

Chulalongkorn University

Chula Digital Collections

Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)

2019

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหามathematics ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1

สุสิริยา จิรากุลนันทชัย
คณะครุศาสตร์

Follow this and additional works at: <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd>



Part of the [Science and Mathematics Education Commons](#)

Recommended Citation

จิรากุลนันทชัย, สุสิริยา, "ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหามathematics ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1" (2019). *Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)*. 9109.
<https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/9109>

This Thesis is brought to you for free and open access by Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD) by an authorized administrator of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถาม
ระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITIES USING 7E LEARNING
CYCLE AND HIGHER ORDER QUESTIONS ON MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING
ABILITY OF SEVENTH GRADE STUDENTS



Miss Susiriya Thirakulnanchai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Mathematics Education

Department of Curriculum and Instruction

FACULTY OF EDUCATION

Chulalongkorn University

Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจร
การเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อ
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
มัธยมศึกษาปีที่ 1

โดย

น.ส.สุสิริยา อีรากุลนันท์ชัย

สาขาวิชา

การศึกษาคณิตศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดิษฐ์ ละออปักษิณ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดิษฐ์ ละออปักษิณ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.สุพัตรา ผาติวิสันต์)

สุสิริยา ธีรากุลนันท์ชัย : ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1. (EFFECTS OF ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITIES USING 7E LEARNING CYCLE AND HIGHER ORDER QUESTIONS ON MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING ABILITY OF SEVENTH GRADE STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.จิณดิษฐ์ ละออ ปักฉิม

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 2) เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งในภาพรวมและตามองค์ประกอบย่อยของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดปทุมธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โดยการคัดเลือกแบบเจาะจง 1 ห้องเรียน จำนวน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน ค่าเฉลี่ยร้อยละ การทดสอบค่าที และวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในภาพรวมและตามทุกองค์ประกอบย่อยดีขึ้นทุกด้าน

สาขาวิชา การศึกษาคณิตศาสตร์

ปีการศึกษา 2562

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6083367727 : MAJOR MATHEMATICS EDUCATION

KEYWORD: 7e learning cycle higher order questions mathematical problem-solving ability

Susiriya Thirakulnanchai : EFFECTS OF ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITIES USING 7E LEARNING CYCLE AND HIGHER ORDER QUESTIONS ON MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING ABILITY OF SEVENTH GRADE STUDENTS. Advisor: Asst. Prof. JINNADIT LAORPAKSIN, Ed.D.

The purposes of this research were 1) to compare mathematical problem-solving ability of students before and after using the 7E learning cycle with higher order questions learning activities, and 2) to study the ability to solve mathematical problems both in general and according to the sub - components of the students receiving mathematics learning activities using the 7E learning cycle with Higher Order Questions classified by skill levels: high-achieving, average-achieving and low-achieving groups, between before and after studying. There were 35 students in the experimental group of seventh grade students in Pathum Thani, during the second semester of academic year 2019 using the purposive sampling. The instruments for data collection were two the mathematical problem-solving ability tests: for pre-test and post-test. Such the data so obtained were analyzed by using arithmetic mean, standard deviation, percentage, t-test, and by content analysis

The results of the study revealed that 1) the mathematical problem-solving ability of students of the experimental group was higher than that of before the experiment at a .05 level of significance and 2) the mathematical problem-solving ability of students of the experimental group has been improved to the positive direction and all aspects.

Field of Study: Mathematics Education Student's Signature

Academic Year: 2019 Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความเมตตากรุณาอย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิณดิษฐ์ ละออปักชิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา คำชี้แนะ และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งยังได้ตรวจสอบ ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของผู้วิจัยด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ครบถ้วน รวมทั้งบ่มเพาะให้ผู้วิจัยมีการทำงานอย่างเป็นระบบ ให้ประสบการณ์ และทักษะต่าง ๆ รวมทั้งยังคอยให้กำลังใจที่ดีในการทำวิทยานิพนธ์แก่ผู้วิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ด้วยความเคารพอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง ประธานกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ และดร. สุพัตรา ผาติวิสันต์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งเป็นประโยชน์ในการทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านจากสาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์และคณะครุศาสตร์ที่ได้มอบความรู้ ให้คำปรึกษา คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์ รองศาสตราจารย์ ศศิธร แม้นสงวน และอาจารย์ วิลาวัณย์ รักงาม ที่เสียสละเวลาตรวจพิจารณาและให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อคณะผู้บริหารและคณะครูโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งขอขอบคุณนักเรียน ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี อีกทั้งขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อคณะผู้บริหาร คณะครู และนักเรียนโรงเรียนธัญรัตน์ ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการทดลองใช้เครื่องมือวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา ให้คำปรึกษา แก่ผู้วิจัยตลอดมา และคอยเป็นกำลังใจที่สำคัญมาโดยตลอด และผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อนที่น่ารักทุกคน สำหรับกำลังใจที่ดีในการทำงานและความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดี

สุสิริยา ธีรากุลนันทชัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามการวิจัย.....	6
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	6
สมมติฐานการวิจัย.....	6
ขอบเขตของการศึกษา.....	8
คำจำกัดความในการวิจัย.....	8
ประโยชน์ที่ได้รับ.....	12
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
1. วงจรการเรียนรู้แบบ 7E.....	14
1.1 ความเป็นมาของวงจรการเรียนรู้แบบ 7E.....	14
1.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E.....	19
1.3 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E.....	21
2. คำถามระดับสูง.....	24
2.1 ความหมายของคำถามระดับสูง.....	24

2.2 ความสำคัญของคำถามระดับสูง	26
2.3 ประเภทของคำถามระดับสูง	28
2.4 คำถามระดับสูงกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	33
3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	35
3.1 ความหมายและประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์	35
3.2 ลักษณะปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดี	39
3.3 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	41
3.4 กระบวนการ ขั้นตอน และทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	42
3.5 ยุทธวิธีและแนวทางในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	51
3.6 องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	58
3.7 การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา	59
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	66
4.1 งานวิจัยในต่างประเทศ	66
4.2 งานวิจัยในประเทศ	71
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	79
1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	79
2. การออกแบบการวิจัย	80
3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	80
4. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	81
4.1 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	81
4.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	85
5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	91
5.1 ขั้นตอนการก่อนการทดลอง	91
5.2 ขั้นตอนการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	92

การเก็บข้อมูลเชิงสถิติ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้	92
6. การวิเคราะห์ข้อมูล	93
6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ	93
6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ	93
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย	93
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	96
ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโรงเรียน ครู และนักเรียน	96
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน	99
ตอนที่ 3 ผลการศึกษาศามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งในภาพรวมและตาม องค์ประกอบย่อยของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการ เรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนและหลังเรียน	102
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	121
สรุปผลการวิจัย	124
อภิปรายผลการวิจัย	125
ข้อเสนอแนะ	131
บรรณานุกรม	133
ภาคผนวก	142
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย	143
ภาคผนวก ข หนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิ และหนังสือขอความร่วมมือในการวิจัย	145
ภาคผนวก ค โครงสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	154
ภาคผนวก ง ผลการประเมินแบบทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญ และผลการวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือ	156
ภาคผนวก จ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	160

ภาคผนวก จ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	167
ภาคผนวก ช ผลการทดสอบทางสถิติของแบบวัดความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์. 190	
ประวัติผู้เขียน	193



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E.....	21
ตารางที่ 2 ตัวอย่างคำถามที่ต้องการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและจุดประสงค์ของการถาม	34
ตารางที่ 3 แบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Polya	60
ตารางที่ 4 ตารางเกณฑ์การให้คะแนนของ Charle and et al.	61
ตารางที่ 5 ตารางกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของกรม วิชาการ	62
ตารางที่ 6 ตารางเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อยของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของสถาบัน ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	63
ตารางที่ 7 ตารางเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ สุรชัย วงศ์จันเสื่อ.....	64
ตารางที่ 8 รูปแบบการวิจัย.....	80
ตารางที่ 9 แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เนื้อหาและจำนวนคาบของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ	82
ตารางที่ 10 กรอบแนวคิดและขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง.....	83
ตารางที่ 11 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	87
ตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต (X) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และค่าที (paired sample t- test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและ หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ทั้งหมด 35 คน.....	99
ตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต (X) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และค่าที (paired sample t- test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและ หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงโดยจำแนกเป็นรายด้าน ทั้งหมด 35 คน	100

ตารางที่ 14 ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในภาพรวม	103
ตารางที่ 15 แสดงจำนวนและร้อยละของจำนวนนักเรียนในด้านที่ 1 ความสามารถของนักเรียนในการวิเคราะห์เพื่อทำความเข้าใจปัญหา จำแนกตามระดับความสามารถโดยเปรียบเทียบระหว่างระยะก่อนการทดลองและหลังการทดลอง	104
ตารางที่ 16 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนในด้านที่ 2 ความสามารถของนักเรียนในการวางแผนแก้ปัญหา จำแนกตามระดับความสามารถโดยเปรียบเทียบระหว่างระยะก่อนการทดลองและหลังการทดลอง	108
ตารางที่ 17 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนในด้านที่ 3 ความสามารถของนักเรียนในการดำเนินการแก้ปัญหา จำแนกตามระดับความสามารถโดยเปรียบเทียบระหว่างระยะก่อนการทดลองและหลังการทดลอง	113
ตารางที่ 18 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนในด้านที่ 4 ความสามารถของนักเรียนในการสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ จำแนกตามระดับความสามารถโดยเปรียบเทียบระหว่างระยะก่อนการทดลองและหลังการทดลอง	116
ตารางที่ 19 โครงสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ก่อนเรียน)	155
ตารางที่ 20 โครงสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (หลังเรียน)	155
ตารางที่ 21 ผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสม (X) ของโครงสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน	157
ตารางที่ 22 ผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสม (X) ของโครงสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน	158
ตารางที่ 23 แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน จำนวน 6 ข้อ (นำไปใช้จริง)	159
ตารางที่ 24 แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน จำนวน 6 ข้อ (นำไปใช้จริง)	159
ตารางที่ 25 ผลการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (คะแนนเต็มฉบับละ 96 คะแนน)	191

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 วงจรการเรียนรู้แบบ 7E.....	17
ภาพที่ 2 กรอบการแก้ปัญหาแนวตรงของ Wilson.....	43
ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่แสดงความเป็นพลวัต (Dynamic)	44
ภาพที่ 4 ขั้นตอนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ ยูพิน พิพิธกุล (2530)	46
ภาพที่ 5 ขั้นตอนการแก้ปัญหารูปแบบใหม่ DAPIC	47
ภาพที่ 6 กรอบแนวคิดการวิจัย	78
ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน A ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 1 อยู่ในระดับปรับปรุง ในระยะก่อนการทดลอง	105
ภาพที่ 8 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน A ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 1 อยู่ในระดับดีมาก ในระยะหลังการทดลอง	106
ภาพที่ 9 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน B ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 1 อยู่ในระดับปานกลาง ในระยะก่อนการทดลอง.....	107
ภาพที่ 10 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน B ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 1 ที่อยู่ในระดับดีมาก ในระยะหลังการทดลอง.....	107
ภาพที่ 11 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน C ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 2 อยู่ในระดับปรับปรุง ในระยะก่อนการทดลอง	109
ภาพที่ 12 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน C ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 2 ที่อยู่ในระดับดีมาก ในระยะหลังการทดลอง.....	110
ภาพที่ 13 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน D ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 2 อยู่ในระดับปานกลาง ในระยะก่อนการทดลอง.....	111
ภาพที่ 14 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน D ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 2 ที่อยู่ในระดับดีมาก ในระยะหลังการทดลอง.....	112

ภาพที่ 15 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน E ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 3 อยู่ในระดับปรับปรุง ในระยะก่อนการทดลอง	114
ภาพที่ 16 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน E ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 3 ที่อยู่ในระดับดี ในระยะหลังการทดลอง	114
ภาพที่ 17 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน F ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 3 อยู่ในระดับปานกลาง ในระยะก่อนการทดลอง.....	115
ภาพที่ 18 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน F ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 3 อยู่ในระดับดีมาก ในระยะหลังการทดลอง	115
ภาพที่ 19 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน G ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 4 อยู่ในระดับปรับปรุง ในระยะก่อนการทดลอง	117
ภาพที่ 20 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน G ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 4 อยู่ในระดับดี ในระยะหลังการทดลอง	118
ภาพที่ 21 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน H ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 4 อยู่ในระดับปรับปรุง ในระยะก่อนการทดลอง	119
ภาพที่ 22 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน H ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 4 อยู่ในระดับดี ในระยะหลังการทดลอง	119

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตในแง่ของการพัฒนาสังคมซึ่งใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานในการสร้างองค์ความรู้ในนวัตกรรม และในแง่ของการพัฒนามนุษย์ที่ใช้องค์ความรู้ช่วยในการพัฒนาความสามารถทางการคิด เช่น การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (อัมพร ม้าคนอง, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางพัฒนานักเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี, 2559) ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาหลักสูตรคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน รวมถึงการพัฒนาคนไทยให้มีทักษะการคิด ทักษะชีวิตและอาชีพ ทักษะสื่อสารสนเทศและเทคโนโลยี ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมตั้งแต่ในวัยเด็ก โดยเน้นการเชื่อมโยงความรู้กับการทำงานเพื่อเตรียมความพร้อมเข้าสู่โลกในศตวรรษที่ 21 เช่น การคิดแบบมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การสื่อสารสื่อความหมาย การทำงานเป็นทีม การคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรมควบคู่ไปกับความสามารถทางด้านเทคโนโลยี เพื่อส่งเสริมให้มนุษย์มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) ซึ่งสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่จัดให้คณิตศาสตร์เป็นสาระการเรียนรู้ที่สำคัญเป็นพื้นฐานการคิดและพัฒนาตัวผู้เรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) โดยครูจำเป็นต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ทางด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น 5 ด้าน คือ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การสื่อสารสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

แม้ว่าคณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการศึกษาในด้านการพัฒนาความคิด ทักษะและกระบวนการต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตาม การจัดการศึกษาคณิตศาสตร์ในประเทศยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ดังเห็นได้จากการศึกษาการประเมินผลการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น การประเมินผลการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) ของนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี ในโครงการ PISA (Programme for International Student Assessment) ซึ่ง

ดำเนินการโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจหรือ OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) เน้นการนำคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ในชีวิตจริง นักเรียนต้องรู้จักรูปแบบคณิตศาสตร์ การจัดการข้อมูล ขอบเขต ข้อจำกัดของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ การนำเสนอสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ และสามารถตัดสินใจปัญหาพื้นฐานของคณิตศาสตร์ ผลการประเมินคะแนน PISA 2018 ของนักเรียนไทยในวิชาคณิตศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ย 419 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยนานาชาติที่มีคะแนนเฉลี่ย 489 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) และผลสัมฤทธิ์จากการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน สถาบันทดสอบทางการศึกษา (2560) พบว่า นักเรียนเป็นส่วนใหญ่มีผลการทดสอบที่สอดคล้องกับผลการทดสอบของ PISA ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของผู้เรียนในวิชาคณิตศาสตร์ยังคงอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ดังเห็นได้จากรายงานของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.) ซึ่งพบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยระดับชาตินั้นพื้นฐานวิชาคณิตศาสตร์ต่ำกว่าครึ่ง ในปีการศึกษา 2557-2560 (สถาบันทดสอบทางการศึกษา, 2560)

