ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 36 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 37 | | +1 | +1 | 0 | 0 | +1 | 0.6 | ใช้ได้ |
| 38 | | +1 | +1 | 0 | 0 | +1 | 0.6 | ใช้ได้ |
| 39 | บอกความสัมพันธ์ของการยก | +1 | 0 | +1 | +1 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 40 | กำลังกับการหารากของจำนวนจริง | +1 | 0 | +1 | +1 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |

ตารางภาคผนวก ค – 3 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและจุดประสงค์ (IOC)
 ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (หลังเรียน)
 เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

| ข้อสอบ ข้อที่ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | คะแนนความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่ | | | | | ค่า IOC | แก้ไข/ นำมาใช้ |
|------------------|--|--|----|----|----|----|------------|-------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1 | อธิบายความหมายของรากที่สอง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 2 | ของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้ | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 3 | อธิบายความสัมพันธ์ของการยกกำลังสอง และการหารากที่สอง | +1 | 0 | +1 | 0 | +1 | 0.6 | ใช้ได้ |
| 4 | ของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้ | +1 | 0 | +1 | 0 | +1 | 0.6 | ใช้ได้ |
| 5 | | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 6 | หารากที่สองของจำนวนเต็มโดย | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 7 | การแยกตัวประกอบ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 8 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 9 | เชื่อมโยงความรู้เรื่องการหารากที่สองของจำนวนเต็มกับการแยกตัวประกอบจำนวนเต็มได้ | +1 | 0 | +1 | 0 | +1 | 0.6 | ใช้ได้ |
| 10 | | +1 | 0 | +1 | 0 | +1 | 0.6 | ใช้ได้ |
| 11 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 12 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 13 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 14 | ให้เหตุผลเกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้นจากการหารากที่สองของจำนวนจริง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 15 | | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 16 | | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 17 | | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 18 | หารากที่สองโดยการประมาณค่า การเปิดตาราง และการใช้เครื่องคำนวณ | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |

ตารางภาคผนวก ค – 3 (ต่อ)

| ข้อสอบ ข้อที่ | จุดประสงค์การเรียนรู้ | คะแนนความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่ | | | | | ค่า IOC | แก้ไข/ นำมาใช้ |
|------------------|-------------------------------|--|----|----|----|----|------------|-------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 19 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 20 | แก้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับราก | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 21 | ที่สองโดยใช้การประมาณได้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 22 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 23 | | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 24 | อธิบายความหมายของรากที่สาม | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 25 | ได้ | +1 | 0 | 0 | +1 | +1 | 0.6 | ใช้ได้ |
| 26 | | +1 | 0 | 0 | +1 | +1 | 0.6 | ใช้ได้ |
| 27 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 28 | หารากที่สามของจำนวนจริงโดย | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 29 | การแยกตัวประกอบได้ | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 30 | | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 31 | | +1 | +1 | +1 | 0 | 0 | 0.6 | ใช้ได้ |
| 32 | หารากที่สาม โดยการประมาณ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 33 | การเปิดตาราง และการใช้เครื่อง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 34 | คำนวณได้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 35 | | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 36 | แก้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับราก | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ใช้ได้ |
| 37 | ที่สามโดยการแยกตัวประกอบ | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 38 | เปิดตาราง และใช้เครื่องคำนวณ | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 39 | บอกความสัมพันธ์ของการยก | +1 | 0 | +1 | +1 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 40 | กำลังกับการหารากของจำนวนจริง | +1 | 0 | +1 | +1 | +1 | 0.8 | ใช้ได้ |

ตารางภาคผนวก ค – 4 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ
 วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (หลังเรียน) เรื่อง รากของ
 จำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

| ข้อที่ | ค่าความ ยากง่าย (p) | ค่าอำนาจ จำแนก (r) | นำไปใช้/ ตัดทิ้ง | ข้อที่ | ค่าความ ยากง่าย (p) | ค่าอำนาจ จำแนก (r) | นำไปใช้/ ตัดทิ้ง |
|--------|----------------------------|---------------------------|---------------------|--------|----------------------------|---------------------------|---------------------|
| 1 | 0.77 | 0.20 | นำไปใช้ | 21 | 0.33 | 0.27 | นำไปใช้ |
| 2 | 0.73 | 0.27 | นำไปใช้ | 22 | 0.53 | 0.40 | นำไปใช้ |
| 3 | 0.57 | 0.20 | นำไปใช้ | 23 | 0.33 | 0.27 | นำไปใช้ |
| 4 | 0.73 | 0.53 | นำไปใช้ | 24 | 0.50 | 0.33 | นำไปใช้ |
| 5 | 0.57 | 0.47 | นำไปใช้ | 25 | 0.33 | 0.27 | นำไปใช้ |
| 6 | 0.83 | 0.33 | ตัดทิ้ง | 26 | 0.47 | 0.27 | นำไปใช้ |
| 7 | 0.57 | 0.20 | นำไปใช้ | 27 | 0.47 | 0.27 | นำไปใช้ |
| 8 | 0.77 | 0.20 | นำไปใช้ | 28 | 0.63 | 0.73 | นำไปใช้ |
| 9 | 0.43 | 0.33 | นำไปใช้ | 29 | 0.50 | 0.33 | นำไปใช้ |
| 10 | 0.80 | 0.27 | นำไปใช้ | 30 | 0.37 | 0.60 | นำไปใช้ |
| 11 | 0.33 | 0.40 | นำไปใช้ | 31 | 0.43 | 0.33 | นำไปใช้ |
| 12 | 0.53 | 0.53 | นำไปใช้ | 32 | 0.77 | 0.47 | นำไปใช้ |
| 13 | 0.43 | 0.20 | นำไปใช้ | 33 | 0.33 | 0.40 | นำไปใช้ |
| 14 | 0.70 | 0.47 | นำไปใช้ | 34 | 0.60 | 0.53 | นำไปใช้ |
| 15 | 0.33 | 0.27 | นำไปใช้ | 35 | 0.50 | 0.20 | นำไปใช้ |
| 16 | 0.67 | 0.40 | นำไปใช้ | 36 | 0.80 | -0.13 | ตัดทิ้ง |
| 17 | 0.37 | 0.33 | นำไปใช้ | 37 | 0.70 | 0.33 | นำไปใช้ |
| 18 | 0.67 | 0.27 | นำไปใช้ | 38 | 0.57 | -0.07 | ตัดทิ้ง |
| 19 | 0.57 | 0.33 | นำไปใช้ | 39 | 0.50 | 0.47 | นำไปใช้ |
| 20 | 0.67 | 0.13 | ตัดทิ้ง | 40 | 0.37 | 0.6 | นำไปใช้ |

ตารางภาคผนวก ค – 5 แสดงการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียน

| คนที่ | x | x^2 | ข้อที่ | p | q | pq | |
|-------|-----|-------|--------------------|------|------|------|--|
| 1 | 37 | 1369 | 1 | 0.77 | 0.23 | 0.18 | |
| 2 | 34 | 1156 | 2 | 0.57 | 0.43 | 0.25 | |
| 3 | 33 | 1089 | 3 | 0.57 | 0.43 | 0.25 | |
| 4 | 32 | 1024 | 4 | 0.57 | 0.43 | 0.25 | |
| 5 | 32 | 1024 | 5 | 0.43 | 0.57 | 0.25 | |
| 6 | 31 | 961 | 6 | 0.33 | 0.67 | 0.22 | |
| 7 | 29 | 841 | 7 | 0.43 | 0.57 | 0.25 | |
| 8 | 28 | 784 | 8 | 0.33 | 0.67 | 0.22 | |
| 9 | 28 | 784 | 9 | 0.37 | 0.63 | 0.23 | |
| 10 | 27 | 729 | 10 | 0.57 | 0.43 | 0.25 | |
| 11 | 26 | 676 | 11 | 0.33 | 0.67 | 0.22 | |
| 12 | 24 | 576 | 12 | 0.33 | 0.67 | 0.22 | |
| 13 | 23 | 529 | 13 | 0.33 | 0.67 | 0.22 | |
| 14 | 23 | 529 | 14 | 0.47 | 0.53 | 0.25 | |
| 15 | 23 | 529 | 15 | 0.50 | 0.50 | 0.25 | |
| 16 | 22 | 484 | 16 | 0.43 | 0.57 | 0.25 | |
| 17 | 22 | 484 | 17 | 0.33 | 0.67 | 0.22 | |
| 18 | 21 | 441 | 18 | 0.50 | 0.50 | 0.25 | |
| 19 | 20 | 400 | 19 | 0.70 | 0.30 | 0.21 | |
| 20 | 19 | 361 | 20 | 0.50 | 0.50 | 0.25 | |
| 21 | 18 | 324 | $\sum pq = 4.6722$ | | | | |
| 22 | 17 | 289 | | | | | |
| 23 | 15 | 225 | | | | | |
| 24 | 14 | 196 | | | | | |
| 25 | 13 | 169 | | | | | |

ตารางภาคผนวก ค – 5 (ต่อ)

| คนที่ | x | x^2 |
|----------------|-----|---------------------|
| 26 | 12 | 144 |
| 27 | 11 | 121 |
| 28 | 11 | 121 |
| 29 | 9 | 81 |
| 30 | 8 | 64 |
| $\sum x = 662$ | | $\sum x^2 = 16,504$ |

จาก
$$S^2 = \frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n^2}$$

แทนค่า
$$S^2 = \frac{30(16,504) - (662)^2}{30^2}$$

$$S^2 = \frac{495,120 - 438,244}{900}$$

$$S^2 = \frac{56,876}{900}$$

$$S^2 = 63.20$$

จาก
$$KR-20 = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k p_i q_i}{S_x^2} \right]$$

แทนค่า
$$= \left[\frac{20}{20-1} \right] \left[1 - \frac{4.6722}{63.20} \right]$$

$$= (1.052632)(0.92607)$$

$$= 0.975$$

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับเท่ากับ 0.975 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของแบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่น นั่นคือ มีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป

ตารางภาคผนวก ค – 6 คะแนนจัดแบ่งกลุ่มนักเรียน

| คนที่ | คะแนนผลสัมฤทธิ์ | คะแนนก่อนเรียน | ร้อยละของคะแนนก่อนเรียน | คะแนนจัดแบ่งกลุ่ม | อันดับ | คนที่ | คะแนนผลสัมฤทธิ์ | คะแนนก่อนเรียน | ร้อยละของคะแนนก่อนเรียน | คะแนนจัดแบ่งกลุ่ม | อันดับ |
|-------|-----------------|----------------|-------------------------|-------------------|--------|-------|-----------------|----------------|-------------------------|-------------------|--------|
| | (100) | | | | | | (100) | | | | |
| 1 | 87 | 1 | 5 | 46 | 8 | 17 | 80 | 2 | 10 | 45 | 11 |
| 2 | 64 | 0 | 0 | 32 | 30 | 18 | 72 | 1 | 5 | 39 | 20 |
| 3 | 71 | 0 | 0 | 36 | 24 | 19 | 81 | 2 | 10 | 46 | 8 |
| 4 | 72 | 0 | 0 | 36 | 24 | 20 | 80 | 3 | 15 | 47.5 | 6 |
| 5 | 75 | 1 | 5 | 40 | 18 | 21 | 91 | 3 | 15 | 53 | 1 |
| 6 | 76 | 1 | 5 | 41 | 14 | 22 | 81 | 3 | 15 | 48 | 4 |
| 7 | 84 | 2 | 10 | 47 | 7 | 23 | 67 | 3 | 15 | 41 | 14 |
| 8 | 77 | 1 | 5 | 41 | 14 | 24 | 68 | 3 | 15 | 41.5 | 13 |
| 9 | 71 | 0 | 0 | 36 | 24 | 25 | 71 | 2 | 10 | 40.5 | 17 |
| 10 | 72 | 1 | 5 | 39 | 20 | 26 | 45 | 2 | 10 | 27.5 | 32 |
| 11 | 68 | 1 | 5 | 37 | 23 | 27 | 65 | 1 | 5 | 35 | 27 |
| 12 | 86 | 2 | 10 | 48 | 4 | 28 | 78 | 2 | 10 | 44 | 12 |
| 13 | 61 | 1 | 5 | 33 | 29 | 29 | 70 | 2 | 10 | 40 | 18 |
| 14 | 90 | 2 | 10 | 50 | 3 | 30 | 76 | 3 | 15 | 45.5 | 10 |
| 15 | 57 | 0 | 0 | 29 | 31 | 31 | 96 | 1 | 5 | 50.5 | 2 |
| 16 | 65 | 1 | 5 | 35 | 27 | 32 | 70 | 1 | 5 | 37.5 | 22 |

ตารางภาคผนวก ค – 7 การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E×2
เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

| คนที่ | คะแนน สอบ ก่อน เรียน | กิจกรรม/คะแนน | | | | | | คะแนน รวม ระหว่าง เรียน | คะแนน สอบหลัง เรียน |
|-------|-------------------------------|---------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|----------------------------------|---------------------------|
| | | ใบงานที่ 1.2 | ใบงานที่ 2.2 | สอบย่อย 1 | ใบงานที่ 4.2 | สอบย่อย 2 | ใบงานที่ 6.1 | | |
| | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 60 | 20 |
| 1 | 1 | 10 | 8.5 | 8 | 8 | 7 | 7 | 48.5 | 17 |
| 2 | 0 | 10 | 8 | 7 | 6 | 6 | 8 | 45 | 18 |
| 3 | 0 | 8 | 9 | 9 | 7 | 6 | 7 | 46 | 15 |
| 4 | 0 | 6 | 6 | 8 | 6 | 7 | 6 | 39 | 12 |
| 5 | 1 | 10 | 5 | 8 | 6 | 7 | 8 | 44 | 17 |
| 6 | 1 | 8 | 8 | 10 | 7 | 5 | 7 | 45 | 16 |
| 7 | 2 | 7 | 7 | 6 | 10 | 8 | 5 | 43 | 15 |
| 8 | 1 | 6 | 8 | 9 | 8 | 7 | 7 | 45 | 13 |
| 9 | 0 | 6 | 5 | 7 | 4 | 3 | 6 | 31 | 11 |
| 10 | 1 | 10 | 9 | 9 | 10 | 9 | 7 | 54 | 18 |
| 11 | 1 | 8 | 5 | 7 | 4 | 7 | 6 | 37 | 11 |
| 12 | 2 | 8 | 9 | 8 | 8 | 7 | 7 | 47 | 19 |
| 13 | 1 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 7 | 45 | 15 |
| 14 | 2 | 10 | 7 | 8 | 8 | 8 | 6 | 47 | 16 |
| 15 | 0 | 6 | 7 | 6 | 7 | 4 | 5 | 35 | 11 |
| 16 | 1 | 6 | 5 | 4 | 4 | 6 | 4 | 29 | 10 |
| 17 | 2 | 8 | 7 | 9 | 6 | 6 | 8 | 44 | 16 |
| 18 | 1 | 6 | 7 | 8 | 6 | 4 | 5 | 36 | 10 |
| 19 | 2 | 8 | 9 | 9 | 7 | 6 | 7 | 46 | 17 |
| 20 | 3 | 10 | 8 | 8 | 6 | 7 | 9 | 48 | 15 |
| 21 | 3 | 10 | 9 | 10 | 6 | 9 | 7 | 51 | 14 |
| 22 | 3 | 8 | 7 | 8 | 8 | 9 | 8 | 48 | 15 |

ตารางภาคผนวก ค - 7 (ต่อ)

| คนที่ | คะแนน สอบ ก่อน เรียน | กิจกรรม/คะแนน | | | | | | คะแนน รวม ระหว่าง เรียน | คะแนน สอบหลัง เรียน |
|-------|-------------------------------|---------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|----------------------------------|---------------------------|
| | | ใบงานที่ 1.2 | ใบงานที่ 2.2 | สอบย่อย 1 | ใบงานที่ 4.2 | สอบย่อย 2 | ใบงานที่ 6.1 | | |
| | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 60 | 20 |
| 23 | 3 | 6 | 4 | 10 | 7 | 5 | 6 | 38 | 13 |
| 24 | 3 | 6 | 7 | 9 | 6 | 4 | 6 | 38 | 12 |
| 25 | 2 | 8 | 8 | 7 | 8 | 6 | 7 | 44 | 16 |
| 26 | 2 | 8 | 4 | 8 | 6 | 8 | 7 | 41 | 12 |
| 27 | 1 | 4 | 5 | 4 | 8 | 6 | 7 | 34 | 11 |
| 28 | 2 | 6 | 6 | 8 | 7 | 6 | 8 | 41 | 12 |
| 29 | 2 | 10 | 7 | 9 | 8 | 7 | 10 | 51 | 16 |
| 30 | 3 | 10 | 7 | 8 | 7 | 7 | 6 | 45 | 14 |
| 31 | 1 | 10 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 59 | 20 |
| 32 | 1 | 8 | 7 | 10 | 8 | 7 | 7 | 47 | 16 |
| รวม | 48 | 251 | 224.5 | 257 | 225 | 213 | 221 | 1391.5 | 463 |