จากข้อมูลข้างต้น แสดงให้เห็นถึงผลสัมฤทธิ์จากการทดสอบของระดับนานาชาติและระดับชาติ พบว่า มีความสอดคล้องกันซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของผู้เรียนว่ายังอยู่ในระดับที่ต้องการพัฒนาและควรส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะในด้านการแก้ปัญหา (Mathematics, 2000) เพราะความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถที่สำคัญอีกประการหนึ่งในทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ส่งผลต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นพื้นฐานในการสอนที่สำคัญในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ดังนั้น ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ เข้าใจ คิด และแก้ปัญหาได้ (Kennedy, Tipps, & Johnson, 2007) นอกจากนี้การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ยังช่วยพัฒนาความรู้และความคิดของนักเรียน ช่วยพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น การคิด การวิเคราะห์ การเชื่อมโยง การประยุกต์ใช้ความรู้และความคิด ดังนั้น การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จึงเป็นกระบวนการที่นักเรียนควรเรียนรู้ ฝึกฝนและพัฒนา ให้เกิดทักษะขึ้นกับตัวนักเรียนเอง เพื่อให้ นักเรียนมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน ตลอดจนเป็นทักษะพื้นฐานที่นักเรียนสามารถนำติดตัวไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551)

ปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนข้างต้น อาจมีสาเหตุมาจากหลายประการ และสิ่งที่น่าจะเป็นสาเหตุหลักประการหนึ่ง คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูที่เน้นการบรรยายมากเกินไป ไม่เน้นให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรม บรรยายในห้องเรียนไม่สอดคล้องหรืออำนวยการให้เกิดการเรียนรู้ ครูขาดสื่อการสอนที่ดึงดูดหรือช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจอย่างทอแท้ ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับประสบการณ์ สามารถนำความรู้เหล่านั้นไปขยายและประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน คือ วงจรการเรียนรู้แบบ 7E (7E learning cycle)

วงจรการเรียนรู้แบบ 7E (7E learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่พัฒนามาจากรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ซึ่ง Bybee and et al. (2006) ที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่ ผ่านกระบวนการสืบสอบ ประเมินผล และเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับความรู้หรือประสบการณ์เดิม ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนการเรียนรู้ ดังนี้ 1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ใช้กิจกรรมสั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดความอยากเรียนรู้และกระตุ้นให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับปัจจุบัน 2. ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่ โดยใช้ความรู้เดิมเป็นฐาน เพื่อให้เกิดการคิด วางแผน ดำเนินการ ตรวจสอบ สืบค้น และลงมือปฏิบัติ 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเปิดโอกาสให้แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ ทักษะกระบวนการและการปฏิบัติ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น 4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่กระตุ้นและขยายความเข้าใจเกี่ยวกับ มโนทัศน์ และทักษะกระบวนการ ผ่านประสบการณ์แบบใหม่เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจมากขึ้น 5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนประเมินความเข้าใจและความสามารถของตนเอง และครูประเมินความก้าวหน้าของนักเรียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้

วงจรการเรียนรู้แบบ 7E (7E learning cycle) ตามแนวคิดของ Eisenkraft (2003) และ Muthma'innah, Dahlan, and Suhendra (2019) จะมุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง และแก้ปัญหาผ่านการสำรวจสืบค้น เชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิม แล้วขยายความรู้และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ยังให้ความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูล ระบุประเด็นปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา และสรุปผลที่ได้จากการสืบค้น โดยวงจรการเรียนรู้แบบ 7E ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนการเรียนรู้ ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) เป็นขั้นทบทวนและตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน โดยใช้กิจกรรมกระตุ้นให้นักเรียนแสดงออกถึงความรู้เดิมที่มีอยู่
2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) เป็นขั้นที่ครูพยายามสร้างความสนใจโดยเชื่อมโยงระหว่างบทเรียนและประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน ให้นักเรียนเกิดความอยากเรียนรู้ เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่บทเรียน
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น วิเคราะห์ประเด็นปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และสรุปผล
4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้มาจากการสืบค้น ให้แสดงความเข้าใจและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับมโนทัศน์ หรือวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา แล้วร่วมกันสรุปผล
5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้กับทักษะกับสถานการณ์ใหม่หรือสถานการณ์เดิมที่เปลี่ยนบริบทไป
6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ขั้นที่ครูประเมินความรู้ทักษะและความเข้าใจของนักเรียน
7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ขั้นที่ครูสนับสนุนให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในบริบทใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

กลยุทธ์อีกประการที่ครูสามารถนำมาใช้กับการจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาการคิดของนักเรียน คือ การใช้คำถาม ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่เน้นให้นักเรียนได้คิดและส่งเสริมให้มีปฏิสัมพันธ์กับครู นักเรียนสามารถใช้ความคิดในการวิเคราะห์ข้อมูลหรือความรู้ เพื่อตัดสินใจหาข้อสรุปหรือคำตอบที่เหมาะสม ดังนั้น การใช้คำถามในการเรียนการสอนจึงเป็นทักษะที่สำคัญ (ทิตินา แชมมณี, 2553) แต่ในปัจจุบันพบว่า การสอนของครูใช้คำถามในระดับของความรู้ ความจำ เป็นส่วนมาก ครูยังไม่ได้มีการใช้คำถามที่ช่วยพัฒนาการคิดระดับสูงตั้งแต่ การคิดวิเคราะห์ การคิดประเมิน และการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งการใช้คำถามระดับสูงเป็นสิ่งจำเป็นในการช่วยพัฒนาการคิดระดับสูง (ทิตินา แชมมณี, 2547)

คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนแสดงการปฏิบัติเชิงนามธรรม ซึ่งพบมากในรายวิชาคณิตศาสตร์ เช่น การแทนที่ การคูณ การทำให้อยู่ในรูปอย่างง่าย การประมาณค่า ตรรกศาสตร์ การเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างระหว่าง 2 สิ่งหรือ 2 สิ่งขึ้นไป โดยใช้เกณฑ์ที่

สร้างขึ้น และเป็นคำถามที่ให้นักเรียนใช้ความคิดระดับสูงในการค้นหาคำตอบ ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญในการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนให้เข้าใจเนื้อหาหรือความรู้ใหม่ และสามารถนำความรู้ไปใช้ประกอบการตัดสินใจได้อย่างสมเหตุสมผล ดังนั้นคำถามระดับสูงจึงเป็นทักษะการคิดวิเคราะห์ ที่สามารถนำไปใช้ได้กับทุกบทเรียน ทุกวิชา และทุกระดับชั้น การที่ครูใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง จนนักเรียนมีความคุ้นเคย จะช่วยพัฒนาการคิดทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนอย่างแท้จริง ซึ่งเป็นการเอื้อต่อการพัฒนาความรู้และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังนั้นการใช้คำถามระดับสูง จึงเป็นสิ่งที่ครูควรนำไปใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ต้องอาศัยการเรียนการสอนและค้นคว้าหาความรู้แบบพิเศษ เพื่อเน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการสำรวจ ค้นหา สืบสอบ ขยายความรู้และนำไปประยุกต์ใช้ ดังนั้นเทคนิคหนึ่งที่สามารถสนับสนุนวงจรการเรียนรู้แบบ 7E นั่นคือ การใช้คำถามระดับสูง ซึ่งการใช้คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนใช้การคิดระดับสูง การคิดที่ลุ่มลึก การคิดวิเคราะห์ เพื่อสนับสนุนให้เกิดการอภิปราย ซึ่งจำแนกตามระดับการคิดระดับสูงของ Bloom's Revised Taxonomy (L. W. Anderson, Krathwohl, & et al., 2001) เป็นดังนี้

1. คำถามเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ (Analysis questions) จะเป็นคำถามที่ให้นักเรียนได้จัดการข้อมูลในเชิงโครงสร้าง จำแนกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง
2. คำถามเพื่อให้เกิดการประเมิน (Evaluation questions) จะเป็นคำถามที่ให้นักเรียนได้วิพากษ์วิจารณ์ผลงาน ระบุความเหมาะสมของกระบวนการหรือผลที่ได้จากการแก้ปัญหา
3. คำถามเพื่อให้เกิดการสร้างสรรค์ (Creating questions) จะเป็นคำถามที่ให้นักเรียนได้สร้างสมมติฐานใหม่บนพื้นฐานของการสังเกตปรากฏการณ์ การสร้างขั้นตอนกระบวนการใหม่เพื่อจัดการปัญหา หรือสร้างแนวคิดในการสร้างผลงานใหม่

จากความสำคัญและข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาผลการจัดกิจกรรมโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งการจัดกิจกรรมนี้จะทำให้นักเรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอน สมเหตุสมผล ขยายความรู้และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงคิดว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับ

การใช้คำถามระดับสูงสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำถามการวิจัย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงจะสามารถทำให้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงระหว่างก่อนและหลังเรียน
2. ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งในภาพรวมและตามองค์ประกอบย่อยของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนและหลังเรียน

สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่และแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการสืบค้น แล้วขยายความรู้และนำไปประยุกต์ใช้ ซึ่งลักษณะสำคัญดังกล่าวสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามผลการวิจัยของ จิราภรณ์ คงหนองลาน และเฉลิมพร ทองพูน. (2014) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งก่อนและหลังเรียนของนักเรียน ซึ่งเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 23 อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก โดยเครื่องมือในการทดลอง คือ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) เรื่องสารละลาย ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนรู้จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) เรื่องสารละลาย มีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ผู้เรียนยังมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) เรื่องสารละลาย โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

Saleh, Suryadi, and Dahlan (2018) ได้ศึกษานักศึกษาวิชาเอกคณิตศาสตร์ในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในเมือง Tangerang ประเทศอินโดนีเซีย เกี่ยวกับการใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับ Hypnoteaching model เพื่อช่วยเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาของนักศึกษา ผลการทดลองพบว่า ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับ Hypnoteaching model สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการเรียนรู้แบบปกติ

Swasono, Kartono, and Rochmad (2018) ได้ศึกษาเกี่ยวกับวงจรการเรียนรู้แบบ 7E กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน เพื่อทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ผลการทดลองพบว่า กลุ่มทดลองที่มีการใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E สามารถแก้ไขปัญหारेื่องความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

หนึ่งในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดระดับสูง คือ งานวิจัยของ Husna and Johar (2018) ได้ศึกษาเกี่ยวกับระดับคำถามตามแนวคิดของ Bloom's Revised Taxonomy (Bloom & Krathwohl, 1956) ในหนังสือเรียนคณิตศาสตร์ประเทศอินโดนีเซีย พบว่า ระดับคำถามที่พบส่วนมากคือ ระดับ C1-C4 (คำถามเพื่อให้เกิดการจำคำถามเพื่อให้การเข้าใจ คำถามเพื่อนำไปใช้ คำถามเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์) ไม่ค่อยพบคำถามระดับ C5-C6 (คำถามเพื่อให้เกิดการประเมิน และ คำถามเพื่อให้เกิดการสร้างสรรค์) ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาแบบทดสอบพิชคณิตโดยใช้คำถามเพื่อให้เกิดการประเมิน และ คำถามเพื่อให้เกิดการสร้างสรรค์ ผลการวิจัยพบว่า คำถามเพื่อให้เกิดการประเมิน และ คำถามเพื่อให้เกิดการสร้างสรรค์ถูกนำไปใช้ตั้งคำถามในแบบฝึกหัดของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ งานวิจัยของ Mahfuzah, Jufri, and Fitrawati (2019) ซึ่งได้ทำศึกษาความสามารถในการตอบคำถามโดยใช้การคิดระดับสูง เกี่ยวกับการอ่าน ตามแนวคิดของ Bloom's Taxonomy และ Anderson Taxonomy มีผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 36 คน เครื่องมือที่ใช้ทดสอบการวิจัย คือ แบบทดสอบการอ่านจำนวน 5 ชุด และแบบทดสอบปรนัยอีก 45 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถของนักเรียนในการตอบคำถามด้วยการคิดระดับสูงค่อนข้างดี คือ การคิดเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ การคิดเพื่อให้เกิดการประเมิน การคิดเพื่อให้เกิดการสร้างสรรค์ อยู่ที่ 75.78% 75.05% และ 72.19% ตามลำดับ แต่นักเรียนส่วนใหญ่ยังเสนอความเห็นเกี่ยวกับการแก้ปัญหาได้ไม่ถูกต้อง

จากแนวคิดและผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวงจรการเรียนรู้แบบ 7E และ การใช้คำถามระดับสูง ดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานดังนี้

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นภายหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์จากการใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตของการศึกษา

1. ประชากรและตัวอย่างในการวิจัย

1.1 ประชากร คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่มัธยมศึกษาเขต 4 ปทุมธานี - สระบุรี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

1.2 ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1 ห้องเรียน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โดยการคัดเลือกแบบสุ่ม

2. เนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรแกนกลางศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ

3. ตัวแปรที่ศึกษา มีดังนี้

3.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง

3.2 ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

คำจำกัดความในการวิจัย

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการสำรวจ ค้นหา สืบสอบ เพื่อสร้างความรู้ใหม่ โดยเชื่อมโยงกับประสบการณ์หรือความรู้เดิมแล้วขยายความรู้และนำไปประยุกต์ใช้ ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนตามแนวคิดของ Eisenkraft (2003) และ Muthma'innah et al. (2019) ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) คือ ขั้นที่ครูใช้ทบทวนและตรวจสอบความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ก่อนของนักเรียน โดยจัดกิจกรรมเพื่อกระตุ้นความคิดให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมหรือความรู้ที่มีอยู่ก่อนเกี่ยวกับเนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่องนั้น ๆ ออกมา
2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) คือ ขั้นที่ครูพยายามเชื่อมโยงระหว่างบทเรียนทางคณิตศาสตร์และประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งเป็นการกระตุ้น นักเรียนให้เกิดความสนใจและอยากเรียนรู้ และเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่บทเรียน
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) คือ ขั้นที่ให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เพื่อเปิดโอกาสให้แลกเปลี่ยนความคิด ร่วมกันวิเคราะห์ รวบรวมข้อมูล ตรวจสอบสถานการณ์ เพื่อสร้างมโนทัศน์ หรือแก้ปัญหาโดยระบุประเด็นปัญหา วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา และสรุปผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์
4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase) คือ ขั้นที่ให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและแสดงความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ หรือวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา แล้วร่วมกันสรุปผล
5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase) คือ ขั้นที่ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ ประยุกต์ใช้ความรู้กับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ใหม่หรือสถานการณ์เดิมที่เปลี่ยนแปลงบริบทไป
6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) คือ ขั้นที่ครูประเมินความรู้ ทักษะ และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การประเมินระหว่างเรียนและการประเมินสรุป โดยการประเมินระหว่างเรียนจะเป็นการประเมินอย่างต่อเนื่องในแต่ละขั้นตอน และการประเมินสรุปจะเป็นการประเมินผลในตอนสุดท้าย เพื่อตรวจสอบผลการเรียนรู้ของผู้เรียน
7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) คือ ขั้นที่ครูสนับสนุนให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในบริบทใหม่ ซึ่งมีความซับซ้อนมากขึ้น

2. การใช้คำถามระดับสูง หมายถึง การใช้คำถามที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้การคิดระดับสูง เกิดการคิดที่ลุ่มลึก การคิดวิเคราะห์ และเป็นคำถามที่สนับสนุนให้เกิดการอภิปราย โดยลักษณะคำถามระดับสูง สามารถจำแนกตามระดับของการคิดระดับสูงของ Bloom's Revised Taxonomy (L. W. Anderson et al., 2001) เป็นดังนี้

1. คำถามเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ (Analysis questions) คือ คำถามที่ให้นักเรียนได้จัดการข้อมูลและจำแนกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกัน

2. คำถามเพื่อให้เกิดการประเมิน (Evaluation questions) คือ คำถามที่ให้นักเรียนได้วิพากษ์วิจารณ์ผลงาน ระบุความเหมาะสมของกระบวนการหรือผลที่ได้จากการแก้ปัญหา ประกอบด้วยคำสำคัญ

3. คำถามเพื่อให้เกิดการสร้างสรรค์ (Creating questions) คือ คำถามที่ให้นักเรียนได้สร้างสมมติฐานใหม่บนพื้นฐานของการสังเกตปรากฏการณ์ การสร้างขั้นตอนกระบวนการใหม่เพื่อจัดการปัญหา หรือสร้างแนวคิดในการสร้างผลงานใหม่

3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มุ่งเน้นให้นักเรียนแสวงหาข้อมูลสำรวจข้อมูล สืบค้นข้อมูล รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุปข้อมูล แล้วนำข้อมูลไปขยายโดยเชื่อมโยงกับบทเรียนทางคณิตศาสตร์และนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน ซึ่งในระหว่างการดำเนินกิจกรรม ครูจะใช้คำถามระดับสูง เพื่อช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้การคิดระดับสูง คิดวิเคราะห์ เพื่อนำไปสู่การอภิปราย และค้นพบสิ่งใหม่ ประกอบด้วย 4 ขั้น คือ ขั้นเตรียมความพร้อม ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นฝึกทักษะ และขั้นสรุปบทเรียน

1. ขั้นเตรียมความพร้อม

เป็นขั้นที่ครูใช้เพื่อเตรียมความพร้อมของนักเรียนก่อนเข้าสู่บทเรียนใหม่ กระตุ้นนักเรียนให้สนใจในการเรียน ทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน (ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase)) โดยใช้คำถามระดับสูงที่เหมาะสมกับนักเรียนหรือบทเรียน เช่น คำถามเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ หรือคำถามลักษณะอื่น เพื่อให้นักเรียนได้คิดและแสดงออกถึงความรู้เดิมที่มีอยู่ก่อนเกี่ยวกับบทเรียนคณิตศาสตร์

2. ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้

เป็นขั้นที่ครูจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้สร้างความรู้ใหม่หรือแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ซึ่งเชื่อมโยงกับความรู้เดิม โดยมีการทำงานเป็นกลุ่ม แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) เป็นขั้นที่ทำให้นักเรียนสนใจและอยากที่จะเรียนรู้ โดยครูยกตัวอย่างสถานการณ์หรือใช้คำถามระดับสูงเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ หรือใช้คำถามระดับสูงลักษณะอื่นที่เหมาะสม เพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์และเชื่อมโยงบทเรียนคณิตศาสตร์ กับประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน

ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เพื่อเปิดโอกาสให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ร่วมกันสำรวจข้อมูล รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์

ข้อมูล ค้นหาข้อมูล ตรวจสอบสถานการณ์ เพื่อสร้างมโนทัศน์หรือแก้ปัญหาโดยระบุประเด็นปัญหา วางแผน ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา และสรุปผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในระหว่างปฏิบัติการครูจะใช้คำถามระดับสูงเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ หรือใช้คำถามระดับสูงลักษณะอื่นที่เหมาะสม เพื่อกระตุ้นและสนับสนุนนักเรียนในระหว่างการทำกิจกรรม

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase) เป็นขั้นที่ครูสนับสนุนให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและแสดงความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับมโนทัศน์ หรือวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้คำถามระดับสูงเพื่อให้เกิดการประเมิน หรือใช้คำถามระดับสูงลักษณะอื่นที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกัน และได้เชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เรียนรู้ใหม่กับประสบการณ์และความรู้เดิมเข้าด้วยกัน

3. ขั้นฝึกทักษะ

เป็นขั้นที่ครูจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้และการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการขยายกรอบความคิดให้กว้างขึ้น และเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้และวิธีการแก้ปัญหานั้น (ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase)) โดยครูจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือสถานการณ์เดิมที่เปลี่ยนบริบทไป โดยในขั้นตอนนี้ครูจะเลือกใช้คำถามระดับสูงประเภทคำถามเพื่อให้เกิดการสร้างสรรค์ หรือใช้คำถามระดับสูงลักษณะอื่นที่เหมาะสม เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจในมโนทัศน์และวิธีการแก้ปัญหาให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น และเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่

4. ขั้นสรุปบทเรียน

เป็นขั้นที่ครูใช้ประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียน และขยายความรู้ของนักเรียน โดยสนับสนุนให้นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น แบ่งเป็น 2 ขั้นย่อย ดังนี้

ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) เป็นขั้นที่ครูใช้คำถามระดับสูงที่เหมาะสม เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วย การประเมินระหว่างเรียน และการประเมินสรุป

ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) เป็นขั้นที่ครูใช้คำถามระดับสูงเพื่อให้เกิดการสร้างสรรค์ หรือใช้คำถามระดับสูงลักษณะอื่นที่เหมาะสม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ที่มีไปใช้ในบริบทใหม่หรือปัญหาใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นกว่าเดิม

4. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการและระบุข้อมูลสำคัญที่จำเป็นในการแก้ปัญหา จากนั้นคัดเลือกข้อมูลเพื่อนำมากำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา แล้วดำเนินการแก้ปัญหตามแผนที่

วางไว้เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหา จากนั้นทำการสรุปผล พร้อมทั้งตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ ซึ่งความสามารถในการแก้ปัญหานี้ นักเรียนต้องใช้ความรู้และความชำนาญในการแก้ปัญหามathematics ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหามathematics ตามแนวคิดของ Polya ร่วมกับ Mayer (อภิขญา ลือชัย, 2555) ประกอบด้วย 4 ด้าน ดังนี้

1. การทำความเข้าใจปัญหา หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจสถานการณ์หรือปัญหา เพื่อระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและข้อมูลสำคัญที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหามathematics
2. การวางแผนแก้ปัญหามathematics หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์หรือข้อมูลจากการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกข้อมูลและกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหามathematics ให้เหมาะสมเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบของปัญหามathematics
3. การดำเนินการแก้ปัญหามathematics หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหามathematics ตามแผนที่วางไว้ และคำนวณตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์จนนำไปสู่คำตอบของปัญหามathematics
4. การสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ หมายถึง ความสามารถในการสรุปคำตอบและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ว่ามีความถูกต้องและสอดคล้องกับข้อมูลหรือเงื่อนไขที่กำหนดในสถานการณ์หรือปัญหามathematics

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหามathematics
2. เป็นแนวทางสำหรับครูคณิตศาสตร์และผู้ที่เกี่ยวข้องหรือสนใจเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เพื่อไปพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์หรือนำไปประยุกต์ใช้กับวิชาอื่น
3. ครูคณิตศาสตร์และผู้ที่เกี่ยวข้องหรือสนใจ สามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. วงจรการเรียนรู้แบบ 7E
 - 1.1 ความเป็นมาของวงจรการเรียนรู้แบบ 7E
 - 1.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E
 - 1.3 บทบาทของครูและนักเรียนตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E
2. การใช้คำถามระดับสูง
 - 2.1 ความหมายของคำถามระดับสูง
 - 2.2 ความสำคัญของคำถามระดับสูง
 - 2.3 ประเภทของคำถามระดับสูง
 - 2.4 คำถามระดับสูงกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 3.1 ความหมายและประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 3.2 ลักษณะปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดี
 - 3.3 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 3.4 กระบวนการ ขั้นตอน และทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 3.5 ยุทธวิธีและแนวทางในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 3.6 องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 3.7 การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 งานวิจัยในต่างประเทศ
 - 4.2 งานวิจัยในประเทศ

1. วงจรการเรียนรู้แบบ 7E

1.1 ความเป็นมาของวงจรการเรียนรู้แบบ 7E

วงจรการเรียนรู้แบบ 7E เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองเป็นวงจรการเรียนการสอนที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎี Constructivism ซึ่งมีรากฐานสำคัญมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget โดยได้อธิบายพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์ไว้ว่าพัฒนาการทางเขาว์ปัญญาของบุคคลมีการปรับตัวทางกระบวนการดูดซึม (assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) พัฒนาการเกิดขึ้นเมื่อบุคคลรับและซึมซับข้อมูลหรือประสบการณ์เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้หรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม หากไม่สามารถสัมพันธ์กันได้ จะเกิดภาวะไม่สมดุล (disequilibrium) จากนั้นบุคคลจะพยายามปรับสภาพให้อยู่ในภาวะสมดุล (equilibrium) โดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญาซึ่ง Piaget เชื่อว่าทุกคนจะมีพัฒนาการทางเขาว์ปัญญาเป็นลำดับขั้น จากการมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ และประสบการณ์ที่เกี่ยวกับการคิดเชิงตรรกศาสตร์และคณิตศาสตร์รวมทั้งการถ่ายทอดความรู้ทางสังคม วุฒิภาวะและกระบวนการพัฒนาความสมดุล (ทิตนา แคมมณี, 2544) ซึ่งการจัดการเรียนการสอนตามแนว Constructivism จึงเน้นให้นักเรียนสร้างความรู้โดยผ่านกระบวนการคิดของตนเองโดยครูไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียนได้ แต่ครูสามารถช่วยนักเรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้ โดยจัดสภาพการให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญาหรือเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น ซึ่งเป็นสภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ทำให้นักเรียนต้องพยายามปรับข้อมูลใหม่ให้เข้ากับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่แล้วและสร้างเป็นความรู้ใหม่ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และเพียว ยินดีสุข, 2548) และมีพื้นฐานมาจากการเรียนการสอนแบบสืบสอบซึ่ง Good and Merkel (1973) ได้ให้ความหมายไว้ 3 แนวทาง คือ (1) เป็นการศึกษาเพื่อให้ได้มโนทัศน์โดยดำเนินการเพื่อให้ได้ความรู้ที่อาจเปลี่ยนแปลงได้หรือได้มายาก (2) เป็นเทคนิคหรือวิธีการในการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์โดยมีการกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น สามารถตั้งคำถามและหาคำตอบได้ด้วยตนเอง (3) เป็นวิธีการแก้ปัญหาอีกรูปแบบหนึ่งที่มีกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้โดยเผชิญกับเหตุการณ์ที่มีความท้าทายทางความคิด ซึ่งวิธีการเหล่านี้เริ่มต้นด้วยการสังเกต การคิด การออกแบบ การหาวิธีการแก้ปัญหา การทดลองและการสรุปผล

วงจรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่รู้จักอย่างแพร่หลายและมีประสิทธิภาพ ในปี 1967 Karplus ได้นำวงจรนี้ไปใช้เป็นพื้นฐานการสอนเพื่อปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของประเทศ

สหรัฐอเมริกา (SCIS) Llewellyn. D. (2002) กล่าวถึงวงจรการเรียนรู้ในระยะแรกสรุปได้ว่า วงจรการเรียนรู้มีอยู่ 3 ขั้นตอน

1. ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration)
2. ขั้นประดิษฐ์ (Invention)
3. ขั้นค้นพบ (Discovery)

Barman and Kotar (1989) ดัดแปลงและพัฒนางจรการเรียนรู้ออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสำรวจ (Exploration Phase)
2. ขั้นแนะนำโนทัศน์ (Concept Introduction Phase)
3. ขั้นประยุกต์ใช้โนทัศน์ (Concept Application Phase)
4. ขั้นประเมินผลและอภิปราย (Evaluation and Discussion)

Caple and Martin (1994) ปรับปรุงวงจรการเรียนรู้ของ Barman และ Korar เป็นดังนี้

1. ขั้นสำรวจ (Exploration Phase)
2. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase)
3. ขั้นขยายโนทัศน์ (Expansion Phase)
4. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)

Bybee และ คณะ (Lawson, 1995) นักพัฒนาหลักสูตรจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการทำหลักสูตรและการจัดทำหลักสูตรชีววิทยาของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เสนอวงจรการเรียนรู้แบบ 5E ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเกิดจากความสนใจในตัวหรือนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม โดยมีครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่ต้องการศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน หรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษาในบทเรียน

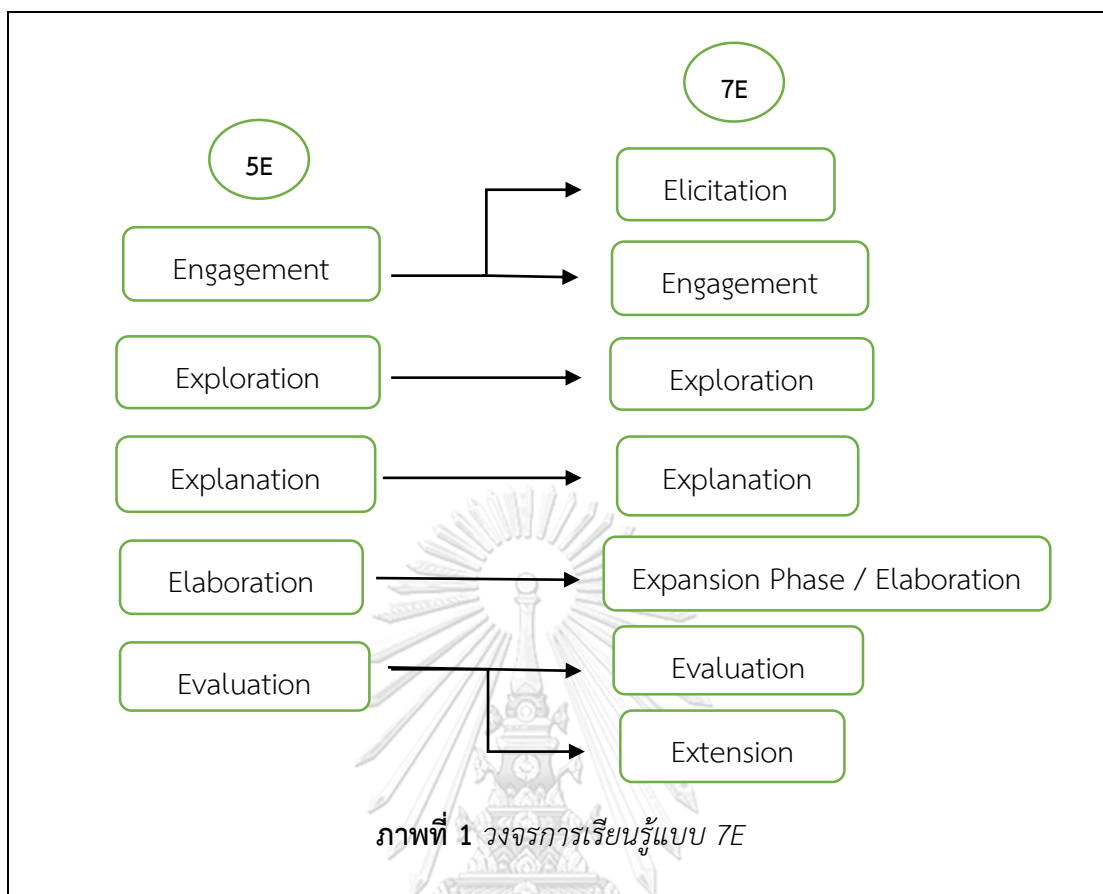
2. ขั้นสำรวจค้นหา (Explore) ในขั้นนี้จะต่อเนื่องจากขั้นสร้างความสนใจ เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว มีการวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือก ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะดำเนินการขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาอย่างเพียงพอจากการสำรวจ ตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผล ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การบรรยายสรุป การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การวาดรูป การสร้างตาราง ซึ่งการค้นพบในขั้นนี้ไม่ว่าผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อยซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องราวต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ซึ่งเป็นขั้นตอนในการประยุกต์ใช้สัญลักษณ์ คำนิยาม คำอธิบาย และทักษะต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่สถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไรบ้าง และมากน้อยเพียงใด โดยในขั้นตอนนี้ครูและนักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน

Eisenkraft (2003) ได้พัฒนางจรรการเรียนรู้แบบ 7E ซึ่งมีการพัฒนามาจาก 5E คือ มีการเพิ่มอีก 2 ขั้น คือ ขั้นทบทวนความรู้เดิม (Elicit) และขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extend) เนื่องจากเหตุผลในการเพิ่มเติมขั้นตอนทั้ง 2 ขั้น คือต้องการให้เกิดความไม่ยุ่งยาก ซับซ้อนในการจัดการเรียนการสอน จึงเป็นการเพิ่มขั้นตอนเพื่อให้แน่ใจว่า ครูจะไม่ละเลยขั้นตอนที่สำคัญสำหรับการจัดการเรียนรู้ โดยได้อธิบายขั้นตอนทบทวนความรู้เดิม ที่เพิ่มขึ้นว่ามีจุดประสงค์เพื่อทบทวนความรู้เดิมหรือดึงเอาประสบการณ์เดิมของนักเรียนออกมา แล้วกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย เพื่อนำความรู้เดิมเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่ เริ่มเกิดความไม่สมดุลทางความคิด แล้วใช้กระบวนการสำรวจค้นหาเพื่อหาคำตอบและปรับสมดุลทางความคิด และให้นักเรียนได้ฝึกการคิดและมีการคิดในระดับสูง อย่างมีเหตุผลและสามารถประเมินความเข้าใจของตนเองได้



วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ตามแนวคิดของ Eisenkraft (2003) เน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่และแก้ปัญหาผ่านการสำรวจสืบค้น เชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิม โดยเน้นการถ่ายโอนความรู้และให้ความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนพร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลประกอบด้วย 7 ขั้นตอนการเรียนรู้ ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) เป็นขั้นทบทวนและตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน โดยครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความคิดให้นักเรียน ให้แสดงความรู้ ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมออกมา โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ครูทราบว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานมากหรือน้อยเพียงใด และครูนำข้อมูลที่ได้รับไปวางแผนการเรียนการสอนให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน
2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) เป็นขั้นที่ครูสร้างความสนใจและกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความอยากรู้อยากเรียน โดยใช้กิจกรรมที่น่าสนใจ ซึ่งอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นมาเป็นตัวเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับปัจจุบัน หรือครูอาจจะใช้สื่อ

การสอนที่แปลกใหม่ บทความหรือหนังสือพิมพ์ที่น่าสนใจ บทความที่ทันต่อเหตุการณ์ทางอินเทอร์เน็ต

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจข้อมูลตรวจสอบปัญหา ดำเนินการสืบค้นและรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาจากการสืบค้นมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผล ให้อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การบรรยายสรุป การสร้างแบบจำลองทางความคิด การวาดรูป การสร้างตาราง ในขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความเข้าใจหรือความคิดเห็นเกี่ยวกับความคิดรวบยอด ทักษะ/กระบวนการ และการปฏิบัติ

5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับปัจจุบัน ไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ที่มีความคล้ายคลึงกัน หรือนำแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมไปสร้างแบบจำลองทางความคิดหรือสร้างข้อสรุป เพื่อใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่มีความคล้ายคลึงกันภายใต้การใช้สัญลักษณ์ นิยาม และคำอธิบาย เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจให้ลึกซึ้งและกว้างขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) เป็นขั้นการประเมินผลการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการต่าง ๆ หรือเกณฑ์การประเมินต่าง ๆ ตามที่ตั้งไว้ โดยครูและนักเรียนร่วมกันประเมินผล เพื่อให้นักเรียนได้ประเมินความเข้าใจและความสามารถของตนเองและครูได้ประเมินความก้าวหน้าของนักเรียนตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) เป็นขั้นที่ส่งเสริมหรือกระตุ้นให้นักเรียนมีทักษะการคิดแบบเชื่อมโยงและสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับปัจจุบัน เพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้ ซึ่งเรียกว่า การถ่ายโอนการเรียนรู้ ซึ่งเป็นหัวใจและส่วนสำคัญของการแก้ปัญหาและการคิดขั้นสูง ที่ทำให้การเรียนรู้ของนักเรียนมีความคงทนและยาวนาน ครูจึงจำเป็นต้องให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นมายุติความรู้ด้วยตนเอง

วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ตามแนวคิดของ Muthma'innah et al. (2019) เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการสำรวจ ค้นหา เพื่อเป็นการสร้างความรู้ใหม่ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิม แล้วขยายความรู้และนำไปประยุกต์ใช้พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลประกอบด้วย 7 ขั้นการเรียนรู้ ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation stage) เป็นขั้นที่กระตุ้นความรู้เดิมของนักเรียน โดยการใช้คำถาม เพื่อให้นักเรียนตอบคำถามโดยการเขียนหรือแสดงความคิดเห็น ซึ่งใน

ขั้นตอนนี้จะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มศักยภาพทางการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement stage) เป็นขั้นที่สร้างความสนใจและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากเรียนรู้ ผ่านการใช้คำถามที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนและชีวิตประจำวัน โดยครูสร้างความเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับบทเรียนที่จะเรียนรู้ ขั้นตอนนี้จะพัฒนาศักยภาพของนักเรียนด้านการให้เหตุผลและการสื่อสาร

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration stage) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 2-4 คน เพื่อให้นักเรียนสามารถระบุปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา และสรุปผล ในขั้นตอนนี้จะพัฒนาการคิดเชิงวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของนักเรียน

4. ขั้นอธิบาย (Explanation stage) เป็นขั้นที่ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบหรือแนวทางที่ค้นหาได้อย่างอิสระ (จากขั้นต้นสำรวจและค้นหา) จากนั้นครูและนักเรียนยังร่วมกันสรุปผลโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ ในขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับศักยภาพทางการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนและการใช้เหตุผล

5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration stage) เป็นขั้นที่ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้และทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่มีความคล้ายหรือเกี่ยวข้องกับบทเรียน เพื่อให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและเสนอหาวิธีแก้ปัญหาได้อย่างมีเหตุผล

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation stage) เป็นขั้นที่ครูประเมินความรู้ทักษะและความเข้าใจของนักเรียนและสังเกตนักเรียนในการนำความรู้ไปปรับใช้ ซึ่งวิธีการประเมินมี 2 ส่วน คือ การประเมินระหว่างเรียนและการประเมินสรุป โดยการประเมินระหว่างเรียนจะเป็นการประเมินอย่างต่อเนื่องในแต่ละขั้นตอน การประเมินสรุปจะเป็นการประเมินผลในตอนสุดท้าย เพื่อตรวจสอบผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension stage) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามที่สอดคล้องกับบริบทปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้ และสร้างองค์ความรู้ใหม่เป็นภาษาของตนเอง

1.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E เป็นกระบวนการมุ่งเน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้และให้ความสัมพันธ์กับการตรวจสอบความรู้พื้นฐานของนักเรียนโดยใช้กระบวนการคิดและความรู้เดิมที่มีเป็นฐานในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ มีการกำหนดปัญหา หรือ

สถานการณ์เป็นตัวกระตุ้น เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ผ่านการอภิปราย โดยใช้ทักษะการแก้ปัญหา การสังเกต การตั้งคำถาม การเชื่อมโยงความรู้เดิม และสามารถนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง โดยครูจะเป็นผู้ประเมินนักเรียนระหว่างเรียนและใช้คำถามเพื่อชี้แนะแนวทางให้นักเรียนสามารถสะท้อนการรู้คิด ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นทบทวนความรู้เดิม (Elicit) ครูจัดกิจกรรมเพื่อทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน หรือเป็นขั้นที่ครูจะตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้ ความเข้าใจ โดยมีจุดประสงค์เพื่อทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน ครูจะได้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนมีพื้นฐานความรู้เดิมเป็นอย่างไร ครูควรเพิ่มเติมเนื้อหาความรู้ส่วนใดแก่นักเรียนและนอกจากนี้ครูยังสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวางแผนการเรียนการสอนตามความเหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน
2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) ครูจัดกิจกรรมเพื่อสร้างความสนใจและกระตุ้นนักเรียน ให้เกิดความอยากรู้อยากเรียน โดยใช้เรื่องหรือกิจกรรมที่น่าสนใจซึ่งอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น มาเป็นเรื่องเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่นักเรียนมีหรือการใช้สื่อ หนังสือพิมพ์ โทรสาร อินเทอร์เน็ต ให้นักเรียนศึกษาเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในขั้นตอนต่อไป
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) ครูกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจข้อมูล ตรวจสอบปัญหา การดำเนินการ สืบค้นและรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม
4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อมูลมาวิเคราะห์ แปรผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การบรรยายสรุป การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือการวาดรูป การสร้างตาราง
5. ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) ครูกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม นำแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม แบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือข้อสรุปไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ มีการนำประโยค การใช้สัญลักษณ์ นิยาม คำอธิบาย และทักษะไปสู่สถานการณ์ใหม่
6. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนโดยเพื่อนร่วมชั้นและครู ซึ่งครั้งนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่น ๆ
7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extend) ครูส่งเสริมหรือกระตุ้นนักเรียนให้มีทักษะการคิดแบบเชื่อมโยง มีการเชื่อมโยงทางโน้ตส์เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ และประยุกต์ใช้ความรู้ได้หรือนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างเป็นความรู้ใหม่ ซึ่ง Eisenkraft (2003) ได้กล่าวว่า เป็นขั้นตอนการนำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงและแก้ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้อง ทำให้การ

เรียนรู้ของนักเรียนมีความคงทนและยาวนานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกระตุ้นครูให้มีความสำคัญต่อการต่อยอดความรู้ของนักเรียนและครูต้องตรวจสอบว่า มีการใช้ความรู้ในบริบทใหม่จากการลงมือปฏิบัติของนักเรียน ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอน ครูจึงจำเป็นต้องให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้สร้างขึ้นมาต่อยอดความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งอาจทำได้หลากหลายวิธีและเพื่อชี้ให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ และมีการถ่ายโยง ซึ่งเป็นหัวใจและเป็นส่วนสำคัญของการแก้ปัญหาการคิดในขั้นสูง

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุป วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ที่มีพื้นฐานมาจาก ทฤษฎี Constructivism ซึ่งมีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget โดยเมื่อนักเรียนได้รับข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่จากเกิดการซึมซับเข้าสู่โครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ แต่ถ้าโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์หรือข้อมูลที่ได้รับ นักเรียนจะเข้าสู่ภาวะไม่สมดุลกับความคิดเดิม นักเรียนจะปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางความคิดจนเข้าสู่ภาวะสมดุล นอกจากนี้ วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ยังเน้นความสำคัญของขั้นตอนการทบทวนความรู้เดิมและขั้นตอนการต่อยอดความรู้เพื่อให้การเรียนรู้ของนักเรียนสมบูรณ์ครบถ้วน

1.3 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E

การนำวงจรการเรียนรู้แบบ 7E ไปใช้ ครูควรจัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถและอายุของนักเรียน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูต้องทราบเกี่ยวกับบทบาทครูและบทบาทนักเรียน เพื่อช่วยให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพสูงสุด ตาม Lawson (1995) Eisenkraft (2003) และ ประสาท เนืองเฉลิม (2550) ได้กล่าวถึงบทบาทของครู และนักเรียนในการเรียนการสอนโดยใช้ วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ซึ่งสามารถสรุปได้ดัง ตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ตรวจสอบความรู้เดิม (Elicit)	<ul style="list-style-type: none"> - ตั้งคำถามหรือกำหนดประเด็นปัญหา - กระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิม - ตรวจสอบความรู้และประสบการณ์เดิม - วางแผนการจัดการเรียนรู้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตอบคำถามตามความเข้าใจตนเอง - แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - อภิปรายร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน

ขั้นการ เรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
2. ได้รับความสนใจ (Engage)	<ul style="list-style-type: none"> - สร้างความสนใจและตั้งคำถามกระตุ้นความคิด - สร้างความกระหายใคร่รู้ - ยกตัวอย่างประเด็นที่น่าสนใจ - จัดสถานการณ์ให้นักเรียนสนใจ - ตั้งคำถามที่ยังไม่ชัดเจนมาคิดและอภิปรายร่วมกัน 	<ul style="list-style-type: none"> - ถามคำถามตามประเด็น - แสดงความสนใจในเหตุการณ์ - อยากรู้คำตอบ - แสดงความคิดเห็นและนำเสนอความคิด - นำเสนอประเด็นหรือสถานการณ์ที่สนใจ - อภิปรายประเด็นที่ต้องการทราบ
3. สำรวจค้นหา (Explore)	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ - ชักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจค้นหา - สังเกตและรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน - ให้ข้อเสนอแนะ คำปรึกษาแก่นักเรียน - ให้กำลังใจและเสนอประเด็นที่ชี้แนะแนวทางและส่งเสริมไปสู่การสำรวจตรวจสอบ 	<ul style="list-style-type: none"> - คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรมสำรวจและตรวจสอบ - ทดสอบการคาดคะเนสมมติฐาน - คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่ - พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกกับคนอื่น ๆ - บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น - ใช้ทักษะกระบวนการในการสำรวจ
4. อธิบาย (Explain)	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดตามความเข้าใจของตัวเอง - ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบาย ให้คำจำกัดความและบ่งชี้ประเด็นสำคัญจากสถานการณ์ - ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนในการอธิบายความคิดรวบยอด 	<ul style="list-style-type: none"> - อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ - รับฟังความคิดเห็นหรือคำอธิบายของคนอื่น - คิด วิเคราะห์ วิเคราะห์ในประเด็นที่มีการนำเสนอและการใช้ถามคำถามอย่างสร้างสรรค์ - รับฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย - อ้างอิงกิจกรรมหรือประสบการณ์ที่ได้ปฏิบัติ
5. ขยายความรู้ (Elaborate)	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ตามบริบทที่เหมาะสมและและประยุกต์ความรู้เข้าสู่สถานการณ์ใหม่ ๆ และอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมทั้งประยุกต์ใช้ 	<ul style="list-style-type: none"> - นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบไปปรับประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - บันทึก การสังเกต คำอธิบาย พร้อมตรวจสอบความเข้าใจ