การหาค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ 70 ตัวแรก

ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ใช้สูตร E_1/E_2 (หริพล ธรรมนารักษ์, 2558, หน้า 293 - 297)

ดังนี้

$$E_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{A} \times 100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ 4E×2 เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ได้จากใบงาน และแบบทดสอบย่อยประจำแผนการจัดการเรียนรู้ 6 แผน

$\sum_{i=1}^n x_i$ แทน ผลรวมของคะแนนได้จากใบงาน และแบบทดสอบย่อยจากนักเรียน

คนที่ i

A แทน คะแนนเต็มจากการวัดระหว่างเรียน

n แทน จำนวนนักเรียน

แทนค่า

$$E_1 = \frac{\left(\frac{224.5+257+225+213+221}{32}\right)}{60} \times 100$$

$$= \frac{\left(\frac{1,391}{32}\right)}{60} \times 100$$

$$E_1 = 72.47$$

การหาค่าประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ 70 ตัวหลัง

$$E_2 = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์จากการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$ เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังเรียน

$\sum_{i=1}^n f_i$ แทน ผลรวมของคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียนของนักเรียนคนที่ i

B แทน คะแนนเต็มของการทดสอบหลังเรียน

n แทน จำนวนนักเรียน

แทนค่า

$$E_2 = \frac{\left(\frac{463}{32}\right)}{20} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\left(\frac{463}{32}\right)}{20} \times 100$$

$$E_2 = 72.34$$

การหาค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index) ตามแนวคิดของ Hofland (อ้างถึงใน พิสนุ พงศ์รี, 2552, หน้า 186 – 187) ดังนี้

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน} - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}$$

แทนค่า

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล} = \frac{463 - 48}{(32 \times 20) - 48}$$

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล} = 0.7010$$

ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยสถิติ One Sample t - test ดังนี้

One-Sample T: posttest

Descriptive Statistics

| n | Mean | StDev | SE Mean | 99% Lower Bound |
|----|--------|-------|---------|-----------------|
| | | | | for μ |
| 32 | 14.469 | 2.712 | 0.479 | 13.293 |

μ : mean of posttest

Test

| | |
|------------------------|-----------------|
| Null hypothesis | $H_0: \mu = 14$ |
| Alternative hypothesis | $H_1: \mu > 14$ |

| T-Value | P-Value |
|---------|---------|
| 0.98 | 0.168 |

ภาพภาคผนวก ค – 1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยสถิติ One Sample t-test

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รากของจำนวนจริง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รหัสวิชา ค22102 รายวิชาคณิตศาสตร์ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนจริง (รากของจำนวนจริง)
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง รากที่สอง เวลา 2 ชั่วโมง

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวน และการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ตัวชี้วัด

ค 1.1 ม.2/3 อธิบาย และระบุนรากที่สอง และรากที่สามของจำนวนจริง

ค 6.1 ม.2/3 ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม

สาระสำคัญ/ ความคิดรวบยอด

ให้ a แทนจำนวนจริงบวกใด ๆ หรือ ศูนย์ รากที่สองของ a คือ จำนวนที่ยกกำลังสองแล้วได้ a

ถ้า a เป็นจำนวนจริงบวก รากที่สองของ a มีสองราก คือ รากที่สองที่เป็นบวกซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ \sqrt{a} และรากที่สองที่เป็นลบ ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ $-\sqrt{a}$

ถ้า $a = 0$ รากที่สองของ a คือ 0

จุดประสงค์การเรียนรู้

หลังจากนักเรียนจบคาบนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. ด้านความรู้

1.1 อธิบายความหมายของรากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้

1.2 เขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สองของจำนวนจริงบวกได้

- 1.3 อธิบายความสัมพันธ์ของการยกกำลังสอง และการหารากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้
2. **ด้านทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์**
- 2.1 ให้เหตุผล สรุปผลเกี่ยวกับรากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้
3. **ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์**
- 3.1 มุ่งมั่นในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย

สาระการเรียนรู้

- ให้ a แทนจำนวนจริงบวกใด ๆ หรือ ศูนย์ รากที่สองของ a คือ จำนวนที่ยกกำลังสองแล้วได้ a เช่น

ตัวอย่างที่ 1

- 3 เป็นรากที่สองของ 9 เนื่องจาก $3^2 = 9$
 -3 เป็นรากที่สองของ 9 เนื่องจาก $(-3)^2 = 9$
 0 เป็นรากที่สองของ 0 เนื่องจาก $0^2 = 0$

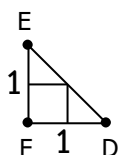
ตัวอย่างที่ 2

- เนื่องจาก $6^2 = 36$ ดังนั้น 6 เป็นรากที่สองของ 36
 เนื่องจาก $(-6)^2 = 36$ ดังนั้น -6 เป็นรากที่สองของ 36

ตัวอย่างที่ 3

- เนื่องจาก $8^2 = 64$ และ $(-8)^2 = 64$ ดังนั้นรากที่สองของ 64 คือ 8 และ -8

ตัวอย่างที่ 4



จากรูปจะได้ว่า $DE^2 = 1^2 + 1^2$
 $= 2$

ไม่มีจำนวนตรรกยะใดที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 2

เราใช้ $\sqrt{2}$ แทนจำนวนที่ยกกำลังสองแล้วได้ 2

$$\text{ดังนั้น } DE = \sqrt{2}$$

เรียก $\sqrt{2}$ ว่า รากที่สองที่เป็นบวกของ 2

• ถ้า a เป็นจำนวนจริงบวก รากที่สองของ a มีสองราก คือ รากที่สองที่เป็นบวกซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ \sqrt{a} และรากที่สองที่เป็นลบ ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ $-\sqrt{a}$

กิจกรรมการเรียนรู้ (การจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$)

(ชั่วโมงที่ 1)

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ

1. ครูทบทวนเกี่ยวกับเลขยกกำลัง โดยให้ตัวแทนนักเรียนนำบัตรแสดงจำนวนในฝั่งขวามือ ไปติดไว้หลังบัตรแสดงจำนวนฝั่งซ้ายมือ โดยมีหลักการติดคือ ให้หาจำนวนที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับจำนวนในฝั่งซ้ายมือ ซึ่งบัตรแสดงจำนวนมีลักษณะ ดังนี้

| บัตรแสดงจำนวน | |
|---------------|--------------------|
| ฝั่งซ้ายมือ | ฝั่งขวามือ |
| -16 | 0 -32 -18 -8 |
| -4 | -6 -4 -2 2 |
| 0 | 4 6 8 18 |
| 36 | 32 |
| 64 | |

2. นักเรียนควรติดบัตรแสดงจำนวนให้ได้ดังนี้

| | | |
|---------------|----|---|
| บัตรแสดงจำนวน | | |
| -16 | | |
| -4 | | |
| 0 | 0 | |
| 36 | -6 | 6 |
| 64 | -8 | 8 |

3. ครูใช้คำถามสะท้อนการรู้คิดเพื่อให้นักเรียนอธิบายการติดบัตรแสดงจำนวนดังนี้

3.1 มีจำนวนเต็มที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับจำนวนเต็มลบ หรือไม่ เพราะเหตุใด และถ้ามีจะมีกี่จำนวน (ไม่มีจำนวนเต็มที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับจำนวนเต็มลบ เพราะจำนวนเต็มใดๆ เมื่อยกกำลังสองแล้วจะเท่ากับจำนวนเต็มบวก หรือ 0 เท่านั้น)

3.2 มีจำนวนเต็มที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 0 หรือไม่ เพราะเหตุใด และถ้ามีจะมีกี่จำนวน (มีจำนวนเต็มที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 0 เพราะ $0^2 = 0$ ดังนั้นจำนวนเต็มที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 0 มี 1 จำนวน)

3.3 มีจำนวนเต็มที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับจำนวนเต็มบวก หรือไม่ เพราะเหตุใด และถ้ามีจะมีกี่จำนวน (มีจำนวนเต็มที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับจำนวนเต็มบวก เพราะจำนวนเต็มบวกยกกำลังสองแล้วเท่ากับจำนวนเต็มบวก และจำนวนเต็มลบยกกำลังสองแล้วเท่ากับจำนวนเต็มบวก ดังนั้นจำนวนเต็มที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับจำนวนเต็มบวกมี 2 จำนวน)

4. ในระหว่างการทำกิจกรรมขั้นนี้ ครูจะประเมินนักเรียนผ่านการ ตอบคำถามสะท้อนการรู้คิด ซึ่งเป็นการทบทวนเกี่ยวกับความรู้เรื่อง เลขยกกำลัง

ขั้นที่ 2 การศึกษาความรู้เป็นกลุ่ม**ขั้นสำรวจ และค้นหา**

5. นักเรียนนั่งเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 - 5 คนแบบคละความสามารถ ซึ่งเป็นกลุ่มที่ครูจัดไว้ให้ ก่อนเริ่มการจัดการเรียนรู้เรื่อง รากของจำนวนจริง

6. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันศึกษา และทำใบกิจกรรมที่ 1.1 TRAIN TO SQUARE ROOT เพื่อให้ได้ข้อสรุปของบทนิยามของรากที่สองด้วยตนเอง ซึ่งนักเรียนควรได้ข้อสรุปคือ ให้ a แทนจำนวนจริงบวกใด ๆ หรือ ศูนย์ รากที่สองของ a คือ จำนวนที่ยกกำลังสองแล้วได้ a โดยนักเรียนศึกษาจากตัวอย่าง ที่ 1, 2 และ 3 เพื่อให้นักเรียนเห็นแนวทางในการทำใบกิจกรรม ระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมครูใช้คำถามสะท้อนการรู้คิดดังนี้

6.1 รากที่สองของจำนวนจริงบวก มีจำนวนกี่รากเพราะเหตุใด (รากที่สองของจำนวนจริงบวก มีจำนวน 2 ราก เพราะจะมีจำนวนจริงบวก และจำนวนจริงลบที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับจำนวนจริงบวกที่กำหนดไว้เสมอ)

6.2 รากที่สองของ 0 มีจำนวนกี่รากเพราะเหตุใด (รากที่สองของ 0 มีจำนวน 1 ราก เพราะจะมี 0 ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 0)

7. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันศึกษา และทำใบกิจกรรมที่ 1.2 สามเหลี่ยมมุมฉากกับรากที่สอง เพื่อให้ให้นักเรียนหาข้อสังเกตเกี่ยวกับการหาความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉากของรูปสามเหลี่ยม โดยครูใช้คำถามสะท้อนการรู้คิดดังนี้

7.1 นักเรียนสามารถหาความยาวของด้าน AB และความยาวด้าน DF ได้อย่างไร (ความยาวของด้าน AB และด้าน DF สามารถหาได้จากการหารากที่สองที่เป็นบวกของ 25 และ 2 ตามลำดับ)

7.2 นักเรียนมีข้อสังเกตอะไรเกี่ยวกับการหาความยาวของด้าน AB และความยาวด้าน DF (เนื่องจาก $5^2 = 25$ ดังนั้นความยาวของด้าน AB ยาว 5 หน่วย ซึ่งเป็นจำนวนตรรกยะ และเนื่องจากไม่สามารถหาจำนวนตรรกยะที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 2 ได้ ดังนั้นความยาวของด้าน DF จึงไม่เป็นจำนวนตรรกยะ)

8. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันศึกษาใบความรู้ 1.1 สัญลักษณ์แทนรากที่สอง เมื่อศึกษาเรียบร้อยแล้วครูใช้คำถามกระตุ้นการคิดดังนี้

8.1 ถ้า a แทนจำนวนจริงบวก รากที่สองของ a มีกี่ราก จงเขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สองของ a และอธิบาย (รากที่สองของ a มีจำนวน 2 ราก ได้แก่ รากที่สองที่เป็นบวกซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ \sqrt{a} และรากที่สองที่เป็นลบ ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ $-\sqrt{a}$)

9. ในระหว่างการทำกิจกรรมขั้นนี้ ครูจะประเมินนักเรียนเกี่ยวกับความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของรากที่สอง และการเขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สอง จากวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูล และการตอบคำถามสะท้อนการรู้คิด

ข้ออธิบาย และลงข้อสรุป

10. ตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอข้อสรุปเกี่ยวกับความหมายของรากที่สอง และการเขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สอง ที่ได้จากการสำรวจ และค้นคว้าของกลุ่ม โดยใช้คำถามสะท้อนการรู้คิด ดังนี้

10.1 นักเรียนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความหมายของรากที่สอง จำนวนรากของรากที่สอง และการเขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สองอย่างไร จงอธิบาย (รากที่สองของจำนวนจริงบวก ซึ่งแทนด้วย a หมายถึงจำนวนจริงที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ a โดยรากที่สองของจำนวนจริงบวกจะมีสองราก ได้แก่ รากที่สองที่เป็นบวก ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ \sqrt{a} และ รากที่สองที่เป็นลบ ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ $-\sqrt{a}$ และรากที่สองของ 0 มีหนึ่งจำนวน ได้แก่ 0)

11. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับนิยาม และการเขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สองดังนี้

11.1 จากบทนิยาม จะได้ $(\sqrt{a})^2 = a$ และ $(-\sqrt{a})^2 = a$

11.2 \sqrt{a} ซึ่งเป็นรากที่สองที่เป็นบวกของ a อาจเรียกอีกอย่างว่า กรณฑ์ที่สองของ a

12. ในระหว่างการทำกิจกรรมขั้นนี้ ครูจะประเมินนักเรียนเกี่ยวกับเกี่ยวกับความหมายของรากที่สอง จำนวนรากของรากที่สองและการเขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สอง

(ชั่วโมงที่ 2)

ขั้นขยายความคิด

13. นักเรียนทำใบงานที่ 1.1 ความหมายของรากที่สอง ซึ่งเป็นใบงานเกี่ยวกับการทบทวนบทนิยามของรากที่สอง และการเขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สอง โดยให้นักเรียนนั่งเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 – 5 คนคละความสามารถตามที่ครู จัดให้ ระหว่างทำใบกิจกรรมนักเรียนภายในกลุ่มสามารถช่วยเหลือซึ่งกัน และกันได้ โดยใช้วิธีการของกลุ่มในการสอนเพื่อนในกลุ่มให้เข้าใจมากที่สุด

14. ครู และนักเรียนร่วมกันตรวจให้คะแนนใบงานที่ 1.1 ระหว่างนี้ครูใช้คำถามสะท้อนการรู้คิด ดังนี้

14.1 ให้ a แทนจำนวนจริงบวกใดๆ จงอธิบายความหมาย และการเขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สองของ a (รากที่สองของ a คือจำนวนจริงที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ a จะมีจำนวนสองราก ได้แก่ รากที่สองที่เป็นบวก เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ \sqrt{a} และรากที่สองที่เป็นลบ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $-\sqrt{a}$)

14.2 จงอธิบายความหมายของรากที่สองของ 0 (0 เป็นรากที่สองของ 0 เนื่องจาก $0^2 = 0$)

15. ในระหว่างการทำกิจกรรมขั้นนี้ ครูจะประเมินนักเรียนเกี่ยวกับความเข้าใจในบทนิยามของรากที่สอง และการเขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สอง ซึ่งประเมินผ่านการตอบคำถามกระตุ้นการรู้คิด และการทำใบงานที่ 1.1

ขั้นที่ 3 ทดสอบ

16. ครูให้นักเรียนนั่งแยกโต๊ะเป็นรายบุคคลเพื่อทำใบงานที่ 1.2 ความหมายของรากที่สอง ซึ่งเป็นการประเมินผลระหว่างเรียนเป็นรายบุคคล เพื่อนำคะแนนรายบุคคล คิดเป็นคะแนนของกลุ่ม และแจ้งคะแนนของกลุ่มในชั่วโมงถัดไป

ขั้นที่ 4 รับรองผลงาน

17. ครูแจ้งคะแนนพัฒนาการของกลุ่มแก่นักเรียนแต่ละกลุ่ม และชมเชยนักเรียนในกลุ่มที่ได้คะแนนพัฒนาการของกลุ่มสูงที่สุด

สื่อการเรียนรู้/ แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ 1.1 TRAIN TO SQUARE ROOT
2. ใบกิจกรรมที่ 1.2 สามเหลี่ยมมุมฉากกับรากที่สอง
3. ใบความรู้ที่ 1.1 สัญลักษณ์แทนรากที่สอง
4. ใบงานที่ 1.1 ความหมายของรากที่สอง
5. ใบงานที่ 1.2 ความหมายของรากที่สอง

การวัด และประเมินผล

| รายการประเมิน | วิธีการวัดผล | เครื่องมือวัดผล | เกณฑ์การประเมิน |
|---|---|--|---|
| <p>ด้านความรู้ นักเรียนสามารถ</p> <p>1. อธิบายความหมายของรากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้</p> <p>2. เขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สองได้</p> <p>3. อธิบายความสัมพันธ์ของการยกกำลังสอง และการหารากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้</p> | <p>ตรวจการตอบคำถามในชั้นเรียน</p> <p>จากใบกิจกรรมที่ 1.1 TRAIN TO SQUARE ROOT</p> <p>1.2 สัญลักษณ์แทนรากที่สองและการตอบคำถามสะท้อนการรู้คิด</p> | <p>- ใบกิจกรรมที่ 1.1 TRAIN TO SQUARE ROOT -</p> <p>ใบกิจกรรมที่ 1.2 สัญลักษณ์แทนรากที่สอง</p> <p>- คำถามสะท้อนการรู้คิด</p> | <p>- ทำถูกต้องร้อยละ 70 ถือว่าผ่าน</p> <p>- ทำถูกต้องร้อยละ 70 ถือว่าผ่าน</p> <p>- ตอบคำถามสะท้อนการรู้คิดได้ถูก ถือว่าผ่าน</p> |
| <p>ด้านทักษะกระบวนการนักเรียนสามารถ</p> <p>2. ให้เหตุผล สรุปผลเกี่ยวกับรากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้</p> | <p>การตอบคำถามเกี่ยวกับการให้เหตุผลของรากที่สอง ในใบงานที่ 1.1 ความหมายของรากที่สอง</p> | <p>ใบงานที่ 1.1 ความหมายของรากที่สอง</p> | <p>- ตอบคำถามเกี่ยวกับการให้เหตุผลของรากที่สองได้ถูกต้องร้อยละ 70 ถือว่าผ่าน</p> |
| <p>ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ นักเรียนสามารถ</p> <p>3. มุ่งมั่นในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย</p> | <p>การสังเกตพฤติกรรม</p> | <p>แบบสังเกตพฤติกรรม</p> | <p>นักเรียนมีพฤติกรรมในระดับพอใช้ขึ้นไป</p> |

เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรมนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

รายวิชาคณิตศาสตร์ 4 ค22102

| คะแนน พฤติกรรมนักเรียน | 3/ดี | 2/พอใช้ | 1/ควรปรับปรุง |
|---|---|---|--|
| ความมุ่งมั่นในหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมาย | จดบันทึกในใบ กิจกรรมที่ 1.1, 1.2 และใบงานที่ 1.1 และ 1.2 ครบถ้วน อ่านง่าย เป็นระเบียบ | จดบันทึกในใบ กิจกรรมที่ 1.1, 1.2 และใบงานที่ 1.1 และ 1.2 ครบถ้วน | จดบันทึกในใบ กิจกรรมที่ 1.1, 1.2 และใบงานที่ 1.1 และ 1.2 ไม่ครบถ้วน |

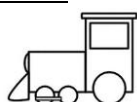
ใบกิจกรรมที่ 1.1

TRAIN TO SQUARE ROOT

จุดประสงค์การเรียนรู้: อธิบายความหมายของรากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้

คำชี้แจง: จงเติมคำตอบลงในขบวนรถไฟให้สมบูรณ์

ตัวอย่างที่ 1



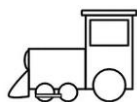
3 เป็นรากที่สองของ 9 เนื่องจาก $3^2 = 9$

1.1



-3 เป็นรากที่สองของ..... เนื่องจาก.....

1.2



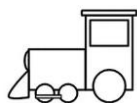
4 เป็นรากที่สองของ..... เนื่องจาก.....

1.3



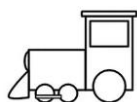
-4 เป็นรากที่สองของ..... เนื่องจาก.....

1.4



0 เป็นรากที่สองของ..... เนื่องจาก.....

ตัวอย่างที่ 2



เนื่องจาก $6^2 = 36$ ดังนั้น 6 เป็นรากที่สองของ 36

2.1



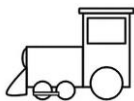
เนื่องจาก $(-6)^2 = 36$ ดังนั้น.....เป็นรากที่สองของ

2.2



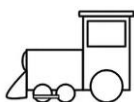
เนื่องจาก $7^2 = 49$ ดังนั้น.....เป็นรากที่สองของ

2.3



เนื่องจาก $(-7)^2 = 49$ ดังนั้น.....เป็นรากที่สองของ

ตัวอย่างที่ 3



เนื่องจาก $8^2 = 64$ และ $(-8)^2 = 64$ ดังนั้นรากที่สองของ 64 คือ 8 และ -8

3.1



เนื่องจาก $10^2 = 100$ และ $(-10)^2 = 100$ ดังนั้น.....

3.2



เนื่องจาก $15^2 = 225$ และ $(-15)^2 = 225$ ดังนั้น.....

3.3



เนื่องจาก $20^2 = 400$ และ $(-20)^2 = 400$ ดังนั้น.....

คำถามชวนคิด

★ รากที่สองของ a เมื่อ a แทนจำนวนจริงบวกใด ๆ หรือ 0 หมายความว่าอย่างไร

ตอบ

★ รากที่สองของจำนวนจริงบวก มีจำนวนกี่รากเพราะเหตุใด

ตอบ

★ รากที่สองของ 0 มีจำนวนกี่รากเพราะเหตุใด

ตอบ

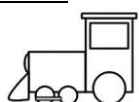
เฉลยใบกิจกรรมที่ 1.1

TRAIN TO SQUARE ROOT

จุดประสงค์การเรียนรู้: อธิบายความหมายของรากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้

คำชี้แจง: จงเติมคำตอบลงในขบวนรถไฟให้สมบูรณ์

ตัวอย่างที่ 1



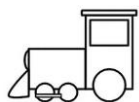
3 เป็นรากที่สองของ 9 เนื่องจาก $3^2 = 9$

1.1



-3 เป็นรากที่สองของ 9 เนื่องจาก $(-3)^2 = 9$

1.2



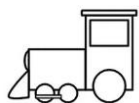
4 เป็นรากที่สองของ 16 เนื่องจาก $4^2 = 16$

1.3



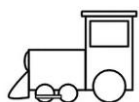
-4 เป็นรากที่สองของ 16 เนื่องจาก $(-4)^2 = 16$

1.4



0 เป็นรากที่สองของ 0 เนื่องจาก $0^2 = 0$

ตัวอย่างที่ 2



เนื่องจาก $6^2 = 36$ ดังนั้น 6 เป็นรากที่สองของ 36

2.1



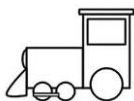
เนื่องจาก $(-6)^2 = 36$ ดังนั้น -6 เป็นรากที่สองของ 36

2.2



เนื่องจาก $7^2 = 49$ ดังนั้น 7 เป็นรากที่สองของ 49

2.3



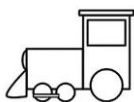
เนื่องจาก $(-7)^2 = 49$ ดังนั้น -7 เป็นรากที่สองของ 49

ตัวอย่างที่ 3



เนื่องจาก $8^2 = 64$ และ $(-8)^2 = 64$ ดังนั้นรากที่สองของ 64 คือ 8 และ -8

3.1



เนื่องจาก $10^2 = 100$ และ $(-10)^2 = 100$ ดังนั้นรากที่สองของ 100 คือ 10 และ -10

3.2



เนื่องจาก $15^2 = 225$ และ $(-15)^2 = 225$ ดังนั้นรากที่สองของ 225 คือ 15 และ -15

3.3



เนื่องจาก $20^2 = 400$ และ $(-20)^2 = 400$ ดังนั้นรากที่สองของ 400 คือ 20 และ -20

คำถามชวนคิด

★ รากที่สองของ a เมื่อ a แทนจำนวนจริงบวกใด ๆ หรือ 0 หมายความว่าอย่างไร

ตอบ จำนวนจริงที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ a

★ รากที่สองของจำนวนจริงบวก มีจำนวนกี่รากเพราะเหตุใด

ตอบ รากที่สองของจำนวนจริงบวก มีจำนวน 2 ราก เพราะจะมีจำนวนจริงบวก และจำนวนจริงลบที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับจำนวนจริงบวกที่กำหนดไว้เสมอ

★ รากที่สองของ 0 มีจำนวนกี่รากเพราะเหตุใด

ตอบ รากที่สองของ 0 มีจำนวน 1 ราก เพราะจะมี 0 ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 0

ใบกิจกรรมที่ 1.2

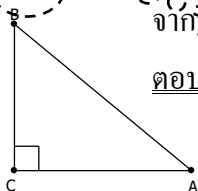
สามเหลี่ยมมุมฉากกับรากที่สอง

จุดประสงค์การเรียนรู้: เขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สองได้

ยังจำได้ไหม

จากรูปจงหาความสัมพันธ์ของด้านทั้งสามของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก

ตอบ



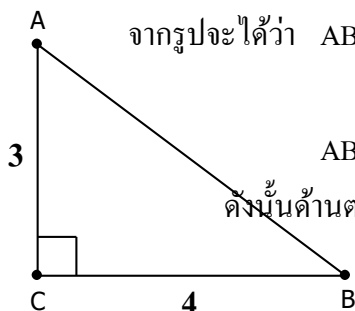
คำชี้แจง: จงหาความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉากของรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่กำหนดให้

1. จากรูปจะได้ว่า $AB^2 = \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$

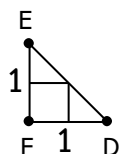
$AB = \dots\dots\dots$

ดังนั้นด้านตรงข้ามมุมฉากยาว หน่วย



2. จากรูปจะได้ว่า $DE^2 = \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$



คำถามชวนคิด

★ นักเรียนสามารถหาความยาวของด้าน AB และความยาวด้าน DE ได้อย่างไร

ตอบ.....

★ นักเรียนมีข้อสังเกตอะไรเกี่ยวกับการหาความยาวของด้าน AB และความยาวด้าน DE

ตอบ.....

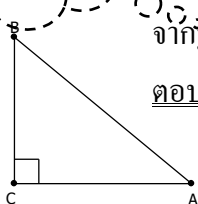
.....

เฉลยไปกิจกรรมที่ 1.2

สามเหลี่ยมมุมฉากกับรากที่สอง

จุดประสงค์การเรียนรู้: เขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สองได้

ยังจำได้ไหม



จากรูปจงหาความสัมพันธ์ของด้านทั้งสามของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก

ตอบ $AB^2 = BC^2 + AC^2$ หรือ $BC^2 = AB^2 - AC^2$ หรือ $AC^2 = AB^2 - BC^2$

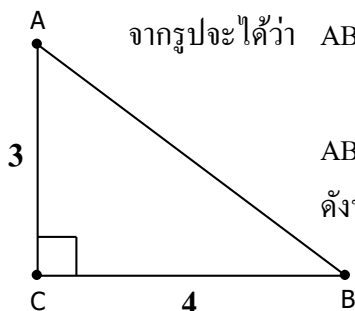
คำชี้แจง: จงหาความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉากของรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่กำหนดให้

1. จากรูปจะได้ว่า $AB^2 = 3^2 + 4^2$

$$= 25$$

$$AB = 5$$

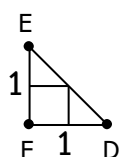
ดังนั้นด้านตรงข้ามมุมฉากยาว 5 หน่วย



2. จากรูปจะได้ว่า $DE^2 = 1^2 + 1^2$

$$= 2$$

ไม่มีจำนวนตรรกยะใดที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 2



คำถามชวนคิด

★ นักเรียนสามารถหาความยาวของด้าน AB และความยาวด้าน DE ได้อย่างไร

ตอบ ความยาวของด้าน AB และด้าน DE สามารถหาได้จากการหารากที่สองที่เป็นบวกของ 25 และ 2 ตามลำดับ

★ นักเรียนมีข้อสังเกตอะไรเกี่ยวกับการหาความยาวของด้าน AB และความยาวด้าน DE

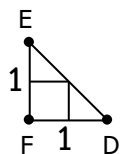
ตอบ เนื่องจาก $5^2 = 25$ ดังนั้นความยาวของด้าน AB ยาว 5 หน่วย ซึ่งเป็นจำนวนตรรกยะ

เนื่องจากไม่สามารถหาจำนวนตรรกยะที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 2 ได้ ดังนั้นความยาวของด้าน DF จึงไม่เป็นจำนวนตรรกยะ

ใบความรู้ที่ 1.1

สัญลักษณ์แทนรากที่สอง

ตัวอย่าง



$$\begin{aligned} \text{จากรูปจะได้ว่า } DE^2 &= 1^2 + 1^2 \\ &= 2 \end{aligned}$$

ไม่มีจำนวนตรรกยะใดที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 2

เราใช้ $\sqrt{2}$ แทนจำนวนที่ยกกำลังสองแล้วได้ 2

ดังนั้น $DE = \sqrt{2}$

เรียก $\sqrt{2}$ ว่า รากที่สองที่เป็นบวกของ 2

คำถามชวนคิด

★ ถ้า a แทนจำนวนจริงบวก รากที่สองของ a มีกี่ราก จงเขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สองของ a และอธิบายความหมาย

ตอบ.....

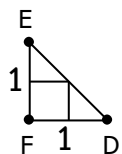
.....

.....

เฉลยใบความรู้ที่ 1.1

สัญลักษณ์แทนรากที่สอง

ตัวอย่าง



$$\begin{aligned} \text{จากรูปจะได้ว่า } DE^2 &= 1^2 + 1^2 \\ &= 2 \end{aligned}$$

ไม่มีจำนวนตรรกยะใดที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 2

เราใช้ $\sqrt{2}$ แทนจำนวนที่ยกกำลังสองแล้วได้ 2

$$\text{ดังนั้น } DE = \sqrt{2}$$

เรียก $\sqrt{2}$ ว่า รากที่สองที่เป็นบวกของ 2

คำถามชวนคิด

★ ถ้า a แทนจำนวนจริงบวก รากที่สองของ a มีกี่ราก จงเขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สองของ a และอธิบาย

ตอบ รากที่สองของ a มีจำนวน 2 ราก ได้แก่ รากที่สองที่เป็นบวกซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ \sqrt{a} และรากที่สองที่เป็นลบ ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ $-\sqrt{a}$

ใบงานที่ 1.1

ความหมายของรากที่สอง

- จุดประสงค์การเรียนรู้: 1. อธิบายความหมายของรากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้
2. เขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สองได้

คำชี้แจง: จงเติมคำตอบลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

| ข้อ | จำนวน | รากที่สองของ | เหตุผล | จำนวน | รากที่สองของ | เหตุผล | จำนวน | รากที่สองของ | เหตุผล |
|-----|-------|------------------------------|---|--------|--------------------------------|---|----------------|--|---|
| 1 | 16 | 4 และ -4 | $4^2 = 16$ และ $(-4)^2 = 16$ | 0.16 | 0.4 และ -0.4 | $(0.4)^2 = 0.16$ และ $(-0.4)^2 = 0.16$ | $\frac{1}{16}$ | $\frac{1}{4}$ และ $-\frac{1}{4}$ | $\left(\frac{1}{4}\right)^2 = \frac{1}{16}$ และ $\left(-\frac{1}{4}\right)^2 = \frac{1}{16}$ |
| 2 | 36 | | | 0.36 | | | $\frac{1}{36}$ | | |
| 3 | 49 | | | 0.0049 | | | $\frac{1}{49}$ | | |
| 4 | 10 | $\sqrt{10}$ และ $-\sqrt{10}$ | $(\sqrt{10})^2 = 10$ และ $(-\sqrt{10})^2 = 10$ | 0.1 | $\sqrt{0.1}$ และ $-\sqrt{0.1}$ | $(\sqrt{0.1})^2 = 0.1$ และ $(-\sqrt{0.1})^2 = 0.1$ | $\frac{1}{10}$ | $\sqrt{\frac{1}{10}}$ และ $-\sqrt{\frac{1}{10}}$ | $\left(\sqrt{\frac{1}{10}}\right)^2 = \frac{1}{10}$ และ $\left(-\sqrt{\frac{1}{10}}\right)^2 = \frac{1}{10}$ |
| 5 | 15 | | | 0.15 | | | $\frac{2}{15}$ | | |
| 6 | 200 | | | 0.02 | | | $\frac{1}{20}$ | | |

คำถามชวนคิด

★ ให้ a แทนจำนวนจริงบวกใดๆ จงอธิบายความหมาย และการเขียนสัญลัษณ์ แทนรากที่สองของ a

ตอบ

.....

.....

.....