ขั้นการ เรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
6.ประเมินผล (Evaluate)	<ul style="list-style-type: none"> - สังเกตนักเรียนในการนำความคิด รวบรวมและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ - ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงทางความคิดหรือพฤติกรรม - ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้ทักษะ และกระบวนการกลุ่ม - ถามคำถามปลายเปิดในประเด็นต่าง ๆ หรือสถานการณ์ที่กำหนดได้ - ถามคำถามกระตุ้นความคิดเพื่อให้นักเรียนต่อยอดองค์ความรู้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตอบคำถามโดยอาศัยประจักษ์พยานหลักฐาน และคำอธิบายที่ยอมรับได้ - แสดงความรู้ความเข้าใจของตนเอง จากกิจกรรม สสำรวจ และตรวจสอบ - เสนอแนะข้อคำถามหรือประเด็นที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมให้มีการนำกระบวนการเรียนรู้แบบสืบสอบไปประยุกต์ใช้ในการสำรวจและตรวจสอบต่อไป
7. นำความรู้ ไปใช้ (Extend)	<ul style="list-style-type: none"> - กระตุ้นให้นักเรียนตั้งข้อคำถามตามประเด็นที่สอดคล้องกับบริบท - กระตุ้นให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปปรับใช้ - แนะนำแนวทางในการนำความรู้เดิมเพื่อไปสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ - ปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนการสอน 	<ul style="list-style-type: none"> - นำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้อย่างเหมาะสม - ใช้ทักษะการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระไปสู่การแก้ปัญหา - มีคุณธรรม จริยธรรม ในการนำความรู้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E สามารถทำการสรุปได้ว่า วงจรการเรียนรู้แบบ 7E เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้และต่อยอดองค์ความรู้ ซึ่งให้ความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน โดยครูจะต้องเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ กระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยมีความรู้เดิมเป็นพื้นฐานในการสร้างความรู้ใหม่ และคอยส่งเสริมให้นักเรียนทำกิจกรรม ผ่านการอภิปรายร่วมกันของนักเรียน รวมถึงการใช้ทักษะการสังเกต สืบค้นข้อมูล ตรวจสอบ สรุปผล และการนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหรือใช้ในสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ได้ เพื่อเป็นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2. คำถามระดับสูง

2.1 ความหมายของคำถามระดับสูง

การใช้คำถามระดับสูงเป็นเทคนิคการสอนรูปแบบหนึ่ง ที่มื่อนักการศึกษาทั้งต่างประเทศและในประเทศได้กล่าวถึงความหมายของคำถามระดับสูงไว้ดังนี้

George T Ladd and Andersen (1970) ใช้กระบวนการทางความคิดที่นักเรียนใช้ความรู้เดิมที่ได้รับมาตอบคำถาม เป็นเกณฑ์ในการจำแนกคำถามซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 2 ระดับ คือ คำถามสืบสอบระดับต่ำและคำถามสืบสอบระดับสูง โดยให้ความหมายของคำถามสืบสอบระดับสูง ว่า เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้ตอบปฏิบัติสิ่งต่อไปนี้

1. แสดงการปฏิบัติเชิงนามธรรม ซึ่งใช้มากในวิชาคณิตศาสตร์ เช่น การคูณ การแทนที่ หรือการทำให้อยู่ในรูปร่างง่าย
2. ประเมินค่า โดยมีเหตุผลเพียงพอ
3. บอกความเหมือนหรือความต่างของสิ่ง 2 สิ่งหรือมากกว่าใช้เกณฑ์ที่ผู้ตอบสร้างขึ้น
4. บอกลำดับเหตุการณ์ที่เป็นผลมาจากเหตุการณ์ที่กำหนด
5. บอกหลักฐานหรือเหตุผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

George T. Ladd et al. (1970) ได้นำมุงหมายทางการศึกษาของ Bloom ซึ่งประกอบด้วย จุดมุ่งหมายทางการศึกษา 6 ระดับ ได้แก่ ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมิน มาเป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภทของคำถามออกเป็น 2 ประเภท กว้าง ๆ คือ คำถามระดับต่ำ (Lower order cognitive questions) คำถามระดับสูง (Higher order cognitive questions) ซึ่งคำถามระดับสูงเป็นคำถามที่มีลักษณะดังนี้

1. คำถามที่เกี่ยวกับการนำไปใช้ (Application) เป็นคำถามที่แสดงการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา
2. คำถามให้วิเคราะห์ (Analysis) เป็นคำถามที่ต้องการให้แสดงถึงสาเหตุ เหตุจูงใจ หรือการก่อเหตุการณ์ซึ่งอาจมีหลายคำตอบ
3. คำถามให้สังเคราะห์ (Synthesis) เป็นคำถามที่จะได้คำตอบ การคาดการณ์และคำตอบที่แสดงภาพพจน์และแนวคิด
4. คำถามให้ประเมิน (Evaluation) เป็นคำถามที่ต้องแสดงความแตกต่างของความคิด และคุณค่า ซึ่งจะต้องมีเหตุผลในการพิจารณาและสรุป

Schmalz (1973) กล่าวว่าคำถามระดับสูง (Higher-order Questions) สรุปได้ว่า เป็นคำถามที่ให้นักเรียนเปรียบเทียบ สรุปกฎเกณฑ์อย่างมีเหตุผล ค้นพบรูปแบบใหม่ ๆ และคำถามที่ให้นักเรียนแก้ปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน

Brown and Wragg (1993) กล่าวว่า คำถามระดับสูง (Higher order Questions) เป็นคำถามที่ต้องการคำตอบมากกว่าการให้นักเรียนบอกความหมาย/ข้อความจริงหรือให้ ยกตัวอย่าง แต่ต้องอาศัยการวิเคราะห์ สรุปอ้างอิง ตัวอย่างเช่น “ทำไมนก จึงไม่เป็นแมลง” หรือ “นี่คือส่วนที่ยังเหลืออยู่ จงเขียนในรูปร้อยละ”

L. W. Anderson et al. (2001) กล่าวว่า คำถามระดับสูงสามารถพัฒนาความคิดระดับสูงได้ เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดประเมิน และการคิดสร้างสรรค์

Wimer, Ridenour, Thomas, and Place (2001) กล่าวโดยสรุปว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ถามเพื่อให้นักเรียนและตอบสนองและใช้ความคิดระดับสูงหรือระดับที่มากกว่าความรู้ความจำ

Wimer et al. (2001) กล่าวโดยสรุปได้ว่า คำถามระดับสูงจากการสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้คำถามในห้องเรียน คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ถามในสิ่งที่เป็นามธรรมที่นักเรียนเคยเรียนมาแล้ว นำมาใช้ในการหาคำตอบหรือสนับสนุนคำตอบ ต้องมีหลักฐานและเหตุผลเพียงพอ สร้างสมมติฐานใหม่บนพื้นฐานของการสังเกตปรากฏการณ์ การสร้างขั้นตอนกระบวนการใหม่เพื่อจัดการปัญหา หรือสร้างแนวคิดในการสร้างผลงานใหม่

Tofade, Elsner, and Haines (2013) กล่าวโดยสรุปว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้การคิดระดับสูง เกิดการคิดที่ลุ่มลึก การคิดวิเคราะห์ สนับสนุนให้เกิดการอภิปราย

รัฐจวน คำวชิรพิทักษ์ (2538) กล่าวโดยสรุปได้ว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ผู้ตอบต้องใช้การประยุกต์ การประเมินหรือการใช้ความคิดในระดับสูง คำตอบที่ได้จากการตั้งสมมติฐาน หรือการคาดคะเน หรือการประเมินตัวอย่างมักขึ้นต้นคำถามด้วยคำว่า ทำไม อย่างไร

จิต นวนแก้ว (2543) กล่าวโดยสรุปได้ว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ผู้เรียนต้องใช้ความคิดในการเปรียบเทียบหาสาเหตุหรือความสัมพันธ์การแก้ปัญหา หรือคิดรอบด้าน คิดได้หลากหลายทิศทางและมีคำตอบที่ถูกต้องมากกว่า 1 คำตอบ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544a, 2544b) กล่าวโดยสรุปได้ว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ยาก

สรวดี เพ็งศรีโคตร (2549) กล่าวโดยสรุปได้ว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ส่งเสริมให้นักเรียนคิด โดยการนำความรู้และประสบการณ์เดิม หรือจากความจำที่ได้จากคำถามระดับต่ำ มาเป็นพื้นฐานในการสรุปหาคำตอบ

สายัณห์ ผาน้อย (2549) กล่าวโดยสรุปได้ว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ต้องการคำตอบต้องใช้สติปัญญาสูงขึ้น คือ คำถามในระดับความเข้าใจ การนำไปใช้ การคิด การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมินค่า หรือเรียกว่าคำถามที่ต้องการสอบความคิด (Thought question) การตอบคำถามระดับนี้ผู้ตอบจะต้องใช้ความคิด ความสัมพันธ์และการแปลผล โดยอาศัยพื้นฐานความจำมาสัมพันธ์กัน

เบญจมาศ ฉิมมาลี (2550) กล่าวโดยสรุปได้ว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ต้องการคำตอบที่ต้องใช้ความคิดในระดับที่สูงกว่าความรู้ความจำ ต้องการคำตอบมากกว่าการให้นักเรียนบอกข้อเท็จจริงหรือความหมาย ซึ่งคำถามระดับสูงต้องอาศัยการพิจารณาสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้ว วิเคราะห์ หาคำตอบและสรุป อย่างมีเหตุผล

อัมพร ม้าคนอง (2553) กล่าวโดยสรุปได้ว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถาม ที่ต้องการให้เรียนผู้เรียนใช้ความคิดในระดับสูง เช่น ให้เปรียบเทียบ ค้นหารูปแบบ หาข้อสรุปที่เป็นเหตุเป็นผล เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนได้ค้นพบสิ่งใหม่ หลังการใช้ความรู้ที่มีอยู่ประกอบการคิดอย่างรอบคอบ

ความหมายที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนใช้ความคิดระดับสูงในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นความคิดในระดับที่สูงกว่าความรู้ความจำ และต้องใช้ความเป็นเหตุเป็นผลรวมถึงวิจารณ์ญาณในการหาคำตอบ

2.2 ความสำคัญของคำถามระดับสูง

มีนักการศึกษาหลายท่านทั้งในประเทศและต่างประเทศ ได้กล่าวถึงความสำคัญของคำถามระดับสูงไว้ดังนี้

Schmalz (1973) ได้กล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับความสำคัญของการใช้คำถามระดับสูง ว่าเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด การเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนได้ค้นพบสิ่งใหม่ หลังจากการพิจารณาสิ่งที่เคยรู้หรือได้เรียนรู้มาแล้ว ซึ่งเป็นสิ่งที่ครุคณิตศาสตร์ควรปฏิบัติ เฉพาะอย่างยิ่งในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้า ครูจำเป็นต้องทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มากกว่าความจำ

Rowan and Robles (1998) ได้กล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับ ความสำคัญของการใช้คำถามระดับสูงในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ว่า การใช้คำถามระดับสูงเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง โดยไม่ให้นักเรียนจำวิธีการคิดแล้วนำไปใช้ในการแก้ปัญหาแบบสมัยก่อน ครูควรสอนให้นักเรียนนึกถึงสภาพจริง จากนั้นใช้คำถามระดับสูง กระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้เดิมที่มีอยู่มาหาคำตอบและในขณะที่นักเรียนตอบคำถามโดยการอธิบายความคิดนักเรียนจะได้เรียนรู้และทำความเข้าใจเนื้อหาคณิตศาสตร์ นอกจากนี้การใช้คำถามระดับสูง จะเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนเองทราบว่าตนเองเข้าใจหรือไม่เข้าใจในประเด็นใด

Champain (2006) ได้กล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับความสำคัญของคำถามระดับสูงว่าเป็นคำถามที่มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เพื่อจุดประสงค์ดังต่อไปนี้

1. ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักการคิดอย่างลึกซึ้งและละเอียดรอบคอบ (Encouraging Students to Think Deeply and Critically)
2. การแก้ปัญหาของนักเรียน (Problem Solving)
3. ส่งเสริมให้มีการอภิปราย (Encouraging Discussion)
4. ส่งเสริมให้นักเรียนค้นหาสาระสนเทศด้วยตนเอง (Stimulating Student to Seek Information on Their Own)

พิมพันธ์ เตชะคุปต์ (2544a) ได้กล่าว โดยสรุปเกี่ยวกับความสำคัญของการใช้คำถามระดับสูงไว้ว่า คำถามระดับสูงช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนได้มีระดับความคิดที่สูงขึ้น เพื่อพัฒนาสู่การเป็นผู้มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถตัดสินใจในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้อง

อัมพร ม้าคนอง (2553) ได้กล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับความสำคัญของการใช้คำถามระดับสูงไว้ว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ควรพยายามใช้ในห้องเรียน ซึ่งคำถามประเภทนี้จะส่งเสริมการคิดระดับสูงให้กับผู้เรียน เนื่องจากผู้เรียนต้องใช้การคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ รวมถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการหาคำตอบที่ถูกต้อง การใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ผู้เรียนมีความคุ้นเคยจะช่วยพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ให้ผู้เรียนอย่างแท้จริง

จากความสำคัญของการใช้คำถามระดับสูงที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ครูคณิตศาสตร์ควรพยายามใช้ในห้องเรียน ซึ่งคำถามระดับสูงจะช่วยกระตุ้นและส่งเสริมให้นักเรียนค้นหาคำตอบ ได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้คำถามระดับสูงยังช่วยให้นักเรียนได้

พัฒนาแนวคิดและความสามารถในการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง ตลอดจนสามารถพัฒนาการเรียนรู้และมีความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

2.3 ประเภทของคำถามระดับสูง

มีนักการศึกษาหลายท่านทั้งในประเทศและต่างประเทศ ได้แบ่งประเภทของคำถามระดับสูงตามแนวคิด ดังต่อไปนี้

George T Ladd and Andersen (1970) ได้แบ่งประเภทคำถามสืบสอบระดับสูงว่าเป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้ตอบตอบปฏิบัติดังนี้

1. แสดงการปฏิบัติเชิงนามธรรม ซึ่งใช้มากในวิชาคณิตศาสตร์ เช่น การคูณ การแทนที่ หรือการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่าย
2. ประเมินค่า โดยมีเหตุผลเพียงพอ
3. บอกความเหมือนหรือแตกต่างของสิ่ง 2 สิ่งหรือมากกว่า ใช้เกณฑ์ที่ผู้ตอบสร้างขึ้น
4. บอกลำดับเหตุการณ์ที่เป็นผลมาจากเหตุการณ์ที่กำหนด
5. บอกหลักฐานหรือเหตุผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