★ จงอธิบายความหมายของรากที่สองของ 0

ตอบ

เฉลยใบงานที่ 1.1
ความหมายของรากที่สอง

- จุดประสงค์การเรียนรู้: 1. อธิบายความหมายของรากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้
2. เขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สองได้

คำชี้แจง: จงเติมคำตอบลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

| ข้อ | จำนวน | รากที่สองของ | เหตุผล | จำนวน | รากที่สองของ | เหตุผล | จำนวน | รากที่สองของ | เหตุผล |
|-----|-------|-----------------------------------|---|--------|----------------------------------|---|-----------------|--|---|
| 1 | 16 | 4 และ -4 | $4^2=16$ และ $(-4)^2=16$ | 0.16 | 0.4 และ -0.4 | $(0.4)^2=0.16$ และ $(-0.4)^2=0.16$ | $\frac{1}{16}$ | $\frac{1}{4}$ และ $-\frac{1}{4}$ | $(\frac{1}{4})^2=\frac{1}{16}$ และ $(-\frac{1}{4})^2=\frac{1}{16}$ |
| 2 | 36 | 6 และ -6 | $6^2=36$ และ $(-6)^2=36$ | 0.36 | 0.6 และ -0.6 | $(0.6)^2=0.36$ และ $(-0.6)^2=0.36$ | $\frac{1}{36}$ | $\frac{1}{6}$ และ $-\frac{1}{6}$ | $(\frac{1}{6})^2=\frac{1}{36}$ และ $(-\frac{1}{6})^2=\frac{1}{36}$ |
| 3 | 49 | 7 และ -7 | $7^2=49$ และ $(-7)^2=49$ | 0.0049 | 0.07 และ -0.07 | $(0.07)^2=0.0049$ และ $(-0.07)^2=0.0049$ | $\frac{36}{49}$ | $\frac{6}{7}$ และ $-\frac{6}{7}$ | $(\frac{6}{7})^2=\frac{36}{49}$ และ $(-\frac{6}{7})^2=\frac{36}{49}$ |
| 4 | 10 | $\sqrt{10}$ และ $-\sqrt{10}$ | $(\sqrt{10})^2=10$ และ $(-\sqrt{10})^2=10$ | 0.1 | $\sqrt{0.1}$ และ $-\sqrt{0.1}$ | $(\sqrt{0.1})^2=0.1$ และ $(-\sqrt{0.1})^2=0.1$ | $\frac{1}{10}$ | $\sqrt{\frac{1}{10}}$ และ $-\sqrt{\frac{1}{10}}$ | $(\sqrt{\frac{1}{10}})^2=\frac{1}{10}$ และ $(-\sqrt{\frac{1}{10}})^2=\frac{1}{10}$ |
| 5 | 15 | $\sqrt{15}$ และ $-\sqrt{15}$ | $(\sqrt{15})^2=15$ และ $(-\sqrt{15})^2=15$ | 0.15 | $\sqrt{0.15}$ และ $-\sqrt{0.15}$ | $(\sqrt{0.15})^2=0.15$ และ $(-\sqrt{0.15})^2=0.15$ | $\frac{2}{15}$ | $\sqrt{\frac{1}{10}}$ และ $-\sqrt{\frac{1}{10}}$ | $(\sqrt{\frac{1}{10}})^2=\frac{1}{10}$ และ $(-\sqrt{\frac{1}{10}})^2=\frac{1}{10}$ |
| 6 | 200 | $\sqrt{200}$ และ $-\sqrt{200}$ | $(\sqrt{200})^2=200$ และ $(-\sqrt{200})^2=200$ | 0.02 | $\sqrt{0.02}$ และ $-\sqrt{0.02}$ | $(\sqrt{0.02})^2=0.02$ และ $(-\sqrt{0.02})^2=0.02$ | $\frac{1}{20}$ | $\sqrt{\frac{1}{20}}$ และ $-\sqrt{\frac{1}{20}}$ | $(\sqrt{\frac{1}{20}})^2=\frac{1}{20}$ และ $(-\sqrt{\frac{1}{20}})^2=\frac{1}{20}$ |

คำถามชวนคิด

★ ให้ a แทนจำนวนจริงบวกใดๆ จงอธิบายความหมาย และการเขียนสัญลักษณ์ แทนรากที่สองของ a

ตอบ รากที่สองของ a คือจำนวนจริงที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ a จะมีจำนวน สองรากได้แก่ รากที่สองที่เป็นบวก เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ \sqrt{a} และรากที่สองที่เป็นลบ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $-\sqrt{a}$

★ จงอธิบายความหมายของรากที่สองของ 0

ตอบ 0 เป็นรากที่สองของ 0 เนื่องจาก $0^2 = 0$

ใบงานที่ 1.2

ความหมายของรากที่สอง

- จุดประสงค์การเรียนรู้: 1. อธิบายความหมายของรากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้
2. เขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สองได้

คำชี้แจง: จงเติมคำตอบลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

| | |
|--|--|
| <p>1) รากที่สองของ 0.01 มี.....ราก</p> <p>เขียนแทนด้วย และ</p> <p>เนื่องจาก.....</p> <p>.....</p> <p>ดังนั้น.....</p> | <p>4) รากที่สองของ $\frac{9}{64}$ มี.....ราก</p> <p>เขียนแทนด้วย และ</p> <p>เนื่องจาก.....</p> <p>.....</p> <p>ดังนั้น.....</p> |
| <p>1) รากที่สองของ 0.25 มี.....ราก</p> <p>เขียนแทนด้วย และ</p> <p>เนื่องจาก.....</p> <p>.....</p> <p>ดังนั้น.....</p> | <p>5) รากที่สองของ 18 มี.....ราก</p> <p>เขียนแทนด้วย และ</p> <p>เนื่องจาก.....</p> <p>.....</p> <p>ดังนั้น.....</p> |
| <p>3) รากที่สองของ $\frac{1}{49}$ มี.....ราก</p> <p>เขียนแทนด้วย และ</p> <p>เนื่องจาก.....</p> <p>.....</p> <p>ดังนั้น.....</p> | <p>6) รากที่สองของ 27 มี.....ราก</p> <p>เขียนแทนด้วย และ</p> <p>เนื่องจาก.....</p> <p>.....</p> <p>ดังนั้น.....</p> |

เฉลยใบงานที่ 1.2

ความหมายของรากที่สอง

- จุดประสงค์การเรียนรู้: 1. อธิบายความหมายของรากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้
2. เขียนสัญลักษณ์แทนรากที่สองได้

คำชี้แจง: จงเติมคำตอบลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

| | |
|--|--|
| <p>1) รากที่สองของ 0.01 มี 2 ราก</p> <p>เขียนแทนด้วย $\sqrt{0.01}$ และ $-\sqrt{0.01}$</p> <p>เนื่องจาก $\sqrt{0.01} = 0.1$</p> <p style="text-align: center;">$-\sqrt{0.01} = -0.1$</p> <p>ดังนั้นรากที่สองของ 0.01 คือ 0.1 และ -0.1</p> | <p>5) รากที่สองของ $\frac{9}{64}$ มี 2 ราก</p> <p>เขียนแทนด้วย $\sqrt{\frac{9}{64}}$ และ $-\sqrt{\frac{9}{64}}$</p> <p>เนื่องจาก $\sqrt{\frac{9}{64}} = \frac{3}{8}$</p> <p style="text-align: center;">$-\sqrt{\frac{9}{64}} = -\frac{3}{8}$</p> <p>ดังนั้นรากที่สองของ $\frac{9}{64}$ คือ $\frac{3}{8}$ และ $-\frac{3}{8}$</p> |
| <p>1) รากที่สองของ 0.25 มี 2 ราก</p> <p>เขียนแทนด้วย $\sqrt{0.25}$ และ $-\sqrt{0.25}$</p> <p>เนื่องจาก $\sqrt{0.25} = 0.5$</p> <p style="text-align: center;">$-\sqrt{0.25} = -0.5$</p> <p>ดังนั้นรากที่สองของ 0.25 คือ 0.5 และ -0.5</p> | <p>5) รากที่สองของ 18 มี 2 ราก</p> <p>เขียนแทนด้วย $\sqrt{18}$ และ $-\sqrt{18}$</p> <p>เนื่องจาก <u>ไม่มีจำนวนตรรกยะที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 18.</u></p> <p>ดังนั้นรากที่สองของ 18 คือ $\sqrt{18}$ และ $-\sqrt{18}$</p> |
| <p>3) รากที่สองของ $\frac{1}{49}$ มี 2 ราก</p> <p>เขียนแทนด้วย $\sqrt{\frac{1}{49}}$ และ $-\sqrt{\frac{1}{49}}$</p> <p>เนื่องจาก $\sqrt{\frac{1}{49}} = \frac{1}{7}$</p> <p style="text-align: center;">$-\sqrt{\frac{1}{49}} = -\frac{1}{7}$</p> <p>ดังนั้นรากที่สองของ $\frac{1}{49}$ คือ $\frac{1}{7}$ และ $-\frac{1}{7}$</p> | <p>6) รากที่สองของ 27 มี 2 ราก</p> <p>เขียนแทนด้วย $\sqrt{27}$ และ $-\sqrt{27}$</p> <p>เนื่องจาก <u>ไม่มีจำนวนตรรกยะที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 27.</u></p> <p>ดังนั้นรากที่สองของ 27 คือ $\sqrt{27}$ และ $-\sqrt{27}$</p> |

บันทึกผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

รายวิชา คณิตศาสตร์4

รหัสวิชา ค22102

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผู้สอน นางสาวปารวี คุณีละ

ผลการสอน

.....
.....
.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....
.....
.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางการแก้ไข

.....
.....
.....

ลงชื่อ ครูผู้สอน
(.....)
...../...../.....

ความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

.....
.....
.....

ลงชื่อ หัวหน้ากลุ่มสาระ/ผู้นิเทศ
(.....)
...../...../.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รหัสวิชา ค22102 รายวิชาคณิตศาสตร์ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนจริง (รากของจำนวนจริง)
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การหารากที่สองโดยวิธีการแยกตัวประกอบ เวลา 2 ชั่วโมง

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ค1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์
 ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อ
 ความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และ
 เชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ตัวชี้วัด

ค1.2 ม.2/1 หารากที่สอง และรากที่สามของจำนวนเต็ม โดยการแยกตัวประกอบ และ
 นำไปใช้ในการแก้ปัญหารวมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ

ค 6.1 ม.2/5 เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์และนำความรู้ หลักการ กระบวนการ
 ทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ

ค 6.1 ม.2/3 ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม

สาระสำคัญ / ความคิดรวบยอด

การหารากที่สองของจำนวนเต็มบวก โดยวิธีการแยกตัวประกอบทำได้โดยเขียนจำนวน
 เต็มบวกนั้นในรูปการคูณกันของตัวประกอบเฉพาะ จากนั้นหาจำนวนเฉพาะหรือผลคูณของจำนวน
 เฉพาะที่เป็นรากที่สองของจำนวนนั้นๆ

จุดประสงค์การเรียนรู้

หลังจากนักเรียนจบคาบนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. ด้านความรู้

1.1 หารากที่สองของจำนวนเต็ม โดยการแยกตัวประกอบได้

2. ด้านทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.1 เชื่อมโยงความรู้ เรื่อง การหารากที่สองของจำนวนเต็ม กับการแยกตัวประกอบของจำนวนเต็มได้

2.2 ให้อุณหภูมิเกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้นจากการหารากที่สองของจำนวนจริง

3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

3.1 ตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

สาระการเรียนรู้

การหารากที่สองของจำนวนเต็ม โดยวิธีการแยกตัวประกอบทำได้โดยการเขียนจำนวนเต็มนั้นในรูปการคูณกันของตัวประกอบเฉพาะ จากนั้นหาจำนวนเฉพาะหรือผลคูณของจำนวนเฉพาะที่เป็นรากที่สองของจำนวนนั้นๆ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 จงหารากที่สองของ 4 โดยการแยกตัวประกอบ

วิธีทำ รากที่สองของ 4 คือ $\sqrt{4}$ และ $-\sqrt{4}$

$$\text{เนื่องจาก } \sqrt{4} = \sqrt{2 \times 2}$$

$$= \sqrt{2^2}$$

$$= 2$$

และ $-\sqrt{4} = -2$

ดังนั้นรากที่สองของ 4 คือ 2 และ -2

ตัวอย่างที่ 2 จงหารากที่สองของ 225 โดยการแยกตัวประกอบ

วิธีทำ รากที่สองของ 225 คือ $\sqrt{225}$ และ $-\sqrt{225}$

$$\sqrt{225} = \sqrt{3 \times 3 \times 5 \times 5}$$

$$= \sqrt{(3 \times 5) \times (3 \times 5)}$$

$$= \sqrt{(3 \times 5)^2}$$

$$= \sqrt{15^2}$$

$$= 15$$

และ $-\sqrt{225} = -15$

ดังนั้นรากที่สองของ 225 คือ 15 และ -15

กิจกรรมการเรียนรู้ (การจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ $4E \times 2$)

(ชั่วโมงที่ 1)

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ

1. ครูประกาศคะแนนของนักเรียนเป็นรายบุคคลจากการทดสอบในคาบเรียนที่ผ่านมา เรื่อง การหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ เพื่อให้ นักเรียนภายในกลุ่มได้รับทราบผล และวางแผนพัฒนาความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่มให้ดีขึ้นในคาบต่อไป

2. ครูนำนักเรียนร่วมสนทนาเพื่อทบทวนเกี่ยวกับ ความหมายของรากที่สอง โดยใช้คำถามสะท้อนการรู้คิดดังนี้

2.1 ถ้า a เป็นจำนวนจริงบวกใด ๆ รากที่สองของ a หมายความว่าอย่างไร (จำนวนจริงที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ a)

2.2 ถ้า a เป็นจำนวนจริงบวกใด ๆ รากที่สองของ a จะมีกี่ราก (2 ราก)

2.3 ถ้า a เป็นจำนวนจริงบวกใด ๆ \sqrt{a} หมายความว่าอย่างไร (รากที่สองที่เป็นบวกของ a)

2.4 ถ้า a เป็นจำนวนจริงบวกใด ๆ $-\sqrt{a}$ หมายความว่าอย่างไร (รากที่สองที่เป็นลบของ a)

3. ครูเขียนจำนวนบนกระดาน เพื่อให้ นักเรียนหารากของจำนวนที่กำหนดให้ โดยครูใช้คำถามสะท้อนการรู้คิดดังนี้

3.1 รากที่สองของ 9 คือจำนวนใด (3 และ -3)

3.2 รากที่สองของ 16 คือจำนวนใด (4 และ -4)

3.3 รากที่สองของ 144 คือจำนวนใด (12 และ -12)

3.4 รากที่สองของ 625 คือจำนวนใด (25 และ -25)

3.5 นักเรียนมีวิธีการอย่างไรในการหารากที่สอง (สุ่มจำนวนแล้วนำมายกกำลังสอง)

3.6 นักเรียนมีวิธีการหารากโดยไม่ใช้การสุ่มหรือไม่ อย่างไร

4. ในระหว่างการทำกิจกรรมขั้นนี้ ครูจะประเมินนักเรียนผ่านการตอบคำถามสะท้อนการรู้คิด ซึ่งเป็นการทบทวนเกี่ยวกับความหมายของรากที่สอง และการคาดการณ์วิธีการหารากที่สองโดยไม่ใช้การสุ่มจำนวน

ขั้นที่ 2 การศึกษาความรู้เป็นกลุ่ม

ขั้นสำรวจ และค้นหา

5. นักเรียนนั่งเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 - 5 คนแบบคละความสามารถ ซึ่งเป็นกลุ่มที่ครูจัดไว้ให้ ก่อนเริ่มการจัดการเรียนรู้เรื่อง รากของจำนวนจริง

6. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันศึกษา และทำใบกิจกรรมที่ 2.1 การหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ เพื่อให้ได้ข้อสรุปภายในกลุ่มของการหารากที่สองของจำนวนเต็มบวก โดยวิธีการแยกตัวประกอบซึ่งทำได้โดยการเขียนจำนวนเต็มบวก นั้นในรูปการ คูณกันของจำนวนเฉพาะ จากนั้นหาจำนวนเฉพาะหรือผลคูณของจำนวนเฉพาะที่เป็นรากที่สองของจำนวนนั้น โดยนักเรียนศึกษาจากตัวอย่าง ที่ 1 และ 2 เพื่อให้นักเรียนเห็นแนวทางในการทำใบกิจกรรม ระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมครูใช้คำถามสะท้อนการรู้คิดดังนี้

6.1 ถ้า a เป็นจำนวนเต็มบวก รากที่สองของ a หมายความว่าอย่างไร จงอธิบาย (รากที่สองของ a คือจำนวนเต็มที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ a มีจำนวนสองรากได้แก่ รากที่สองที่เป็นบวกของ a และรากที่สองที่เป็นลบของ a)

6.2 ถ้า a เป็นจำนวนเต็มบวก \sqrt{a} มีความหมายว่าอย่างไร จงอธิบาย (รากที่สองที่เป็นบวกของ a ซึ่งมีจำนวน 1 ราก)

6.3 ถ้า a เป็นจำนวนเต็มบวก $-\sqrt{a}$ มีความหมายว่าอย่างไร จงอธิบาย (รากที่สองที่เป็นลบของ a ซึ่งมีจำนวน 1 ราก)

6.4 การหารากที่สองของจำนวนเต็มบวก โดยวิธีการแยกตัวประกอบทำได้อย่างไร (ทำได้โดยการเขียนจำนวนเต็มบวก นั้นในรูปการ คูณกันของจำนวนเฉพาะ จากนั้นหาจำนวนเฉพาะหรือผลคูณของจำนวนเฉพาะที่เป็นรากที่สองของจำนวนนั้นๆ)

7. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายข้อสังเกตดังกล่าว พร้อมหาข้อสรุปเป็นรายกลุ่ม และเลือกตัวแทนกลุ่มเพื่อออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน

8. ในระหว่างการทำกิจกรรมขั้นนี้ ครูจะประเมินนักเรียนเกี่ยวกับความเข้าใจเกี่ยวกับการหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ จากวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูล ว่าถูกต้องหรือไม่ การสังเกตการสะท้อนการรู้คิด และการอภิปรายในกลุ่ม

ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป

9. ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อออกมานำเสนอข้อสรุปจากการศึกษาใบกิจกรรมที่ 2.1 เกี่ยวกับการหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ ซึ่งนักเรียนควรสรุปให้ได้ดังนี้

| ข้อ | จำนวน | เขียนจำนวนในรูปการคูณของจำนวนเฉพาะ | รากที่สองที่เป็นบวกของจำนวน | รากที่สองที่เป็นลบของจำนวน | รากที่สองของจำนวน |
|-----|-------|--|--|--|-------------------|
| 1 | 4 | $4 = 2 \times 2$ | $\sqrt{4} = \sqrt{2 \times 2}$ $= \sqrt{2^2} = 2$ | $-\sqrt{4} = -\sqrt{2 \times 2}$ $= -\sqrt{2^2} = -2$ | 2 และ -2 |
| 2 | 49 | $49 = 7 \times 7$ | $\sqrt{49} = \sqrt{7 \times 7}$ $= \sqrt{7^2} = 7$ | $-\sqrt{49} = -\sqrt{7 \times 7}$ $= -\sqrt{7^2} = -7$ | 7 และ -7 |
| 3 | 169 | $169 = 13 \times 13$ | $\sqrt{169} = \sqrt{13 \times 13}$ $= \sqrt{13^2} = 13$ | $-\sqrt{169} = -\sqrt{13 \times 13}$ $= -\sqrt{13^2} = -13$ | 13 และ -13 |
| 4 | 225 | $225 = 3 \times 3 \times 5 \times 5$ $\begin{array}{r} 3 \overline{) 225} \\ 3 \overline{) 75} \\ 5 \overline{) 25} \\ \hline 5 \end{array}$ | $\sqrt{225} = \sqrt{3 \times 3 \times 5 \times 5}$ $= \sqrt{(3 \times 5) \times (3 \times 5)}$ $= \sqrt{(3 \times 5)^2}$ $= \sqrt{15^2} = 15$ | $-\sqrt{225} = -\sqrt{3 \times 3 \times 5 \times 5}$ $= -\sqrt{(3 \times 5) \times (3 \times 5)}$ $= -\sqrt{(3 \times 5)^2}$ $= -\sqrt{15^2} = -15$ | 15 และ -15 |
| 5 | 441 | $441 = 3 \times 3 \times 7 \times 7$ $\begin{array}{r} 3 \overline{) 441} \\ 3 \overline{) 147} \\ 7 \overline{) 49} \\ \hline 7 \end{array}$ | $\sqrt{441} = \sqrt{3 \times 3 \times 7 \times 7}$ $= \sqrt{(3 \times 7) \times (3 \times 7)}$ $= \sqrt{(3 \times 7)^2}$ $= \sqrt{21^2} = 21$ | $-\sqrt{441} = -\sqrt{3 \times 3 \times 7 \times 7}$ $= -\sqrt{(3 \times 7) \times (3 \times 7)}$ $= -\sqrt{(3 \times 7)^2}$ $= -\sqrt{21^2} = -21$ | 21 และ -21 |

| ข้อ | จำนวน | เขียนจำนวนในรูปการคูณของจำนวนเฉพาะ | รากที่สองที่เป็นบวกของจำนวน | รากที่สองที่เป็นลบของจำนวน | รากที่สองของจำนวน |
|-----|-------|--|---|---|-------------------|
| 6 | 625 | $625 = 5 \times 5 \times 5 \times 5$ $\begin{array}{r} 5 \overline{) 625} \\ \underline{5 } \\ 125 \\ \underline{5 } \\ 25 \\ \underline{5 } \\ 5 \end{array}$ | $\sqrt{625} = \sqrt{5 \times 5 \times 5 \times 5}$ $= \sqrt{(5 \times 5) \times (5 \times 5)}$ $= \sqrt{(5 \times 5)^2}$ $= \sqrt{25^2} = 25$ | $-\sqrt{625} = -\sqrt{5 \times 5 \times 5 \times 5}$ $= -\sqrt{(5 \times 5) \times (5 \times 5)}$ $= -\sqrt{(5 \times 5)^2}$ $= -\sqrt{25^2} = -25$ | 25 และ -25 |
| 7 | 784 | $784 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 7 \times 7$ $\begin{array}{r} 2 \overline{) 784} \\ \underline{2 } \\ 392 \\ \underline{2 } \\ 196 \\ \underline{2 } \\ 98 \\ \underline{7 } \\ 49 \\ \underline{7 } \\ 7 \end{array}$ | $\sqrt{784} = \sqrt{2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 7 \times 7}$ $= \sqrt{(2 \times 2 \times 7) \times (2 \times 2 \times 7)}$ $= \sqrt{(2 \times 2 \times 7)^2}$ $= \sqrt{28^2} = 28$ | $-\sqrt{784} = -$ $\sqrt{2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 7 \times 7}$ $= -\sqrt{(2 \times 2 \times 7) \times (2 \times 2 \times 7)}$ $= -\sqrt{(2 \times 2 \times 7)^2}$ $= -\sqrt{28^2} = -28$ | 28 และ -28 |
| 8 | 1,089 | $1,089 = 3 \times 3 \times 11 \times 11$ $\begin{array}{r} 3 \overline{) 1089} \\ \underline{3 } \\ 363 \\ \underline{3 } \\ 121 \\ \underline{11 } \\ 11 \\ \underline{11 } \\ 0 \end{array}$ | $\sqrt{1089} = \sqrt{3 \times 3 \times 11 \times 11}$ $= \sqrt{(3 \times 11) \times (3 \times 11)}$ $= \sqrt{(3 \times 11)^2}$ $= \sqrt{33^2} = 33$ | $-\sqrt{1089} = -\sqrt{3 \times 3 \times 11 \times 11}$ $= -\sqrt{(3 \times 11) \times (3 \times 11)}$ $= -\sqrt{(3 \times 11)^2}$ $= -\sqrt{33^2} = -33$ | 33 และ -33 |

| ข้อ | จำนวน | เขียนจำนวนในรูปการคูณของจำนวนเฉพาะ | รากที่สองที่เป็นบวกของจำนวน | รากที่สองที่เป็นลบของจำนวน | รากที่สองของจำนวน |
|-----|-------|---|---|--|-------------------|
| 9 | 1,764 | $784 = 2 \times 2 \times 3 \times 3 \times 7 \times 7$ $\begin{array}{r} 2 \overline{) 1764} \\ \underline{34} \\ 2 \overline{) 882} \\ \underline{176} \\ 3 \overline{) 441} \\ \underline{420} \\ 3 \overline{) 147} \\ \underline{147} \\ 7 \overline{) 49} \\ \underline{49} \\ \hline 1 \end{array}$ | $\sqrt{1764} =$ $\sqrt{2 \times 2 \times 3 \times 3 \times 7 \times 7}$ $= \sqrt{(2 \times 3 \times 7) \times (2 \times 3 \times 7)}$ $= \sqrt{(2 \times 3 \times 7)^2}$ $= \sqrt{42^2} = 42$ | $-\sqrt{1764} = -\sqrt{2 \times 2 \times 3 \times 3 \times 7 \times 7}$ $= -\sqrt{(2 \times 3 \times 7) \times (2 \times 3 \times 7)}$ $= -\sqrt{(2 \times 3 \times 7)^2}$ $= -\sqrt{42^2} = -42$ | 42 และ -42 |
| 10 | 2,601 | $2601 = 3 \times 3 \times 17 \times 17$ $\begin{array}{r} 3 \overline{) 2601} \\ \underline{60} \\ 3 \overline{) 867} \\ \underline{810} \\ 17 \overline{) 289} \\ \underline{255} \\ \hline 1 \end{array}$ | $\sqrt{2601} = \sqrt{3 \times 3 \times 17 \times 17}$ $= \sqrt{(3 \times 17) \times (3 \times 17)}$ $= \sqrt{(3 \times 17)^2}$ $= \sqrt{51^2} = 51$ | $-\sqrt{2601} = -\sqrt{3 \times 3 \times 17 \times 17}$ $= -\sqrt{(3 \times 17) \times (3 \times 17)}$ $= -\sqrt{(3 \times 17)^2}$ $= -\sqrt{51^2} = -51$ | 51 และ -51 |

10. ครูอธิบายให้นักเรียนกระจ่างชัดในข้อที่ตัวแทนนักเรียนยังไม่ถูกต้อง

11. ครูใช้คำถามสะท้อนการรู้คิด เพื่อให้นักเรียนสรุปขั้นตอนการหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบดังนี้ ดังนี้

11.1 รากที่สองของจำนวนเต็มมี จำนวนกี่ราก เพราะเหตุใด (รากที่สองของจำนวนเต็มจะมีจำนวน 2 ราก เพราะจะมีจำนวนจริงบวก และจำนวนจริงลบซึ่งยกกำลังสองแล้วเท่ากับจำนวนเต็มที่กำหนดให้เสมอ)

11.2 ถ้า a เป็นจำนวนเต็มบวก \sqrt{a} , $-\sqrt{a}$, และรากที่สองของ a มีจำนวนรากเท่ากันหรือไม่ อย่างไร (จำนวนรากของ รากที่สองของ a จะไม่เท่ากับ \sqrt{a} , $-\sqrt{a}$ เนื่องจากรากที่สองของ a จะมีสองรากได้แก่ รากที่สองที่เป็นบวกของ a และรากที่สองที่เป็นลบของ a แต่ \sqrt{a} และ $-\sqrt{a}$ จะมีจำนวนหนึ่งรากได้แก่ รากที่สองที่เป็นบวกของ a และรากที่สองที่เป็นลบของ a ตามลำดับ)

11.3 การหารากที่สองของจำนวนเต็มบวก โดยวิธีการแยกตัวประกอบมีขั้นตอนอย่างไร (1.เขียนจำนวนเต็มบวก นั้นในรูปการ คูณกันของจำนวนเฉพาะ 2.หาจำนวนเฉพาะหรือผลคูณของจำนวนเฉพาะที่เป็นรากที่สองของจำนวนนั้นๆ)

12. ในระหว่างการทำกิจกรรมขั้นนี้ ครูจะประเมินนักเรียนเกี่ยวกับ ลำดับขั้นตอนในการหาค่ารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ ซึ่งจะประเมินจากการตอบคำถามสะท้อนการรู้คิด และจากการนำเสนอแนวคิดของแต่ละกลุ่มในการหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ

(ชั่วโมงที่ 2)

ขั้นที่ 2 การศึกษาความรู้เป็นกลุ่ม

ขั้นขยายความคิด

12. นักเรียนทำใบงานที่ 2.1 ลองทำดู ซึ่งเป็นใบงานเพื่อขยายความคิด และความเข้าใจเกี่ยวกับการหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ ซึ่งจะให้นักเรียนนั่งเป็นกลุ่มกลุ่มละ 4 – 5 คน คณะความสามารถตามที่ครูจัดให้ ระหว่างทำใบกิจกรรมนักเรียนภายในกลุ่มสามารถช่วยเหลือซึ่งกัน และกันได้ โดยใช้วิธีการของกลุ่มในการสอนเพื่อนในกลุ่มให้เข้าใจมากที่สุด

13. ครู และนักเรียนร่วมกันตรวจให้คะแนนใบงานที่ 2.1 ระหว่างนี้ครูใช้คำถามสะท้อนการรู้คิด ดังนี้

13.1 การแยกตัวประกอบของจำนวนทำได้อย่างไร (เขียนจำนวนให้อยู่ในรูปของการ คูณกันของจำนวนเฉพาะ)

13.2 จะหาจำนวนที่ยกกำลังสองแล้วมีค่าเท่ากับจำนวนเต็มบวกที่กำหนดให้ได้
อย่างไร (แยกตัวประกอบจำนวนเต็มที่กำหนดให้ และเขียนจำนวนที่แยกตัวประกอบในรูปเลขยก
กำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นสอง)

13.3 มีจำนวนที่ยกกำลังสองแล้วได้ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบหรือไม่ เพราะเหตุใด
(ไม่มีจำนวนที่ยกกำลังสองแล้วได้จำนวนเต็มลบ เพราะจำนวนใดๆ ยกกำลังสองจะเป็นจำนวนบวก
เสมอ)

13.4 เมื่อกำหนด a เป็นจำนวนเต็มบวกใด ๆ เราสามารถหารากที่สองของ a ได้
หรือไม่ เพราะเหตุใด (ได้ เพราะ สำหรับจำนวนเต็มบวก a ใดๆ จะมีจำนวนจริงที่ยกกำลังสองแล้ว
เท่ากับ a เสมอ)

14. ในระหว่างการทำกิจกรรมขั้นนี้ ครูจะประเมินนักเรียนเกี่ยวกับการนำความรู้ที่ได้
จากใบกิจกรรมที่ 2.1 ไปใช้ในการหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ ซึ่งประเมินผ่านการทำใบ
งานที่ 2.1 และการตอบคำถามสะท้อนการรู้คิด

ขั้นที่ 3 ทดสอบ

15. ครูให้นักเรียนนั่งแยกโต๊ะเป็นรายบุคคลเพื่อทำใบงานที่ 2.2 ทดสอบการหารากที่
สองโดยการแยกตัวประกอบ ซึ่งเป็นการประเมินผลระหว่างเรียนเป็นรายบุคคล เพื่อนำคะแนน
รายบุคคลไปคิดคะแนนพัฒนารายบุคคล ที่ได้จากผลต่างของการทดสอบครั้งที่ 2 และครั้งที่ 1 แล้ว
นำคะแนนพัฒนารายบุคคลมาเฉลี่ยเป็นคะแนนของกลุ่ม

ขั้นที่ 4 รับรองผลงาน

16. ครูแจ้งคะแนนพัฒนาการของกลุ่ม และชมเชยกลุ่มที่ได้คะแนนพัฒนาการของกลุ่ม
สูงที่สุด

สื่อการเรียนรู้/ แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ 2.1 การหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ
2. ใบงานที่ 2.1 ลองทำดู
3. ใบงานที่ 2.2 ทดสอบการหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ

การวัด และประเมินผล

| รายการประเมิน | วิธีการวัดผล | เครื่องมือวัดผล | เกณฑ์การประเมิน |
|--|--|--|---|
| ด้านความรู้ นักเรียนสามารถ 1.หารากที่สองของจำนวนเต็มโดยการแยกตัวประกอบได้ | ตรวจให้คะแนนจากใบกิจกรรมที่ 2.1 การหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ | ใบกิจกรรมที่ 2.1 การหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ | ทำใบกิจกรรมที่ 2.1 การหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ ถูกต้องร้อยละ 70 ถือว่าผ่าน |
| ด้านทักษะกระบวนการ นักเรียนสามารถ 2.เชื่อมโยงความรู้เรื่อง การหารากที่สองของจำนวนเต็ม กับการแยกตัวประกอบของจำนวนเต็มได้ 3.ให้เหตุผลเกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้นจากการหารากที่สองของจำนวนจริง | ตรวจให้คะแนนการเชื่อมโยงความรู้จากใบงานที่ 2.1 ลองทำดู การตอบคำถามสะท้อนการรู้คิด | แบบประเมินการเชื่อมโยงความรู้ของใบงานที่ 2.1 ลองทำดู คำถามสะท้อนการรู้คิด | เชื่อมโยงความรู้ได้ คะแนนร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มถือว่าผ่าน ตอบคำถามสะท้อนการรู้คิดได้ถูกต้อง ร้อยละ 70 ของข้อคำถามทั้งหมดถือว่าผ่าน |
| ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ นักเรียนสามารถ 4.ตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ | การตอบคำถามสะท้อนการรู้คิด | คำถามสะท้อนการรู้คิด | ตอบคำถามสะท้อนการรู้คิดได้ถูกต้อง ร้อยละ 70 ของข้อคำถามทั้งหมดถือว่าผ่าน |