Schmalz (1973) ได้แบ่งประเภทของคำถามระดับสูง การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ออกเป็น 12 ประเภท ดังนี้

1. คำถามที่ให้นักเรียนแปลความหมาย/นิยาม/หลักการทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมโดยการยกตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม ตัวอย่างเช่น
 - 1.1 จงยกตัวอย่างความสัมพันธ์ที่ไม่สามารถถ่ายทอดได้
 - 1.2 จงหาฟังก์ชัน f และ g ที่ทำให้ $f \circ g = \text{god}$ ทุกค่า
2. คำถามที่ให้นักเรียนแสดงวิธีการใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น กำหนดให้เซต A มีคุณสมบัติปิดภายใต้เครื่องหมาย $*$ a และ b เป็นสมาชิกของเซต A จะได้ว่า $a * b$ มีคุณสมบัติปิด แล้วเศษส่วนมีคุณสมบัติปิดการคูณหรือไม่
3. คำถามที่ให้นักเรียนดัดแปลงคำถาม สถานการณ์หรือแนวคิดต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ของผู้อื่นโดยใช้คำพูดของตนเอง แต่ยังคงความหมายเดิม ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถเปลี่ยนข้อความในหนังสือแบบเรียนให้เป็นคำพูดของนักเรียนเองได้อย่างไร ให้นักเรียนอธิบายข้อความ “การหารไม่มีคุณสมบัติการสลับที่” เป็นคำพูดของนักเรียนเอง

4. คำถามที่ให้นักเรียนแปลความหมายจากข้อมูลทั่วไปให้อยู่ในรูปประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ หรือในทางกลับกันตัวอย่างเช่น สมมติให้จอห์นมีอายุ x ปี ถ้าเราบอกว่า พี่ชายของจอห์นเคยมีอายุ $x - 5$ ปี นักเรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับอายุของพี่ชายของจอห์น

5. คำถามที่ให้นักเรียนใช้ความสามารถในการใช้สัญลักษณ์แทนการมองสิ่งของทางกายภาพหรือปรากฏการณ์ และการสังเกตข้อมูลหรือมโนทัศน์ทางเรขาคณิต

6. คำถามที่ให้นักเรียนเปรียบเทียบ โดยบอกความเหมือน ความแตกต่าง หรือบอกความสัมพันธ์ ตัวอย่างเช่น

6.1 จำนวนใดในเซตข้างล่างนี้เป็นตัวประกอบร่วมของทุกจำนวน

6.2 นักเรียนคิดว่า “สมการเชิงเส้น” และ “ฟังก์ชันเชิงเส้น” ต่างกันอย่างไร

7. คำถามที่นักเรียนแก้ปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน ตัวอย่างเช่น

7.1 ขนาดของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ใหญ่ที่สุดสามารถบรรจุอยู่ในรูปสี่เหลี่ยมที่กำหนดจะเป็นเท่าใด

7.2 นายสมิทอาศัยอยู่ในห้องขนาด 9×14 ตารางฟุต พรหมปูพื้นห้องของเขาขนาด 8×11 ตารางฟุต มีพื้นที่ห้องอยู่เท่าไรที่ไม่ได้ปูพรหม

8. คำถามที่ให้นักเรียนแสดงการพิสูจน์ กฎ หรือข้อความทางคณิตศาสตร์ ตัวอย่างเช่น จงพิสูจน์ว่า มุมตรงข้ามย่อมมีขนาดเท่ากัน

9. คำถามที่ให้นักเรียนพิจารณา/ตรวจสอบ ว่าประโยคที่กำหนดให้ถูกต้องหรือไม่ โดยอาศัยหลัก การให้เหตุผล ตัวอย่างเช่น บ๊อบมีความคิดว่าทุกครั้งที่แมรีมางานปาร์ตี้ จิมจะมาด้วยเสมอ แต่คืนนี้จิมมีธุระที่นอกเมือง ดังนั้น แมรีไม่มาร่วมงานปาร์ตี้ นักเรียนคิดว่าความคิดของบ๊อบถูกต้องหรือไม่

10. คำถามที่ให้นักเรียนค้นหาแบบรูป ดำเนินการตามรูป หรือคำถามที่ให้นักเรียนแก้ปัญหาด้วยการค้นหาแบบรูป ตัวอย่างเช่น กำหนดให้ S_3 S_4 S_5 และ S_7 อยู่ในขอบเขตที่กำหนด และ S_2 S_6 S_8 S_9 S_{10} ไม่อยู่ในขอบเขต ถ้า n แทนจำนวนใด ๆ นักเรียนคิดว่า S_n อยู่ในขอบเขตหรือไม่

11. คำถามที่ให้นักเรียนค้นพบวิธีการหรือข้อมูลที่น่าไปสู่การแก้โจทย์ปัญหา ตัวอย่างเช่น

11.1 ในการหาจำนวนสับเซตของเซตที่มีจำนวนสมาชิกอยู่ 40 ตัว เราจะต้องทราบอะไรที่จะหาคำตอบได้

11.2 ต้องการทราบว่าในการพาลูกบอลเคลื่อนที่จากจุด A ไปจุด B ลูกบอลจะเคลื่อนที่ไปในทางใด นักเรียนจะมีวิธีทดสอบอย่างไร

12. คำถามที่ให้นักเรียนคิดแบบกว้าง ตัวอย่างเช่น จากอสมการ $t + 5 > 18$ นักเรียนลองสร้างโจทย์ปัญหาที่สอดคล้องกับอสมการนี้

L. W. Anderson et al. (2001) กล่าวว่า คำถามระดับสูงที่ปรับตามแนวคิดของ Bloom's Taxonomy สามารถจำแนกประเภทของคำถามได้ ดังนี้

1. คำถามเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ (Analyzing) เป็นคำถามที่สนับสนุนให้เกิดการย่อยข้อมูล เพื่อสร้างความเข้าใจหรือค้นหาความสัมพันธ์ ประกอบด้วยคำสำคัญ เช่น ให้เปรียบเทียบ ให้จัดการ ให้แยกแยะ ให้หาลักษณะเฉพาะ ให้วางเค้าโครง ให้รวบรวม

2. คำถามเพื่อให้เกิดการประเมิน (Evaluating) เป็นคำถามที่สนับสนุนให้เกิดการพิจารณาทบทวนแนวคิด หรือวิธีการ โดยมีการกำหนดเกณฑ์ที่ชัดเจนเพื่อตัดสิน ประกอบด้วยคำสำคัญ เช่น ให้ตรวจสอบ ให้ตั้งสมมติฐาน ให้วิพากษ์ ให้ทดลอง ให้ตัดสิน ให้ทดสอบ ให้ตรวจหา ให้สังเกต

3. คำถามเพื่อให้เกิดการสร้างสรรค์ (Creating) เป็นคำถามที่สนับสนุนให้เกิดแนวคิดใหม่ วิธีการใหม่ มุมมองใหม่ ประกอบด้วยคำสำคัญ เช่น ให้ออกแบบ ให้สร้าง ให้วางแผน ให้ผลิต ให้ประดิษฐ์ ให้คิดใหม่

Tofade et al. (2013) กล่าวโดยสรุปว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้การคิดระดับสูง เกิดการคิดที่ลุ่มลึก การคิดวิเคราะห์ สนับสนุนให้เกิดการอภิปราย ซึ่งลักษณะคำถามระดับสูง ซึ่งจำแนกตามระดับของการคิดระดับสูงของ Bloom's Revised Taxonomy ดังนี้

1. คำถามเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ (Analysis questions) จะเป็นคำถามที่ให้นักเรียนได้จัดการข้อมูลในเชิงโครงสร้าง จำแนกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง

2. คำถามเพื่อให้เกิดการประเมิน (Evaluation questions) จะเป็นคำถามที่ให้นักเรียนได้วิพากษ์วิจารณ์ผลงาน ระบุความเหมาะสมของกระบวนการหรือผลที่ได้จากการแก้ปัญหา

3. คำถามเพื่อให้เกิดการสร้างสรรค์ (Creating questions) เป็นคำถามที่ให้นักเรียนได้

ปานทองกุลนาถศิริ (2546) และแสดงตัวอย่างคำถามระดับสูงที่ช่วยพัฒนากระบวนการทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. การเปรียบเทียบ (Comparing)

ตัวอย่าง เหมือนหรือต่างกันอย่างไร

2. การจำแนก (Classifying)

ตัวอย่าง กลุ่มไหนที่เราจะใส่สิ่งของได้

กฎอะไรที่ทำให้หมายเลข 3 เป็นสมาชิกของเซตนี้

3. การวิเคราะห์โครงสร้าง (Structural Analysis)

ตัวอย่าง อะไรคือความคิดหลัก

ข้อมูลสนับสนุนแต่ละส่วนเกี่ยวข้องกันอย่างไร

4. การเสริมสร้างการอุปนัย (Support Induction)

ตัวอย่าง นักเรียนสามารถสรุปได้อย่างไร

อะไรทำให้นักเรียนสรุปได้อย่างนั้น

5. การเสริมสร้างการนิรนัย (Support Deduction)

ตัวอย่าง อะไรต้องเป็นจริงจึงจะทำให้หลักการดังกล่าวเป็นจริง

จะต้องพิสูจน์อะไรจึงจะทำให้หลักการดังกล่าวเป็นจริง

6. การวิเคราะห์ข้อผิดพลาด (Error Analysis)

ตัวอย่าง เกิดข้อผิดพลาดอะไรตรงนี้

ผิดพลาดได้อย่างไร เราจะแก้ไขได้อย่างไร

7. การสร้างแรงสนับสนุน (Constructing Support)

ตัวอย่าง อะไรจะนำมาใช้สนับสนุนข้อโต้แย้ง

อะไรเป็นข้อจำกัดของข้อโต้แย้ง

8. การขยายความคิด (Extending)

ตัวอย่าง แบบรูปทั่วไปของข้อมูลตรงนี้คืออะไร

เราสามารถนำข้อมูลตรงนี้ไปใช้ได้อย่างไร

9. การตัดสินใจ (Making Decision)

ตัวอย่าง ข้อสรุปใดดีที่สุด

ข้อความใดให้ความหมายน้อยที่สุด

10. การสืบเสาะ (Investigation)

ตัวอย่าง เกิดสิ่งนี้ได้อย่างไร

สิ่งนี้จะเป็นอย่างไรรู้ถ้า...

11. การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis)

ตัวอย่าง จะดำเนินการหาคำตอบได้อย่างไร

12. การแก้ปัญหา (Problem Solving)

ตัวอย่าง จะแก้ปัญหานี้ได้อย่างไร

คำตอบที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่ เพราะเหตุใด

13. การประดิษฐ์ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (Invention)

ตัวอย่าง เราจะปรับปรุงให้ดีขึ้นได้อย่างไร

มีสิ่งใหม่ที่เราจะทำได้อีกหรือไม่

สรวาดิ เพ็งศรีโคตร (2549)

1. คำถามให้อธิบาย เป็นคำถามที่มักมีคำว่า ทำไม อย่างไร และเพราะเหตุใด

2. คำถามให้เปรียบเทียบ

3. คำถามให้ยกตัวอย่าง เป็นคำถามที่นักเรียนสามารถใช้ความรู้และประสบการณ์

เดิม คิดหาคำตอบ ซึ่งคำตอบสามารถมีได้หลากหลายรูปแบบ

4. คำถามให้วิเคราะห์ เป็นคำถามที่ให้นักเรียนได้คิดค้นหาความจริงที่ประกอบขึ้นเป็นเรื่องราว หรือเหตุการณ์ หรือให้แยกแยะเรื่องราวออกเป็นส่วนย่อย เพื่อหาสาเหตุและผลของปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

5. คำถามให้สังเคราะห์ เป็นคำถามที่ให้นักเรียนได้คิด เพื่อสรุปความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยออกมาเป็นความคิดใหม่ และพัฒนาสิ่งที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้นใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

6. คำถามให้ประเมินค่า เป็นคำถามที่ให้นักเรียนพิจารณาคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ และตัดสินใจอย่างมีเหตุผล รู้จักประเมินผล โดยใช้เนื้อหาเรื่องราวรวมทั้งกฎเกณฑ์ที่เป็นจริงแล้วนำมาสนับสนุนความคิดเห็นของตน

อัมพร ม้าคอง (2553) ได้แบ่งลักษณะของคำถามระดับสูงไว้ 12 ประเภทดังนี้

1. คำถามที่ทำให้ผู้เรียนแปลความหมายและยกตัวอย่างของสิ่งที่เป็นนามธรรม เช่น นิยามหรือกฎทั่วไป

2. คำถามที่ทำให้ผู้เรียนใช้วิธีการหรือกลวิธีการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ที่เพิ่งเรียนรู้หรือตัดสินใจว่าสิ่งที่กำหนดให้เป็นไปตามเงื่อนไขของนิยามหรือโน้ตพิเศษเฉพาะใด ๆ หรือไม่

3. คำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนปรับรูปแบบคำถาม ประโยค หรือแนวคิด โดยคงสาระ หรือ โครงสร้างที่จำเป็นของคำถามไว้
4. คำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนแปลความสัมพันธ์ที่อยู่ในรูปประโยคสัญลักษณ์ให้อยู่ในรูปภาษาเขียนหรือภาษาพูด
5. คำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนใช้ความสามารถในการใช้สัญลักษณ์แทนการมองสิ่งของทางกายภาพหรือปรากฏการณ์ และการสังเกตข้อมูลหรือมโนทัศน์ทางเรขาคณิต
6. คำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนเปรียบเทียบความคล้ายหรือความต่าง
7. คำถามที่ผู้เรียนเข้าใจปัญหา แต่ไม่ทราบวิธีการแก้ปัญหา
8. คำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงการพิสูจน์ หรือแสดงข้อความขัดแย้งทั้งที่เป็นทางการและไม่เป็นทางการ
9. คำถามที่ถามเพื่อให้ผู้เรียนตรวจสอบความถูกต้องของการนำหลักตรรกศาสตร์ไปใช้
10. คำถามที่ทำให้ผู้เรียนหาแบบรูป ทำตาม หรือการแก้ปัญหาผ่านการค้นพบแบบรูป
11. คำถามที่ถามให้ผู้เรียนสร้างกลวิธีหรือข้อมูลสำหรับแก้ปัญหา
12. คำถามที่ถามให้ผู้เรียนคิดได้อย่างหลากหลายไม่จำกัดขอบเขต

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า มีการแบ่งประเภทของคำถามระดับสูงตามแนวคิดของนักวิชาการและนักการศึกษาแต่ละท่านแตกต่างกัน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้คำถามระดับสูงตามแนวคิดของ Tofade et al. (2013) และ L. W. Anderson et al. (2001)

2.4 คำถามระดับสูงกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

มีนักการศึกษาหลายท่านทั้งต่างประเทศและในประเทศได้กล่าวถึงคำถามระดับสูงว่าเป็นแนวทางที่ครูควรพิจารณานำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เนื่องจากมีความสำคัญต่อการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