ใบกิจกรรมที่ 2.1
การหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้: 1. หารากที่สองของจำนวนเต็มโดยการแยกตัวประกอบ

คำชี้แจง: ให้สมาชิกในกลุ่มพิจารณาตัวอย่างการหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบแล้วเติมคำตอบลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

| ข้อ | จำนวน | เขียนจำนวนในรูปการคูณ ของจำนวนเฉพาะ | รากที่สองที่เป็นบวกของ จำนวน | รากที่สองที่เป็นลบของ จำนวน | รากที่สองของจำนวน |
|-----|-------|--|--|--|-------------------|
| 1 | 4 | $4 = 2 \times 2$ | $\sqrt{4} = \sqrt{2 \times 2}$ $= \sqrt{2^2} = 2$ | $-\sqrt{4} = -\sqrt{2 \times 2}$ $= -\sqrt{2^2} = -2$ | 2 และ -2 |
| 2 | 49 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 3 | 169 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 4 | 225 | $\begin{array}{r} 3 \overline{) 225} \\ \underline{6} \\ 17 \\ \underline{15} \\ 20 \\ \underline{15} \\ 5 \\ \underline{5} \\ 0 \end{array}$ $225 = 3 \times 3 \times 5 \times 5$ | $\sqrt{225} = \sqrt{3 \times 3 \times 5 \times 5}$ $= \sqrt{(3 \times 5) \times (3 \times 5)}$ $= \sqrt{(3 \times 5)^2}$ $= \sqrt{15^2} = 15$ | $-\sqrt{225} = -\sqrt{3 \times 3 \times 5 \times 5}$ $= -\sqrt{(3 \times 5) \times (3 \times 5)}$ $= -\sqrt{(3 \times 5)^2}$ $= -\sqrt{15^2} = -15$ | 15 และ -15 |

| ข้อ | จำนวน | เขียนจำนวนในรูปการคูณ ของจำนวนเฉพาะ | รากที่สองที่เป็นบวกของ จำนวน | รากที่สองที่เป็นลบของจำนวน | รากที่สองของจำนวน |
|-----|-------|---|---|---|-------------------|
| 5 | 441 | ..... ..... ..... ..... ..... | ..... ..... ..... ..... ..... | ..... ..... ..... ..... ..... | ..... |
| 6 | 625 | ..... ..... ..... ..... ..... | ..... ..... ..... ..... ..... | ..... ..... ..... ..... ..... | ..... |
| 7 | 784 | ..... ..... ..... ..... ..... | ..... ..... ..... ..... ..... | ..... ..... ..... ..... ..... | ..... |

| ข้อ | จำนวน | เขียนจำนวนในรูปการคูณ ของจำนวนเฉพาะ | รากที่สองที่เป็นบวกของ จำนวน | รากที่สองที่เป็นลบของ จำนวน | รากที่สองของจำนวน |
|-----|-------|--|----------------------------------|----------------------------------|-------------------|
| 8 | 1,089 | ..... ..... ..... ..... | ..... ..... ..... ..... | ..... ..... ..... ..... | ..... |
| 9 | 1,764 | ..... ..... ..... ..... | ..... ..... ..... ..... | ..... ..... ..... ..... | ..... |
| 10 | 2,601 | ..... ..... ..... ..... | ..... ..... ..... ..... | ..... ..... ..... ..... | ..... |

คำถามชวนคิด

★ ถ้า a เป็นจำนวนเต็มบวก จงอธิบายความหมายของรากที่สองของ a

ตอบ.....

★ ถ้า a เป็นจำนวนเต็มบวก \sqrt{a} มีความหมายว่าอย่างไร จงอธิบาย

ตอบ.....

★ ถ้า a เป็นจำนวนเต็มบวก $-\sqrt{a}$ มีความหมายว่าอย่างไร จงอธิบาย

ตอบ.....

★ การหารากที่สองของจำนวนเต็มบวก โดยวิธีการแยกตัวประกอบทำได้อย่างไร

ตอบ.....

เฉลยใบกิจกรรมที่ 2
การหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้: 1. หารากที่สองของจำนวนเต็มโดยการแยกตัวประกอบ

คำชี้แจง: ให้สมาชิกในกลุ่มพิจารณาตัวอย่างการหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบแล้วเติมคำตอบลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

| ข้อ | จำนวน | เขียนจำนวนในรูปการคูณของจำนวนเฉพาะ | รากที่สองที่เป็นบวกของจำนวน | รากที่สองที่เป็นลบของจำนวน | รากที่สองของจำนวน |
|-----|-------|---|--|--|-------------------|
| 1 | 4 | $4 = 2 \times 2$ | $\sqrt{4} = \sqrt{2 \times 2}$ $= \sqrt{2^2} = 2$ | $-\sqrt{4} = -\sqrt{2 \times 2}$ $= -\sqrt{2^2} = -2$ | 2 และ -2 |
| 2 | 49 | $49 = 7 \times 7$ | $\sqrt{49} = \sqrt{7 \times 7}$ $= \sqrt{7^2} = 7$ | $-\sqrt{49} = -\sqrt{7 \times 7}$ $= -\sqrt{7^2} = -7$ | 7 และ -7 |
| 3 | 169 | $169 = 13 \times 13$ | $\sqrt{169} = \sqrt{13 \times 13}$ $= \sqrt{13^2} = 13$ | $-\sqrt{169} = -\sqrt{13 \times 13}$ $= -\sqrt{13^2} = -13$ | 13 และ -13 |
| 4 | 225 | $225 = 3 \times 3 \times 5 \times 5$ $\begin{array}{r} 3 \overline{) 225} \\ \underline{6} \\ 16 \\ \underline{15} \\ 15 \\ \underline{15} \\ 0 \end{array}$ | $\sqrt{225} = \sqrt{3 \times 3 \times 5 \times 5}$ $= \sqrt{(3 \times 5) \times (3 \times 5)}$ $= \sqrt{(3 \times 5)^2}$ $= \sqrt{15^2} = 15$ | $-\sqrt{225} = -\sqrt{3 \times 3 \times 5 \times 5}$ $= -\sqrt{(3 \times 5) \times (3 \times 5)}$ $= -\sqrt{(3 \times 5)^2}$ $= -\sqrt{15^2} = -15$ | 15 และ -15 |

| ข้อ | จำนวน | เขียนจำนวนในรูปการคูณของจำนวนเฉพาะ | รากที่สองที่เป็นบวกของจำนวน | รากที่สองที่เป็นลบของจำนวน | รากที่สองของจำนวน |
|-----|-------|---|---|---|-------------------|
| 5 | 441 | $441 = 3 \times 3 \times 7 \times 7$ $\begin{array}{r} 3 \overline{) 441} \\ \underline{3} \\ 14 \\ \underline{12} \\ 21 \\ \underline{21} \\ 0 \end{array}$ | $\sqrt{441} = \sqrt{3 \times 3 \times 7 \times 7}$ $= \sqrt{(3 \times 7) \times (3 \times 7)}$ $= \sqrt{(3 \times 7)^2}$ $= \sqrt{21^2} = 21$ | $-\sqrt{441} = -\sqrt{3 \times 3 \times 7 \times 7}$ $= -\sqrt{(3 \times 7) \times (3 \times 7)}$ $= -\sqrt{(3 \times 7)^2}$ $= -\sqrt{21^2} = -21$ | 21 และ -21 |
| 6 | 625 | $625 = 5 \times 5 \times 5 \times 5$ $\begin{array}{r} 5 \overline{) 625} \\ \underline{5} \\ 12 \\ \underline{10} \\ 25 \\ \underline{25} \\ 0 \end{array}$ | $\sqrt{625} = \sqrt{5 \times 5 \times 5 \times 5}$ $= \sqrt{(5 \times 5) \times (5 \times 5)}$ $= \sqrt{(5 \times 5)^2}$ $= \sqrt{25^2} = 25$ | $-\sqrt{625} = -\sqrt{5 \times 5 \times 5 \times 5}$ $= -\sqrt{(5 \times 5) \times (5 \times 5)}$ $= -\sqrt{(5 \times 5)^2}$ $= -\sqrt{25^2} = -25$ | 25 และ -25 |
| 7 | 784 | $784 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 7 \times 7$ $\begin{array}{r} 2 \overline{) 784} \\ \underline{4} \\ 38 \\ \underline{36} \\ 24 \\ \underline{21} \\ 34 \\ \underline{34} \\ 0 \end{array}$ | $\sqrt{784} = \sqrt{2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 7 \times 7}$ $= \sqrt{(2 \times 2 \times 7) \times (2 \times 2 \times 7)}$ $= \sqrt{(2 \times 2 \times 7)^2}$ $= \sqrt{28^2} = 28$ | $-\sqrt{784} = -\sqrt{2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 7 \times 7}$ $= -\sqrt{(2 \times 2 \times 7) \times (2 \times 2 \times 7)}$ $= -\sqrt{(2 \times 2 \times 7)^2}$ $= -\sqrt{28^2} = -28$ | 28 และ -28 |

| ข้อ | จำนวน | เขียนจำนวนในรูปการคูณของจำนวนเฉพาะ | รากที่สองที่เป็นบวกของจำนวน | รากที่สองที่เป็นลบของจำนวน | รากที่สองของจำนวน |
|-----|-------|---|--|--|-------------------|
| 8 | 1,089 | $1,089 = 3 \times 3 \times 11 \times 11$ $\begin{array}{r} 3 \overline{) 1089} \\ \underline{3 } \\ 3 \\ \underline{3 } \\ 11 \overline{) 121} \\ \underline{11 } \\ 1 \end{array}$ | $\sqrt{1089} = \sqrt{3 \times 3 \times 11 \times 11}$ $= \sqrt{(3 \times 11) \times (3 \times 11)}$ $= \sqrt{(3 \times 11)^2}$ $= \sqrt{33^2} = 33$ | $-\sqrt{1089} = -\sqrt{3 \times 3 \times 11 \times 11}$ $= -\sqrt{(3 \times 11) \times (3 \times 11)}$ $= -\sqrt{(3 \times 11)^2}$ $= -\sqrt{33^2} = -33$ | 33 และ -33 |
| 9 | 1,764 | $1,764 = 2 \times 2 \times 3 \times 3 \times 7 \times 7$ $\begin{array}{r} 2 \overline{) 1764} \\ \underline{2 } \\ 2 \\ \underline{2 } \\ 3 \overline{) 441} \\ \underline{3 } \\ 3 \\ \underline{3 } \\ 7 \overline{) 49} \\ \underline{7 } \\ 7 \end{array}$ | $\sqrt{1764} =$ $\sqrt{2 \times 2 \times 3 \times 3 \times 7 \times 7}$ $=$ $\sqrt{(2 \times 3 \times 7) \times (2 \times 3 \times 7)}$ $= \sqrt{(2 \times 3 \times 7)^2}$ $= \sqrt{42^2} = 42$ | $-\sqrt{1764} = -$ $\sqrt{2 \times 2 \times 3 \times 3 \times 7 \times 7}$ $= -$ $\sqrt{(2 \times 3 \times 7) \times (2 \times 3 \times 7)}$ $= -\sqrt{(2 \times 3 \times 7)^2}$ $= -\sqrt{42^2} = -42$ | 42 และ -42 |
| 10 | 2,601 | $2,601 = 3 \times 3 \times 17 \times 17$ $\begin{array}{r} 3 \overline{) 2601} \\ \underline{3 } \\ 3 \\ \underline{3 } \\ 17 \overline{) 289} \\ \underline{17 } \\ 17 \end{array}$ | $\sqrt{2601} = \sqrt{3 \times 3 \times 17 \times 17}$ $= \sqrt{(3 \times 17) \times (3 \times 17)}$ $= \sqrt{(3 \times 17)^2}$ $= \sqrt{51^2} = 51$ | $-\sqrt{2601} = -\sqrt{3 \times 3 \times 17 \times 17}$ $= -\sqrt{(3 \times 17) \times (3 \times 17)}$ $= -\sqrt{(3 \times 17)^2}$ $= -\sqrt{51^2} = -51$ | 51 และ -51 |

คำถามชวนคิด

★ ถ้า a เป็นจำนวนเต็มบวก รากที่สองของ a หมายความว่าอย่างไร จงอธิบาย

ตอบ รากที่สองของ a คือจำนวนเต็มที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ a มีจำนวนสองรากได้แก่ รากที่สองที่เป็นบวกของ a และรากที่สองที่เป็นลบของ a

★ ถ้า a เป็นจำนวนเต็มบวก \sqrt{a} มีความหมายว่าอย่างไร จงอธิบาย

ตอบ รากที่สองที่เป็นบวกของ a ซึ่งมีจำนวน 1 ราก

★ ถ้า a เป็นจำนวนเต็มบวก $-\sqrt{a}$ มีความหมายว่าอย่างไร จงอธิบาย

ตอบ รากที่สองที่เป็นลบของ a ซึ่งมีจำนวน 1 ราก

★ การหารากที่สองของจำนวนเต็มบวก โดยวิธีการแยกตัวประกอบทำได้อย่างไร

ตอบ การหารากที่สองของจำนวนเต็มบวก โดยวิธีการแยกตัวประกอบทำได้โดยการเขียนจำนวนเต็มบวก นั้นในรูปการ คูณกันของจำนวนเฉพาะ จากนั้นหาจำนวนเฉพาะหรือผลคูณของจำนวนเฉพาะที่เป็นรากที่สองของจำนวนนั้นๆ

ใบงานที่ 2.1

ลองทำดู

จุดประสงค์การเรียนรู้: เชื่อมโยงความรู้เรื่อง การหารากที่สองของจำนวนเต็มกับการแยกตัวประกอบของจำนวนเต็มได้

คำชี้แจง: จงแสดงวิธีการหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ

1) จงหารากที่สองของ 196

1.1) 196 แยกตัวประกอบได้อย่างไร

ตอบ

1.2) เขียน 196 ในรูปเลขกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นสองได้อย่างไร

ตอบ

1.3) มีจำนวนใดบ้างที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 196

ตอบ

1.4) จะเขียนแสดงวิธีหารากที่สองของ 196 ได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2) จงหารากที่สองของ 256

2.1) 256 แยกตัวประกอบได้อย่างไร

ตอบ

2.2) เขียน 256 ในรูปเลขกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นสองได้อย่างไร

ตอบ

2.3) มีจำนวนใดบ้างที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 256

ตอบ

2.4) จะเขียนแสดงวิธีหารากที่สองของ 256 ได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

| | |
|---|---|
| <p>3) จงหา $\sqrt{324}$</p> <p>3.1) 324 แยกตัวประกอบได้อย่างไร ตอบ</p> <p>3.2) เขียน 324 ในรูปเลขกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นสองได้อย่างไร ตอบ</p> <p>3.3) มีจำนวนจริงบวกใดบ้างที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 324 ตอบ</p> <p>3.4) จะเขียนแสดงวิธีหา $\sqrt{324}$ ได้อย่างไร</p> | <p>4) จงหา $\sqrt{576}$</p> <p>4.1) 576 แยกตัวประกอบได้อย่างไร ตอบ</p> <p>4.2) เขียน 576 ในรูปเลขกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นสองได้อย่างไร ตอบ</p> <p>4.3) มีจำนวนจริงบวกใดบ้างที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 576 ตอบ</p> <p>4.4) จะเขียนแสดงวิธีหา $\sqrt{576}$ ได้อย่างไร</p> |
| <p>5) จงหา $-\sqrt{676}$</p> <p>5.1) 676 แยกตัวประกอบได้อย่างไร ตอบ</p> <p>5.2) เขียน 676 ในรูปเลขกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นสองได้อย่างไร ตอบ</p> <p>5.3) มีจำนวนจริงลบใดบ้างที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 676 ตอบ</p> <p>5.4) จะเขียนแสดงวิธีหา $-\sqrt{676}$ ได้อย่างไร</p> | <p>6) จงหา $-\sqrt{900}$</p> <p>6.1) 900 แยกตัวประกอบได้อย่างไร ตอบ</p> <p>6.2) เขียน 900 ในรูปเลขกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นสองได้อย่างไร ตอบ</p> <p>6.3) มีจำนวนจริงลบใดบ้างที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 900 ตอบ</p> <p>6.4) จะเขียนแสดงวิธีหา $-\sqrt{900}$ ได้อย่างไร</p> |

คำถามชวนคิด

★ การแยกตัวประกอบของจำนวนทำได้อย่างไร

ตอบ.....

★ จะหาจำนวนที่ยกกำลังสองแล้วมีค่าเท่ากับจำนวนเต็มบวกที่กำหนดให้ได้
อย่างไร

ตอบ.....

★ มีจำนวนที่ยกกำลังสองแล้วได้ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบหรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ.....

★ เมื่อกำหนด a เป็นจำนวนเต็มบวกใด ๆ เราสามารถหารากที่สองของ a ได้หรือไม่
เพราะเหตุใด

ตอบ.....

เฉลยใบงานที่ 2.1

ลองทำดู

จุดประสงค์การเรียนรู้: เชื่อมโยงความรู้เรื่อง การหารากที่สองของจำนวนเต็มกับการแยกตัวประกอบของจำนวนเต็มได้

คำชี้แจง: จงแสดงวิธีการหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ

1) จงหารากที่สองของ 196

1.1) 196 แยกตัวประกอบได้อย่างไร

ตอบ $2 \times 2 \times 7 \times 7$

1.2) เขียน 196 ในรูปเลขกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นสองได้อย่างไร

ตอบ 14^2 หรือ $(-14)^2$

1.3) มีจำนวนใดบ้างที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 196

ตอบ 14, -14

1.4) จะเขียนแสดงวิธีหารากที่สองของ 196 ได้อย่างไร

วิธีหารากที่สองของ 196 คือ $\sqrt{196}$ และ $-\sqrt{196}$

$$\begin{aligned} \text{เนื่องจาก } \sqrt{196} &= \sqrt{2 \times 2 \times 7 \times 7} \\ &= \sqrt{(2 \times 7) \times (2 \times 7)} \\ &= \sqrt{(2 \times 7)^2} \\ &= \sqrt{14^2} = 14 \end{aligned}$$

และ $-\sqrt{196} = -14$

ดังนั้นรากที่สองของ 196 คือ 14 และ -14

2) จงหารากที่สองของ 256

2.1) 256 แยกตัวประกอบได้อย่างไร

ตอบ $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$

2.2) เขียน 256 ในรูปเลขกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นสองได้อย่างไร

ตอบ 16^2 หรือ $(-16)^2$

2.3) มีจำนวนใดบ้างที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 256

ตอบ 16, -16

2.4) จะเขียนแสดงวิธีหารากที่สองของ 256 ได้อย่างไร

วิธีหารากที่สองของ 256 คือ $\sqrt{256}$ และ $-\sqrt{256}$

$$\begin{aligned} \text{เนื่องจาก } \sqrt{256} &= \sqrt{2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2} \\ &= \sqrt{(2 \times 2 \times 2 \times 2) \times (2 \times 2 \times 2 \times 2)} \\ &= \sqrt{(2 \times 2 \times 2 \times 2)^2} \\ &= \sqrt{16^2} = 16 \end{aligned}$$

และ $-\sqrt{256} = -16$

ดังนั้นรากที่สองของ 256 คือ 16 และ -16

3) จงหา $\sqrt{324}$

3.1) 324 แยกตัวประกอบได้อย่างไร

ตอบ $2 \times 2 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3$

3.2) เขียน 324 ในรูปเลขกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นสองได้อย่างไร

ตอบ 18^2 หรือ $(-18)^2$

3.3) มีจำนวนจริงบวกใดบ้างที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 324

ตอบ 18

3.4) จะเขียนแสดงวิธีหา $\sqrt{324}$ ได้อย่างไร

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad \sqrt{324} &= \sqrt{2 \times 2 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3} \\ &= \sqrt{(2 \times 3 \times 3) \times (2 \times 3 \times 3)} \\ &= \sqrt{(2 \times 3 \times 3)^2} \\ &= \sqrt{18^2} \\ &= 18 \end{aligned}$$

ดังนั้น $\sqrt{324}$ คือ 18

4) จงหา $\sqrt{576}$

4.1) 576 แยกตัวประกอบได้อย่างไร

ตอบ $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 3$

4.2) เขียน 576 ในรูปเลขกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นสองได้อย่างไร

ตอบ 24^2 หรือ $(-24)^2$

4.3) มีจำนวนจริงบวกใดบ้างที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 576

ตอบ 24

4.4) จะเขียนแสดงวิธีหา $\sqrt{576}$ ได้อย่างไร

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad \sqrt{576} &= \\ &= \sqrt{2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 3} \\ &= \\ &= \sqrt{(2 \times 2 \times 2 \times 3) \times (2 \times 2 \times 2 \times 3)} \\ &= \sqrt{(2 \times 2 \times 2 \times 3)^2} \\ &= \sqrt{24^2} \\ &= 24 \end{aligned}$$

ดังนั้น $\sqrt{576}$ คือ 24

5) จงหา $-\sqrt{676}$

5.1) 676 แยกตัวประกอบได้อย่างไร

ตอบ $2 \times 2 \times 13 \times 13$

5.2) เขียน 676 ในรูปเลขกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นสองได้อย่างไร

ตอบ 26^2 หรือ $(-26)^2$

5.3) มีจำนวนจริงลบใดบ้างที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 676

ตอบ -26

6) จงหา $-\sqrt{900}$

6.1) 900 แยกตัวประกอบได้อย่างไร

ตอบ $2 \times 2 \times 3 \times 3 \times 5 \times 5$

6.2) เขียน 900 ในรูปเลขกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นสองได้อย่างไร

ตอบ 30^2 หรือ $(-30)^2$

6.3) มีจำนวนจริงลบใดบ้างที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ 900

ตอบ -30

5.4) จะเขียนแสดงวิธีหา $-\sqrt{676}$ ได้อย่างไร

$$\begin{aligned}\text{วิธีทำ } -\sqrt{676} &= -\sqrt{2 \times 2 \times 13 \times 13} \\ &= -\sqrt{(2 \times 13) \times (2 \times 13)} \\ &= -\sqrt{(2 \times 13)^2} \\ &= -\sqrt{26^2} = -26\end{aligned}$$

ดังนั้น $-\sqrt{676}$ คือ -26

6.4) จะเขียนแสดงวิธีหา $-\sqrt{900}$ ได้อย่างไร

$$\begin{aligned}\text{วิธีทำ } -\sqrt{900} &= -\sqrt{2 \times 2 \times 3 \times 3 \times 5 \times 5} \\ &= -\sqrt{(2 \times 3 \times 5) \times (2 \times 3 \times 5)} \\ &= -\sqrt{(2 \times 3 \times 5)^2} = -\sqrt{30^2} \\ &= -30\end{aligned}$$

ดังนั้น $-\sqrt{900}$ คือ -30

คำถามชวนคิด

★ การแยกตัวประกอบของจำนวนทำได้อย่างไร

ตอบ เขียนจำนวนให้อยู่ในรูปของการคูณกันของจำนวนเฉพาะ

★ จะหาจำนวนที่ยกกำลังสองแล้วมีค่าเท่ากับจำนวนเต็มบวกที่กำหนดให้ได้อย่างไร

ตอบ แยกตัวประกอบจำนวนเต็มที่กำหนดให้ และเขียนจำนวนที่แยกตัวประกอบในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นสอง

★ มีจำนวนที่ยกกำลังสองแล้วได้ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบหรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ ไม่มีจำนวนที่ยกกำลังสองแล้วได้จำนวนเต็มลบ เพราะจำนวนใดๆ ยกกำลังสองจะเป็นจำนวนบวกเสมอ

★ เมื่อกำหนด a เป็นจำนวนเต็มบวกใด ๆ เราสามารถหารากที่สองของ a ได้หรือไม่

เพราะเหตุใด

ตอบ ได้ เพราะ สำหรับจำนวนเต็มบวก a ใดๆ จะมีจำนวนจริงที่ยกกำลังสองแล้วเท่ากับ a เสมอ

แบบประเมินการเชื่อมโยงความรู้ เรื่องการหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ

จากใบงานที่ 2 การหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ

ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น.....ชื่อกลุ่ม.....

| ข้อ | รายการประเมิน | | | | | | รวม |
|----------|-----------------|---|-----------------------|---|--------------|---|-----|
| | การแยกตัวประกอบ | | ขั้นตอนการหารากที่สอง | | การสรุปคำตอบ | | |
| | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| รวมคะแนน | | | | | | | |

เกณฑ์การให้คะแนน

| รายการประเมิน | 1 | 0 |
|--------------------------|--|---|
| 1. การแยกตัวประกอบ | แยกตัวประกอบได้ถูกต้อง | แยกตัวประกอบไม่ถูกต้อง |
| 2. ขั้นตอนการหารากที่สอง | ขั้นตอนการหารากที่สองถูกต้องทุกขั้นตอน | ขั้นตอนการหารากที่สองไม่ถูกต้องทุกขั้นตอน |
| 3. การสรุปคำตอบ | การสรุปคำตอบถูกต้อง | การสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง |

เฉลยใบงานที่ 2.2

การหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้: 1. หารากที่สองของจำนวนเต็มโดยการแยกตัวประกอบ
 2. เชื่อมโยงความรู้เรื่อง การหารากที่สองของจำนวนเต็มกับการแยกตัวประกอบของจำนวนเต็มได้

คำชี้แจง: จงแสดงวิธีการหารากที่สองโดยการแยกตัวประกอบ

| | |
|--|---|
| <p>1) จงหารากที่สองของ 4225</p> <p>วิธีทำ หารากที่สองของ 4225 คือ $\sqrt{4225}$ และ $-\sqrt{4225}$</p> <p>เนื่องจาก $\sqrt{4225} = \sqrt{5 \times 5 \times 13 \times 13}$</p> $= \sqrt{(5 \times 13) \times (5 \times 13)}$ $= \sqrt{(5 \times 13)^2}$ $= \sqrt{65^2} = 65$ <p>และ $-\sqrt{4225} = -65$</p> <p>ดังนั้นรากที่สองของ 4225 คือ 65 และ -65</p> | <p>3) จงหา $-\sqrt{8100}$</p> <p>วิธีทำ $-\sqrt{8100}$</p> $= -\sqrt{2 \times 2 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 5 \times 5}$ $= -\sqrt{(2 \times 3 \times 3 \times 5) \times (2 \times 3 \times 3 \times 5)}$ $= -\sqrt{(2 \times 3 \times 3 \times 5)^2}$ $= -\sqrt{90^2}$ $= -90$ <p>ดังนั้น $-\sqrt{8100}$ คือ -90</p> |
| <p>2) จงหา $\sqrt{4900}$</p> <p>วิธีทำ $\sqrt{4900} = \sqrt{2 \times 2 \times 5 \times 5 \times 7 \times 7}$</p> $= \sqrt{(2 \times 5 \times 7) \times (2 \times 5 \times 7)}$ $= \sqrt{(2 \times 5 \times 7)^2}$ $= \sqrt{70^2}$ $= 70$ <p>ดังนั้น $\sqrt{4900}$ คือ 70</p> | <p>4) ถ้า a, b และ c เป็นจำนวนเต็มบวก จงหา $\sqrt{a^2 b^2 c^4}$</p> <p>วิธีทำ $\sqrt{a^2 b^2 c^4}$</p> $= \sqrt{a \times a \times b \times b \times c \times c \times c \times c}$ $= \sqrt{(a \times b \times c \times c) \times (a \times b \times c \times c)}$ $= \sqrt{(a \times b \times c \times c)^2}$ $= \sqrt{(abc^2)^2}$ $= abc^2$ <p>ดังนั้น $\sqrt{a^2 b^2 c^4}$ คือ abc^2</p> |

บันทึกผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

รายวิชา คณิตศาสตร์ 4

รหัสวิชา ค22102

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผู้สอน นางสาวปารวี คุณิยะ

ผลการสอน

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางการแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ ครูผู้สอน

(.....)

..... / /

ความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

.....

.....

.....

ลงชื่อ หัวหน้ากลุ่มสาระ/ผู้นิเทศ

(.....)

..... / /

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ก่อนเรียน)
เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบเป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 1 ชั่วโมง
2. การตอบคำถามให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว และกาเครื่องหมาย ลงในกระดาษคำตอบ
3. ห้ามนักเรียนขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ลงในแบบทดสอบ โดยเด็ดขาดและคืนแบบทดสอบและกระดาษคำตอบเมื่อหมดเวลา

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายความหมายของรากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้

1) ข้อใดถูกต้อง (ความรู้/ความจำ)

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

ก. 3 เป็นรากที่สอง ของ 6 เนื่องจาก $3 \times 2 = 6$ ข. 4 เป็นรากที่สอง ของ 8 เนื่องจาก $4 + 4 = 8$ ค. 5 เป็นรากที่สอง ของ 25 เนื่องจาก $5^2 = 25$ ง. 6 เป็นรากที่สอง ของ 1 เนื่องจาก $6 \div 6 = 1$

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายความสัมพันธ์ของการยกกำลังสอง และการหารากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้

2) พิจารณาการหารากที่สองของจำนวนต่อไปนี้ (ความเข้าใจ)

| | | | | |
|----|---|----|---|----|
| +1 | 0 | +1 | 0 | +1 |
|----|---|----|---|----|

ข้อ (1) $\sqrt{169} = 17$ ข้อ (2) $\sqrt{289} = 23$

ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

ก. ทั้งข้อ (1) และข้อ (2) เป็นจริง

ข. ทั้งข้อ (1) และข้อ (2) เป็นเท็จ

ค. ข้อ (1) เป็นจริง แต่ ข้อ (2) เป็นเท็จ

ง. ข้อ (1) เป็นเท็จ แต่ ข้อ (2) เป็นจริง

จุดประสงค์การเรียนรู้

หารากที่สองของจำนวนเต็ม โดยการแยกตัวประกอบ

3) ข้อใดเป็นรากที่สองของ 11,664 (ความเข้าใจ)

| | | | | |
|----|----|----|---|----|
| +1 | +1 | +1 | 0 | +1 |
|----|----|----|---|----|

ก. 92 และ-92

ข. 98 และ-98

ค. 108 และ-108

ง. 112 และ-112

4) ข้อใดเป็นค่าของ $-\sqrt{3,969}$ (ความเข้าใจ)

ก. -63

ข. -67

ค. -73

ง. -77

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

จุดประสงค์การเรียนรู้

เชื่อมโยงความรู้เรื่องการหารากที่สองของจำนวนเต็มกับการแยกตัวประกอบจำนวนเต็มได้

5) ค่าของ $\sqrt{1,296}$ ต่างกับ $\sqrt{1,024}$ อยู่เท่าใด (การนำไปใช้)

ก. 4

ข. 5

ค. 6

ง. 7

| | | | | |
|----|---|----|----|----|
| +1 | 0 | +1 | +1 | +1 |
|----|---|----|----|----|

6) ถ้า n และ m เป็นจำนวนจริงบวก ที่ $n^2 = 1,764$ และ $m^2 = 1,089$ แล้ว $n + m$ มีค่าตรงกับข้อใด (การนำไปใช้)

ก. 75

ข. 80

ค. 85

ง. 90

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| -1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

จุดประสงค์การเรียนรู้

ให้เหตุผลเกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้นจากการหารากที่สองของจำนวนจริง

7) จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

1) $\sqrt{4,225} = 65$ เนื่องจาก $\sqrt{4,225} = \sqrt{65^2} = 65$

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

2) $-\sqrt{5,184} = -78$ เนื่องจาก $-\sqrt{5,184} = -\sqrt{78^2} = -78$

ข้อใดกล่าวถูกต้อง (การวิเคราะห์)

ก. 1) และ 2) ผิด

ข. 1) และ 2) ถูกต้อง

ค. 1) ถูกต้อง และ 2) ผิด

ง. 1) ผิด และ 2) ถูกต้อง

8) ถ้า $p = \sqrt{1,521}$, $q = \sqrt{37^2}$, $r = \sqrt{\frac{4,900}{4}}$ ข้อใดถูกต้อง (การวิเคราะห์)

ก. $p > q > r$

| | | | | |
|----|----|----|---|----|
| +1 | +1 | +1 | 0 | +1 |
|----|----|----|---|----|

ข. $q > r > p$

ค. $q > p > r$

ง. $p > r > q$

จุดประสงค์การเรียนรู้

หารากที่สองโดยการประมาณค่า การเปิดตาราง และการใช้เครื่องคำนวณ

9) ค่าประมาณของ $\sqrt{13}$ เป็นจำนวนเต็มได้ตรงกับข้อใด (ความรู้/ความจำ)

ก. 2

| | | | | |
|----|----|----|---|----|
| +1 | +1 | +1 | 0 | +1 |
|----|----|----|---|----|

ข. 3

ค. 4

ง. 5

จุดประสงค์การเรียนรู้

แก้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับรากที่สองโดยใช้การประมาณได้

10) ประยูรวิ่งจากจุดเริ่มต้น ไปทางทิศตะวันตก 2 กิโลเมตร และไปทางทิศใต้ 3 กิโลเมตรจะถึงเส้นชัย จงหาว่าจุดเริ่มต้น และเส้นชัยมีระยะทางห่างกันตรงกับข้อใด (การนำไปใช้)

ก. $\sqrt{11}$ กิโลเมตร

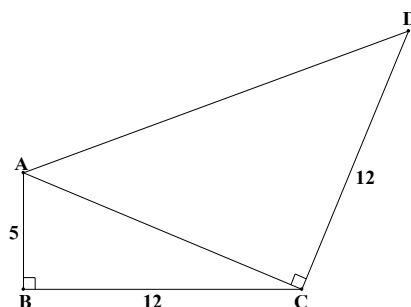
ข. $\sqrt{12}$ กิโลเมตร

ค. $\sqrt{13}$ กิโลเมตร

ง. $\sqrt{14}$ กิโลเมตร

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

11) จากรูปจงหาว่า \overline{AD} มีความยาวตรงกับข้อใด (การนำไปใช้)



| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

ก. $\sqrt{310}$ หน่วย

ข. $\sqrt{311}$ หน่วย

ค. $\sqrt{312}$ หน่วย

ง. $\sqrt{313}$ หน่วย

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายความหมายของรากที่สามได้

12) ข้อใดไม่ถูกต้อง (ความเข้าใจ)

ก. $\sqrt{8}$ มากกว่า $\sqrt[3]{8}$

ข. รากที่สามของ 0 คือ 0

ค. $\sqrt{0.01}$ มีค่าเท่ากับ $\sqrt[3]{0.01}$

ง. รากที่สามของ -0.216 คือ -0.6

| | | | | |
|----|----|---|----|----|
| +1 | +1 | 0 | +1 | +1 |
|----|----|---|----|----|

13) ข้อใดเรียงลำดับจำนวนจากน้อยไปหามาก (ความเข้าใจ)

ก. $-5, \sqrt[3]{125}, \sqrt{125}$

ข. $\sqrt[3]{125}, -5, \sqrt{125}$

ค. $\sqrt{125}, \sqrt[3]{125}, -5$

ง. $\sqrt[3]{125}, \sqrt{125}, -5$

| | | | | |
|----|---|---|----|----|
| +1 | 0 | 0 | +1 | +1 |
|----|---|---|----|----|

จุดประสงค์การเรียนรู้

หารากที่สามของจำนวนจริงโดยการแยกตัวประกอบได้

14) ข้อใดเป็นรากที่สามของ -729 (ความเข้าใจ)

ก. 9

ข. -9

ค. $\sqrt[3]{-9}$

ง. 9 และ -9

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

15) ข้อใดเป็นค่าของ $\sqrt[3]{-1,728}$ (ความเข้าใจ)

ก. -12

ข. -14

ค. -16

ง. -24

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

จุดประสงค์การเรียนรู้

หารากที่สาม โดยการประมาณ การเปิดตาราง และการใช้เครื่องคำนวณได้

จากตารางจงตอบคำถามข้อ 16 – 17

| n | n^3 | $\sqrt[3]{n}$ |
|----|-------|---------------|
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 18 | 5832 | 2.621 |
| 19 | 6859 | 2.668 |
| 20 | 8000 | 2.714 |
| 21 | 9261 | 2.759 |
| 22 | 10648 | 2.802 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |

16) $\sqrt[3]{-21}$ ประมาณเป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง ตรงกับข้อใด (ความเข้าใจ)

ก. -2.75

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

ข. -2.76

ค. -2.80

ง. -2.81

17) ถ้า $n^3 = 20$ แล้วค่าของ n ตรงกับข้อใด เมื่อประมาณ n เป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ความเข้าใจ)

ก. -2.70

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

ข. -2.71

ค. 2.70

ง. 2.71

จุดประสงค์การเรียนรู้

แก้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับรากที่สาม โดยการแยกตัวประกอบ เปิดตาราง และใช้เครื่องคำนวณ

18) ถังน้ำทรงลูกบาศก์บรรจุน้ำได้ 64 ลูกบาศก์เมตร ถังน้ำใบนี้มีความยาวรอบฐานตรงกับข้อใด (การนำไปใช้)

ก. 4 เมตร

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

ข. 16 เมตร

ค. 24 เมตร

ง. 32 เมตร

19) $\sqrt{4} \times \sqrt[3]{125}$ มีค่าตรงกับข้อใด (การนำไปใช้)

ก. 20

| | | | | |
|----|----|---|---|----|
| +1 | +1 | 0 | 0 | +1 |
|----|----|---|---|----|

ข. 15

ค. 10

ง. 5

จุดประสงค์การเรียนรู้

บอกความสัมพันธ์ของการยกกำลังกับการหารากของจำนวนจริง

20) จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ข้อใดกล่าวถูกต้อง (การวิเคราะห์)

ก. $\sqrt[3]{2,744} > \sqrt{52^2} > 14^3$

ข. $\sqrt[3]{52^3} > \sqrt[3]{2,744} > 14^3$

ค. $\sqrt[3]{2,744} > \sqrt{2,704} > 14^2$

ง. $14^2 > \sqrt{2,704} > \sqrt[3]{2,744}$

| | | | | |
|----|---|----|----|----|
| +1 | 0 | +1 | +1 | +1 |
|----|---|----|----|----|

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ
4E×2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

| ข้อ | เฉลย | ข้อ | เฉลย |
|-----|------|-----|------|
| 1 | ก | 11 | ง |
| 2 | ข | 12 | ค |
| 3 | ค | 13 | ก |
| 4 | ก | 14 | ข |
| 5 | ก | 15 | ก |
| 6 | ก | 16 | ข |
| 7 | ค | 17 | ง |
| 8 | ก | 18 | ข |
| 9 | ค | 19 | ค |
| 10 | ค | 20 | ง |

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (หลังเรียน)
เรื่อง รากของจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบเป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 1 ชั่วโมง
4. การตอบคำถามให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว และกาเครื่องหมาย ลงในกระดาษคำตอบ
5. ห้ามนักเรียนขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ลงในแบบทดสอบ โดยเด็ดขาดและคืนแบบทดสอบและกระดาษคำตอบเมื่อหมดเวลา

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายความหมายของรากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้

1) ข้อใดถูกต้อง (ความรู้/ความจำ)

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

ก. -3 เป็นรากที่สองของ -6 เนื่องจาก $(-3) \times 2 = -6$ ข. -4 เป็นรากที่สองของ -8 เนื่องจาก $(-4) + (-4) = (-8)$ ค. -5 เป็นรากที่สองของ 25 เนื่องจาก $(-5)^2 = 25$ ง. -6 เป็นรากที่สองของ 1 เนื่องจาก $(-6) \div (-6) = 1$

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายความสัมพันธ์ของการยกกำลังสอง และการหารากที่สองของจำนวนจริงบวก หรือศูนย์ได้

2) พิจารณาการหารากที่สองของจำนวนต่อไปนี้ (ความเข้าใจ)

| | | | | |
|----|---|----|---|----|
| +1 | 0 | +1 | 0 | +1 |
|----|---|----|---|----|

ข้อ (1) $\sqrt{256} = 26$ ข้อ (2) $\sqrt{324} = 22$

ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

ก. ทั้งข้อ (1) และข้อ (2) เป็นจริง

ข. ทั้งข้อ (1) และข้อ (2) เป็นเท็จ

ค. ข้อ (1) เป็นจริง แต่ ข้อ (2) เป็นเท็จ

ง. ข้อ (1) เป็นเท็จ แต่ ข้อ (2) เป็นจริง

จุดประสงค์การเรียนรู้

หารากที่สองของจำนวนเต็มโดยการแยกตัวประกอบ

3) ข้อใดเป็นรากที่สองของ 14,400 (ความเข้าใจ)

| | | | | |
|----|----|----|---|----|
| +1 | +1 | +1 | 0 | +1 |
|----|----|----|---|----|

ก. 100 และ -100

ข. 110 และ -110

ค. 120 และ -120

ง. 130 และ -130

4) ข้อใดเป็นค่าของ $-\sqrt{5,625}$ (ความเข้าใจ)

ก. -75

ข. -65

ค. -55

ง. -45

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

จุดประสงค์การเรียนรู้

เชื่อมโยงความรู้เรื่องการหารากที่สองของจำนวนเต็มกับการแยกตัวประกอบจำนวนเต็มได้

5) ค่าของ $\sqrt{1,764}$ ต่างกับ $\sqrt{1,225}$ อยู่เท่าใด (การนำไปใช้)

ก. 4

ข. 5

ค. 6

ง. 7

| | | | | |
|----|---|----|---|----|
| +1 | 0 | +1 | 0 | +1 |
|----|---|----|---|----|

6) ถ้า n และ m เป็นจำนวนจริงบวก ที่ $n^2 = 1,764$ และ $m^2 = 1,089$ แล้ว $n - m$ มีค่าตรงกับข้อใด (การนำไปใช้)

ก. 9

ข. 10

ค. 11

ง. 12

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

จุดประสงค์การเรียนรู้

ให้เหตุผลเกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้นจากการหารากที่สองของจำนวนจริง

7) จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

1) $\sqrt{7,056} = 84$ เนื่องจาก $\sqrt{7,056} = \sqrt{84^2} = 84$

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

2) $-\sqrt{1,296} = -46$ เนื่องจาก $-\sqrt{1,296} = -\sqrt{46^2} = -46$

ข้อใดกล่าวถูกต้อง (การวิเคราะห์)

ก. 1) และ 2) ผิด

ข. 1) และ 2) ถูกต้อง

ค. 1) ถูกต้อง และ 2) ผิด

ง. 1) ผิด และ 2) ถูกต้อง

8) ถ้า $p = \sqrt{1,024}$, $q = \sqrt{37^2}$, $r = \sqrt{\frac{4,900}{4}}$ ข้อใดถูกต้อง (การวิเคราะห์)

ก. $p > q > r$

| | | | | |
|----|----|----|---|----|
| +1 | +1 | +1 | 0 | +1 |
|----|----|----|---|----|

ข. $q > r > p$

ค. $q > p > r$

ง. $p > r > q$

จุดประสงค์การเรียนรู้

หารากที่สองโดยการประมาณค่า การเปิดตาราง และการใช้เครื่องคำนวณ

9) ค่าประมาณของ $\sqrt{15}$ เป็นจำนวนเต็มได้ตรงกับข้อใด (ความรู้/ความจำ)

ก. 2

| | | | | |
|----|----|----|---|----|
| +1 | +1 | +1 | 0 | +1 |
|----|----|----|---|----|

ข. 3

ค. 4

ง. 5

จุดประสงค์การเรียนรู้

แก้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับรากที่สองโดยใช้การประมาณได้

10) ประยุทธ์วิ่งจากจุดเริ่มต้น ไปทางทิศตะวันออก 2 กิโลเมตร และไปทางทิศเหนือ 3 กิโลเมตรจะถึงเส้นชัย จงหาว่าจุดเริ่มต้น และเส้นชัยมีระยะทางห่างกันตรงกับข้อใด (การนำไปใช้)

ก. $\sqrt{11}$ กิโลเมตร

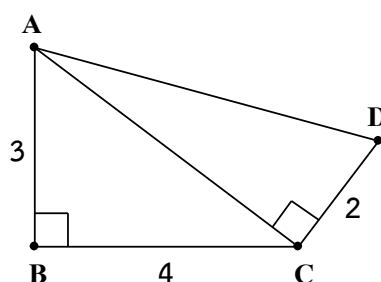
ข. $\sqrt{12}$ กิโลเมตร

ค. $\sqrt{13}$ กิโลเมตร

ง. $\sqrt{14}$ กิโลเมตร

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

11) จากรูปจงหาว่า \overline{AD} มีความยาวตรงกับข้อใด (การนำไปใช้)



| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

ก. $\sqrt{28}$ หน่วย

ข. $\sqrt{29}$ หน่วย

ค. $\sqrt{30}$ หน่วย

ง. $\sqrt{31}$ หน่วย

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายความหมายของรากที่สามได้

12) ข้อใดไม่ถูกต้อง (ความเข้าใจ)

ก. รากที่สามของ 1 คือ 1

ข. รากที่สามของ -0.125 คือ -0.5

ค. $\sqrt{0.04}$ มีค่าเท่ากับ $\sqrt[3]{0.04}$

ง. $\sqrt{27}$ มากกว่า $\sqrt[3]{27}$

| | | | | |
|----|----|---|----|----|
| +1 | +1 | 0 | +1 | +1 |
|----|----|---|----|----|

13) ข้อใดเรียงลำดับจำนวนจากมากไปหาน้อย (ความเข้าใจ)

ก. $-5, \sqrt[3]{125}, \sqrt{125}$

ข. $\sqrt[3]{125}, -5, \sqrt{125}$

ค. $\sqrt{125}, \sqrt[3]{125}, -5$

ง. $\sqrt[3]{125}, \sqrt{125}, -5$

| | | | | |
|----|---|---|----|----|
| +1 | 0 | 0 | +1 | +1 |
|----|---|---|----|----|

จุดประสงค์การเรียนรู้

หารากที่สามของจำนวนจริงโดยการแยกตัวประกอบได้

14) ข้อใดเป็นรากที่สามของ 729 (ความเข้าใจ)

ก. 9

ข. -9

ค. $\sqrt[3]{-9}$

ง. 9 และ -9

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

15) ข้อใดเป็นค่าของ $\sqrt[3]{-13,824}$ (ความเข้าใจ)

ก. -12

ข. -14

ค. -16

ง. -24

| | | | | |
|----|----|----|---|----|
| +1 | +1 | +1 | 0 | +1 |
|----|----|----|---|----|

จุดประสงค์การเรียนรู้

หารากที่สาม โดยการประมาณ การเปิดตาราง และการใช้เครื่องคำนวณได้

จากตารางจงตอบคำถามข้อ 16 – 17

| n | n^3 | $\sqrt[3]{n}$ |
|----|-------|---------------|
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 18 | 5832 | 2.621 |
| 19 | 6859 | 2.668 |
| 20 | 8000 | 2.714 |
| 21 | 9261 | 2.759 |
| 22 | 10648 | 2.802 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |

16) $-\sqrt[3]{21}$ ประมาณเป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง ตรงกับข้อใด (ความเข้าใจ)

ก. -2.75

ข. -2.76

ค. 2.75

ง. 2.76

| | | | | |
|----|----|----|---|---|
| +1 | +1 | +1 | 0 | 0 |
|----|----|----|---|---|

17) ถ้า $n^3 = -20$ แล้วค่าของ n ตรงกับข้อใด เมื่อประมาณ n เป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ความเข้าใจ)

ก. -2.70

ข. -2.71

ค. 2.70

ง. 2.71

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

จุดประสงค์การเรียนรู้

แก้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับรากที่สาม โดยการแยกตัวประกอบ เปิดตาราง และใช้เครื่องคำนวณ

18) ถังน้ำทรงลูกบาศก์บรรจุน้ำได้ 27 ลูกบาศก์เมตร ถังน้ำใบนี้มีพื้นที่ฐานตรงกับข้อใด

ก. 6 ตารางเมตร

ข. 7 ตารางเมตร

ค. 8 ตารางเมตร

ง. 9 ตารางเมตร

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
|----|----|----|----|----|

19) $\sqrt{16} \times \sqrt[3]{343}$ มีค่าตรงกับข้อใด (การนำไปใช้)

ก. 26

ข. 27

ค. 28

ง. 29

จ. 4.5

| | | | | |
|----|----|---|----|----|
| +1 | +1 | 0 | +1 | +1 |
|----|----|---|----|----|

จุดประสงค์การเรียนรู้

บอกความสัมพันธ์ของการยกกำลังกับการหารากของจำนวนจริง

20) จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ข้อใดกล่าวถูกต้อง (การวิเคราะห์)

ก. $\sqrt[3]{3,375} > \sqrt{52^2} > 15^3$

ข. $\sqrt{52^3} > \sqrt[3]{3,375} > 15^3$

ค. $\sqrt[3]{3,375} > \sqrt{2,704} > 15^2$

ง. $15^2 > \sqrt{2,704} > \sqrt[3]{3,375}$

| | | | | |
|----|---|----|----|----|
| +1 | 0 | +1 | +1 | +1 |
|----|---|----|----|----|

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ STAD ร่วมกับ
4E×2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

| ข้อ | เฉลย | ข้อ | เฉลย |
|-----|------|-----|------|
| 1 | ก | 11 | ข |
| 2 | ข | 12 | ก |
| 3 | ก | 13 | ก |
| 4 | ก | 14 | ก |
| 5 | ง | 15 | ง |
| 6 | ก | 16 | ข |
| 7 | ก | 17 | ข |
| 8 | ข | 18 | ง |
| 9 | ก | 19 | ก |
| 10 | ก | 20 | ง |