Schmalz (1973) กล่าวไว้โดยสรุปว่าการที่ครูใช้คำถามระดับสูงในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ค้นพบสิ่งใหม่หรือวิธีการแก้ปัญหาแบบใหม่ ที่นักเรียนไม่เคยพบเจอมาก่อนโดยการใช้ความรู้ที่ได้เรียนมาหรือความรู้ที่มีอยู่แล้วมาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูคณิตศาสตร์ควรปฏิบัติโดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคเทคโนโลยีที่มีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว นั่นคือ ครูมีหน้าที่จะต้องทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้มากกว่าการใช้ความจำในการเรียนรู้

สายนธ์ พาน้อย (2549) ได้กล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างคำถามระดับสูงกับการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ว่า คำถามระดับสูงจะช่วยพัฒนาทักษะความคิดและการใช้เหตุผล

อัมพร ม้าคนอง (2553) ได้กล่าวโดยสรุปว่าการใช้คำถามเพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ครูสามารถใช้คำถามทุกระดับร่วมกันได้ตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในห้องเรียน เช่น บางครั้งจำเป็นต้องใช้คำถามที่ไม่ต้องการคำตอบเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจและผู้สอนสามารถดำเนินการสอนต่อไปได้ บางครั้งในการเรียนการสอนจะต้องใช้คำถามระดับสูงเพื่อขยายความคิดในสิ่งที่ผู้เรียนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ตารางที่ 2 ตัวอย่างคำถามที่ต้องการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและจุดประสงค์ของการถาม

ตัวอย่างคำถามที่ต้องการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา	จุดประสงค์ของการถาม
<ul style="list-style-type: none"> - ปัญหาที่ต้องการให้หาอะไรข้อมูลที่กำหนดให้มีอะไรเพียงพอที่จะหาคำตอบหรือไม่ทำไมต้องหาข้อมูลใดเพิ่มเติมและจะหาได้อย่างไร - เคยเห็นหรือเคยแก้ปัญหาลักษณะนี้มาก่อนหรือไม่ถ้าเคยเป็นเรื่องอะไรและแก้ปัญหายังไง - จะแก้ปัญหานี้ได้อย่างไรต้องใช้ความรู้เรื่องใดมาช่วยบ้าง - แน่ใจได้อย่างไรว่าคำตอบถูกต้องมีวิธีการตรวจสอบอย่างไร - มีวิธีการอื่นในการแก้ปัญหานี้หรือไม่ถ้ามีวิธีการใดบ้าง - วิธีการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพมากที่สุดเพราะเหตุใด - ถ้าจะทำปัญหานี้ให้ซับซ้อนขึ้นจะเปลี่ยน แปลงเงื่อนไขหรือข้อมูลอะไรได้บ้างอย่างไร 	<ul style="list-style-type: none"> - วิเคราะห์และทำความเข้าใจปัญหา - ระลึกหรือเชื่อมโยงไปสู่ความรู้และประสบการณ์เดิม - วางแผน และกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหา - ตรวจสอบคำตอบหรือความสมเหตุสมผลของคำตอบ - ใช้วิธีที่หลากหลายในการแก้ปัญหา - วิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของการแก้ปัญหา - ขยายความคิดจากการแก้ปัญหา

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าคำถามระดับสูงมีบทบาทสำคัญในการฝึกและกระตุ้นความคิดทางคณิตศาสตร์และส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเพื่อเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3.1 ความหมายและประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นหนึ่งในทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ในชีวิตจริง ผู้วิจัยได้ศึกษาความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากแนวคิดของนักการศึกษาต่างประเทศและนักการศึกษาไทยหลายท่านได้กล่าวถึง ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

K. B. Anderson and Pingry (1973) กล่าวโดยสรุปว่า ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ สถานการณ์หรือคำถามที่ต้องการแนวทางหรือวิธีการเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบโดยผู้แก้ปัญหาจะต้องใช้ความรู้ประสบการณ์ การวางแผน ทักษะ และกระบวนการต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับปัญหาซึ่งปัญหาอาจจะมีความสัมพันธ์กับผู้แก้ปัญหสถานการณ์หนึ่ง อาจเป็นปัญหาต่อบุคคลหนึ่งแต่ในสถานการณ์ เดียวกันอาจไม่เป็นปัญหาสำหรับบุคคลอื่นก็ได้

Bell (1978) ได้กล่าวไว้โดยสรุปว่า สถานการณ์ใดจะเป็นปัญหาสำหรับบุคคลหนึ่งเมื่อบุคคลนั้นต้องการที่จะตอบสนองสถานการณ์นั้น แต่ไม่สามารถกระทำได้ในทันที ในทางคณิตศาสตร์การหาคำตอบของสถานการณ์เป็นปัญหาหรือไม่ขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล

Krulik and Rudnick (1993) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นสถานการณ์ที่ต้องคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์องค์ความรู้ ทักษะ ความเข้าใจและสิ่งต่าง ๆ ที่ได้จากการใช้ความรู้เดิมหรือการศึกษาค้นคว้าความรู้ใหม่ เพื่อใช้ในการหาคำตอบหรือการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยโดยนักเรียนจะต้องสังเคราะห์ความรู้และนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่

Cuikshank and Sheffield (2000) ได้กล่าวโดยสรุปว่า ปัญหาคณิตศาสตร์ หมายถึงคำถามหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิชาคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนเกิดความงง ไม่สามารถหาคำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหาได้ในทันที อาจจะเกี่ยวกับเรื่องจำนวนเพียงอย่างเดียวหรือการให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์โดยไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องจำนวน

สุพัตรา ผาติวิสันต์ (2534) ได้กล่าวโดยสรุปว่า ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับปริมาณซึ่งนักเรียนจะต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่ ในหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา

ยุพิน พิพิธกุล (2542) ได้กล่าวโดยสรุปว่า ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นภาระงานที่ต้องการหาคำตอบ แต่ไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันที มีองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการคือ ความต้องการที่จะ

ค้นหาคำตอบ ไม่สามารถตอบคำถามของปัญหานั้นได้ทันทีและต้องใช้ความพยายามอย่างสม่ำเสมอในการจะแก้ไขปัญหานั้น

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544) ได้กล่าวโดยสรุปว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นคำถามหรือสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยและไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันที ซึ่งต้องใช้สาระความรู้และประสบการณ์ทักษะหลายอย่างประมวลเข้าด้วยกัน มากำหนดแนวทางหรือวิธีการในการหาคำตอบของคำถามหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหา ซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับบุคคลผู้แก้ปัญหาและเวลาบางสถานการณ์อาจเป็นปัญหาสำหรับบางคน แต่อาจไม่เป็นปัญหาสำหรับบุคคลอื่น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้กล่าวโดยสรุปว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นสถานการณ์หรือคำถามที่มีสาระเนื้อหา กระบวนการหรือความรู้ที่ผู้เรียนไม่คุ้นเคยและไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันที ซึ่งการตอบคำถามหรือหาคำตอบนั้นต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ ประกอบกับความสามารถด้านการคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์และตัดสินใจ

สมเดช บุญประจักษ์ (2550) ได้กล่าวโดยสรุปว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นสถานการณ์ที่ต้องใช้ความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของ ตัวเลข รูปภาพ สัญลักษณ์ ข้อความหรือโจทย์ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551) ได้ให้ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า เป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ซึ่งเผชิญอยู่และต้องการค้นหาคำตอบโดยที่ยังไม่รู้วิธีการหรือขั้นตอนที่จะได้คำตอบของสถานการณ์นั้นได้ในทันที

จากความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นักการศึกษาหลายท่านกล่าวไว้ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์หรือคำถามที่ต้องการคำตอบโดยมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจจะอยู่ในรูปของข้อความ จำนวน สัญลักษณ์ การดำเนินการทางคณิตศาสตร์หรือการหาเหตุผลในเชิงตรรกศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์มีนักวิชาการและนักการศึกษาต่างประเทศและนักการศึกษาไทยหลายท่านได้กล่าวถึง ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

Russell (1961) ได้แบ่งประเภทปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ปัญหาที่มีรูปแบบ คือ ปัญหาที่ปรากฏอยู่ในแบบเรียนและหนังสือเรียนทั่วไป

2. ปัญหาที่ไม่มีรูปแบบ คือ ปัญหาที่พบทั่วไปในชีวิตประจำวัน

Polya (1973) แบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็น 2 ประเภทโดยพิจารณาจากจุดประสงค์ของปัญหา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ปัญหาให้ค้นพบ (Problem to Find) เป็นปัญหาที่ค้นหาสิ่งที่ต้องการทราบซึ่งอาจจะเป็นในเชิงทฤษฎีหรือปฏิบัติ แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ สิ่งที่ต้องการหา ข้อมูลที่กำหนดให้และเงื่อนไขของปัญหา

2. ปัญหาให้พิสูจน์ (Problem to Prove) เป็นปัญหาที่ต้องการให้แสดงอย่างสมเหตุสมผลว่า ข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือเท็จ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ สิ่งที่กำหนดให้หรือสมมติฐาน และผลสรุปหรือสิ่งที่ต้องการพิสูจน์

LeBlanc (1977) ได้แบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ปัญหาที่ปรากฏในหนังสือแบบเรียนทั่วไป
2. ปัญหาที่พบในหนังสือทั่วไปที่ไม่ใช่แบบเรียน

R. L. Charles (1985) แบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ 6 ประเภทโดยพิจารณาจากจุดประสงค์ของการฝึกดังนี้

1. ปัญหาที่ใช้ฝึก (Drill exercise) เป็นปัญหาที่ใช้ฝึก ขั้นตอน วิธีการและการคำนวณเบื้องต้น

2. ปัญหาข้อความอย่างง่าย (Simple translation problem) เป็นปัญหาขั้นตอนเดียวที่มุ่งเน้นให้เกิดความเข้าใจ มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และความสามารถด้านการคำนวณ โดยฝึกให้คุ้นเคยกับการเปลี่ยนหรือแปลประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

3. ปัญหาข้อความที่ซับซ้อน (Complex translation problem) เป็นปัญหาที่มีมากกว่า 2 ขั้นตอนหรือเท่ากับ 2 ขั้นตอนในการดำเนินการ

4. ปัญหาที่เป็นกระบวนการ (Process problem) เป็นปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อนและไม่สามารถเปลี่ยนเป็นประโยคทางคณิตศาสตร์ได้ในทันที นักเรียนจะต้องหาแนวทางหรือรูปแบบของปัญหาเพื่อนำไปสู่การคิดและการแก้ปัญหาโดยใช้ความเข้าใจ การวางแผนและการประเมินผลคำตอบ

5. ปัญหาการประยุกต์ (Applied problem) เป็นปัญหาที่ต้องอาศัยทักษะ ความรู้ และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทำให้ผู้เรียนได้เห็นประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ชีวิตจริง

6. ปัญหาปริศนา (Puzzle problem) เป็นคำถามที่เปิดให้นักเรียน มีการใช้ความคิดที่สร้างสรรค์ มีความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหา โดยลักษณะของปัญหจะสามารถมองได้หลายมุมมอง นอกจากนี้ในบางครั้งนักเรียนได้คำตอบจากการเดาสุ่มโดยไม่จำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาหรือบางครั้งต้องใช้เทคนิคเฉพาะ

Reys, Suydam, and Lindquist (1992) ได้แบ่งปัญหาคณิตศาสตร์โดยพิจารณาจากความซับซ้อนของปัญหาและตัวผู้แก้ปัญหาออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ปัญหาธรรมดา (Routine Problem) เป็นปัญหาที่ต้องการให้ประยุกต์ใช้การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เป็นปัญหาที่ไม่ซับซ้อน ผู้แก้ปัญหามีความคุ้นเคยในโครงสร้างหรือวิธีการ และสามารถแก้ไขปัญหได้ในทันที

2. ปัญหาแปลกใหม่ (Non-routine Problem) เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อนและผู้แก้ปัญหามิคุ้นเคยกับปัญหานั้น ซึ่งผู้แก้ปัญหามust ต้องประมวลความรู้ ความสามารถและทักษะหลายองค์ประกอบเข้าด้วยกันเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ดวงเดือน อ่อนน่วม (2536) ได้กล่าวถึงการแบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท

1. ปัญหาเกี่ยวกับสาระ คือ ปัญหาที่นำความรู้เกี่ยวกับการคำนวณที่ได้เรียนรู้มาใช้ในการหาคำตอบในชีวิตประจำวัน โดยมุ่งขยายประสบการณ์ด้านการคำนวณมากกว่าการเรียนรู้ด้านการแก้ไขปัญหอย่างแท้จริง

2. ปัญหาเกี่ยวกับกระบวนการ คือ ปัญหาที่มุ่งเน้นกระบวนการในการหาคำตอบมากกว่าผลลัพธ์ของปัญหา ปัญหาชนิดนี้จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีและยังส่งเสริมให้มีทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์

กรมวิชาการ (2544) ได้จำแนกปัญหาคณิตศาสตร์ออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาเป็นแบบฝึกทักษะ เช่น แบบฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์โดยปัญหาเหล่านี้เป็นปัญหาที่ใช้ความรู้และทักษะในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์

2. ปัญหาขั้นตอนเดียว เป็นปัญหาง่าย ๆ ที่ใช้การแก้ปัญหาเพียงขั้นตอนเดียว

3. ปัญหาที่มีความซับซ้อนเป็นปัญหาที่ใช้วิธีการมากกว่าหนึ่งขั้นตอน

4. ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ

5. ปัญหาเกี่ยวกับการประยุกต์ นักเรียนต้องใช้ความรู้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำมาแก้ปัญหา หาคำตอบและสามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

6. ปัญหาในรูปปริศนา เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันที จึงต้องพิจารณาเงื่อนไขของโจทย์และการทดลองแก้ปัญหา

อนึ่ง จันทรจรรยา (2545: 8) แบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

1. ปัญหาธรรมดาเป็นปัญหาที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน สามารถใช้การดำเนินการทางคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียวในการแก้ปัญหาและผู้แก้ปัญหามีความคุ้นเคยกับโครงสร้างของปัญหา

2. ปัญหาไม่ธรรมดาเป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อน ผู้แก้ปัญหามิคุ้นเคยกับปัญหา และต้องใช้ความคิดการวิเคราะห์ รวบรวม ประยุกต์ความรู้และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์หลายอย่างเพื่อประกอบในการแก้ปัญหา

สมเดช บุญประจักษ์ (2550) ได้กล่าวถึงการแบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นตามลักษณะของปัญหา ดังนี้

1. ปัญหาที่ใช้ฝึกทักษะ เป็นปัญหาที่ต้องการให้ใช้วิธีการ การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบเป็นปัญหาที่คล้ายในบทเรียน ไม่ซับซ้อนเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคำนวณโดยอยู่ในรูปประโยคสัญลักษณ์หรือข้อความ

2. ปัญหาที่ใช้พัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อนกว่าปกติหรือเป็นปัญหาที่มีหลายขั้นตอนและผู้เรียนอาจไม่เคยพบมาก่อนโดยในการแก้ปัญหาจะต้องใช้ความรู้ ทักษะ มโนทัศน์และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกใช้ความรู้วิธีการแก้ปัญหาและข้อเท็จจริงในการหาคำตอบ

จากประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่นักการศึกษาและผู้เกี่ยวข้องหลายท่านได้กล่าวไว้ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้แบ่งออกเป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ในการจำแนกตามความคิดของนักการศึกษาแต่ละท่านซึ่งอาจแบ่งตาม ที่มาของปัญหา ประเภทของปัญหา รูปแบบของปัญหา จุดประสงค์ของปัญหา ความซับซ้อนของปัญหา และตามหลักการแก้ปัญหา

3.2 ลักษณะปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดี

ผู้วิจัยได้ศึกษาลักษณะปัญหาทางคณิตศาสตร์จากนักการศึกษาทั้งในและต่างประเทศ หลายท่านได้เสนอไว้ดังนี้

Clyde (1967) กล่าวถึงลักษณะของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดี โดยสรุปดังนี้

1. มีความใกล้เคียงกับปัญหาในชีวิตประจำวันและสัมพันธ์กับผู้แก้ปัญหาโดยอาจมีเรื่องราวหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับผู้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์ในชีวิตจริง
2. สถานการณ์ที่สร้างขึ้นเป็นปัญหาควรใช้ภาษาหรือการบรรยาย ในลักษณะที่ผู้แก้ปัญหามีประสบการณ์และไม่ควรเป็นปัญหาธรรมดาทั่วไป

Krulik and Rudnick (1993) กล่าวว่าปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดีควรจะต้องมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้ อย่างน้อย 1 ข้อ ดังนี้

1. เป็นปัญหาที่น่าสนใจและท้าทายความสามารถของผู้เรียน
2. เป็นปัญหาที่ต้องใช้ทักษะการสังเกตและการวิเคราะห์
3. เป็นปัญหาที่ให้โอกาสสำหรับการอธิบายแบบมุ่งให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน
4. เป็นปัญหาที่ต้องใช้ความเข้าใจด้านแนวคิดทางคณิตศาสตร์และการประยุกต์ทักษะทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหา
5. เป็นปัญหาที่ทำให้ได้หลักการทางคณิตศาสตร์และสามารถอ้างอิงไปสถานการณ์อื่น
6. เป็นปัญหาที่มีประโยชน์กับปัญหาอื่น มีคำตอบหรือสามารถหาคำตอบได้หลายวิธี

Sheffield and Cruikshank (1996) กล่าวโดยสรุปได้ว่า ควรเป็นปัญหาที่ให้ผู้แก้ปัญหามีความสนใจและพยายามที่จะหาคำตอบปัญหา รวมถึงโจทย์ที่เป็นเรื่องราวของหนังสือแบบเรียนเพราะนักเรียนมีความคุ้นเคยกับปัญหาได้และไม่เกิดความสนใจ

สิริพร ทิพย์คง (พฤศจิกายน-ธันวาคม 2543-มกราคม 2544) สรุปลักษณะปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดีไว้ ดังนี้

1. ภาษาที่ใช้กระชับ รัดกุม ถูกต้อง สามารถเข้าใจได้ง่าย
2. แปลกใหม่สำหรับนักเรียน
3. ไม่สั้นหรือไม่ยาวเกินไป
4. ไม่ยากหรือไม่ง่ายเกินไป สำหรับความสามารถของนักเรียนตามวัย
5. สถานการณ์ปัญหาเหมาะสมกับวัยของนักเรียน
6. ให้ข้อมูลอย่างเพียงพอ เพื่อนำไปประกอบการพิจารณาในแก้ปัญหา
7. เกี่ยวข้องกับ ชีวิตประจำวันของนักเรียน
8. ข้อมูลที่ดีต้องมีความทันสมัยและเป็นเหตุการณ์ที่เป็นไปได้จริง
9. มีวิธีการหาคำตอบได้มากกว่า 1 วิธี
10. นักเรียนสามารถใช้ภาพ แผนภาพ ไดอะแกรม หรือใช้แผนภูมิในการแก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551) กล่าวไว้โดยสรุปว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

1. สถานการณ์ปัญหาและความยากง่ายต้องเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน
2. ให้ข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในการพิจารณาแก้ปัญหา
3. ข้อมูลที่มีทันสมัยและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือสถานการณ์จริง

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดีควรมีลักษณะ ดังนี้

1. เป็นปัญหาแปลกใหม่ที่ท้าทายความสามารถและกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน
2. เป็นปัญหาที่เข้าใจง่ายหรือใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย
3. เป็นปัญหาที่ต้องใช้ทักษะทางขบวนการคณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหา
4. เป็นปัญหาที่มีวิธีการหาคำตอบได้หลากหลายวิธีหรือมีคำตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ
5. เป็นปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันของผู้เรียน

3.3 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

มีนักการศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องหลายท่านได้กล่าวถึงความหมาย ความสำคัญของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

สมาคมผู้สอนคณิตศาสตร์ในสหรัฐอเมริกา (Mathematics, 1980) ได้นำเสนอให้การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เน้นที่กิจกรรมและหลักสูตรทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังเป็นเป้าหมายแรกของการเรียนการสอน

Krulik and Reys (1980) การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะที่สำคัญและมักใช้คู่กับทักษะอื่น เช่น การให้เหตุผล การสื่อสารสื่อความหมาย การเชื่อมโยง โดยผู้ที่มีทักษะในการแก้ปัญหาที่ดี มักมีองค์ความรู้ประสบการณ์การคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดีเนื่องจากการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับความรู้ ขั้นตอนการทำงาน ความสามารถในการคิด ประเมินการทำงาน ประสบการณ์และเจตคติ

จากความหมายความสำคัญของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นักการศึกษาหลายท่าน ได้กล่าวไว้ข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญและเป้าหมายในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยพัฒนาความคิด และพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและทักษะอื่น

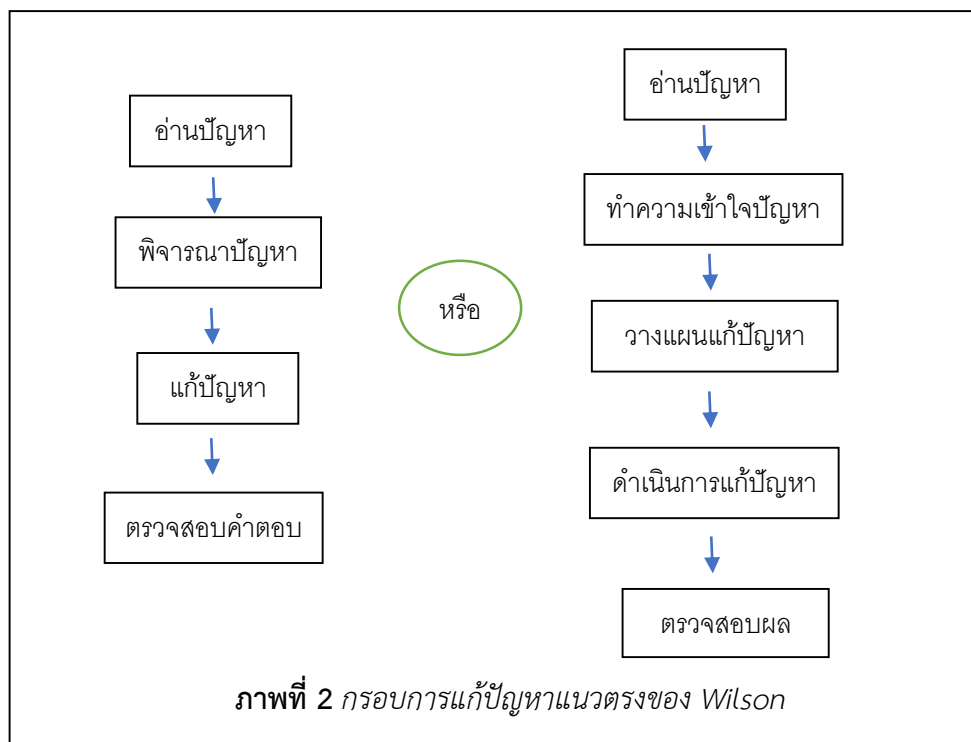
3.4 กระบวนการ ขั้นตอน และทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่นักเรียนจะต้องฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดขึ้น เพื่อให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นครูจึงควรปลูกฝังให้นักเรียนมีความเข้าใจในกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการขั้นตอน และทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีนักวิชาการและนักการศึกษาทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทยได้กล่าวไว้ ดังนี้

Polya (1957: 5-40) ได้กล่าวถึง กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่าประกอบด้วย กระบวนการ 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นการวิเคราะห์ ทำความเข้าใจประโยชน์ของปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องสามารถสรุปปัญหาเป็นภาษาของตนเองได้ และสามารถระบุได้ว่าโจทย์กำหนดสิ่งใดมาและโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด
2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่มีความสัมพันธ์ที่ต้องพิจารณาโดยอาศัยข้อมูลจากขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา เพื่อนำไปสู่การกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา โดยพิจารณาว่าสิ่งที่โจทย์ให้จะก่อให้เกิดผลอย่างไร และต้องใช้ความรู้เรื่องใด โดยนำ กฎ ทฤษฎี นิยาม สูตร หลักการ ที่เรียนมากำหนดวิธีการที่ใช้ในการดำเนินการแก้ปัญหา
3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ เป็นขั้นดำเนินการตามแผนหรือวิธีการที่ได้กำหนดไว้ จนกระทั่งได้คำตอบที่ต้องการ ขั้นนี้เป็นขั้นลงมือคิดและคำนวณ เพื่อหาคำตอบตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์
4. ขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ เป็นขั้นที่ต้องพิจารณาตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาของตนเองว่าครบทุกกรณีที่เป็นไปได้หรือไม่ ตลอดจนสามารถตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ

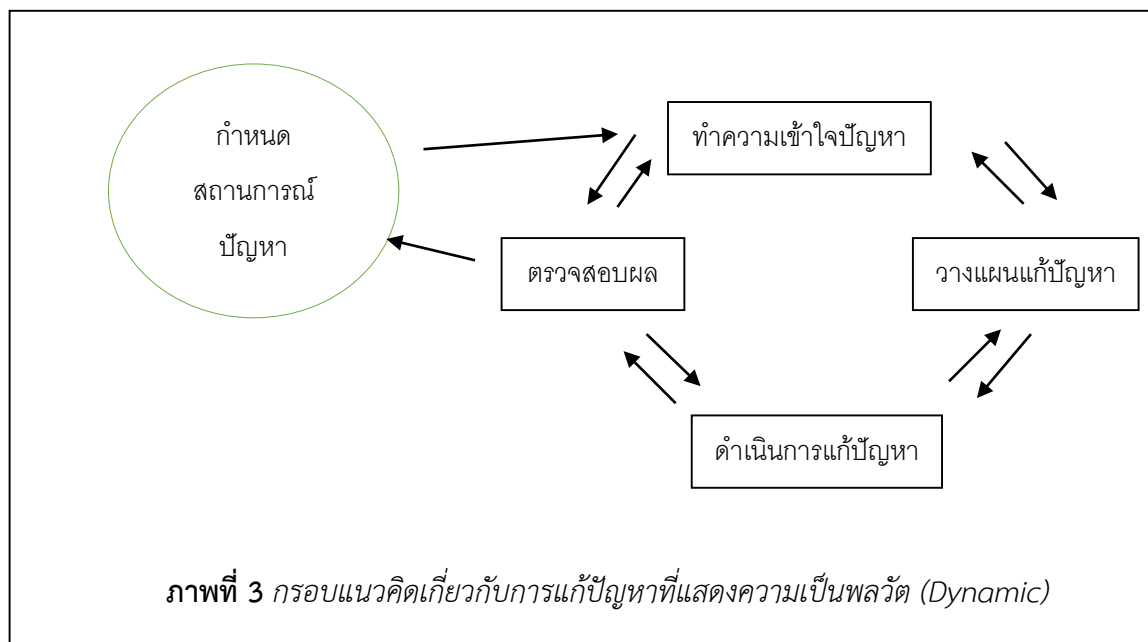
Wilson, Fernandez, and Hadaway (1993) ได้กล่าวถึงกระบวนการปัญหาโดยทั่วไปว่า มักนำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอน ในลักษณะเป็นกรอบการแก้ปัญหาแนวตรงแสดงได้ดังนี้



จากกระบวนการแก้ปัญหาแนวตรงข้างต้นจะพบว่า การดำเนินการในลักษณะนี้ขาดการสืบสวนในการแก้ปัญหา ขาดการวางระบบความคิด และขาดการวัดและประเมินผลซึ่งนับว่ารูปแบบกระบวนการชนิดนี้ มีข้อบกพร่อง ดังนี้

1. ทำให้เข้าใจว่าการแก้ปัญหาคือกระบวนการในแนวตรงเสมอ
2. การแก้ปัญหาคือเพียงแค่ชุดขั้นตอน
3. ทำให้เข้าใจว่าการแก้ปัญหาคือกระบวนการที่ต้องจำต้องฝึกและกระทำซ้ำ ๆ
4. เป็นการเน้นเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

จากข้อบกพร่องข้างต้น จึงได้ทำการปรับปรุงการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของ Polya โดยการนำเสนอกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหที่แสดงความเป็นพลวัต (Dynamic) และเป็นวงจรของการแก้ปัญหาดังภาพต่อไปนี้



จากภาพข้างต้นจะเห็นว่า ลูกศรเป็นการแสดงการทำงานจากขั้นตอนหนึ่งไปสู่อีกขั้นตอนหนึ่ง เช่น การแก้ปัญหาในขั้นตอนแรก คือ ความเข้าใจปัญหา แล้วเคลื่อนไปสู่ขั้นตอนการวางแผน การดำเนินการ ซึ่งในระหว่างการดำเนินการ นักเรียนอาจค้นพบสิ่งที่ทำให้เข้าใจปัญหายิ่งขึ้นหรือไม่ สามารถดำเนินการต่อได้ตามที่วางแผนไว้ นักเรียนอาจจะกลับไปเริ่มวางแผนใหม่หรือทำความเข้าใจปัญหาใหม่ ถ้าตั้งต้นเป็นกระบวนการแก้ปัญหาจำเป็นต้องเริ่มต้นใหม่ในขั้นตอนทำความเข้าใจเสมอไป

ทิตินา แชมมณี (2544) กล่าวว่าในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีดังนี้

1. การสังเกต ให้นักเรียนศึกษาข้อมูล รับรู้และสร้างความเข้าใจในปัญหา ตลอดจนที่จะสามารถสรุปถึงประเด็นสำคัญในปัญหานั้น
2. การวิเคราะห์ ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น อภิปราย เพื่อแยกแยะประเด็นปัญหา และสภาพสาเหตุตามลำดับความสำคัญของปัญหา
3. สร้างทางเลือก ให้ผู้เรียนแสวงหาทางเลือกในการแก้ไขปัญหายังไร เช่น การทดลองค้นคว้าตรวจสอบเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการทำกิจกรรมกลุ่ม
4. เก็บข้อมูลประเมินทางเลือก ผู้เรียนปฏิบัติตามแผนงาน บันทึก ตรวจสอบความถูกต้องของทางเลือก ผู้เรียนสรุปความรู้ด้วยตนเองอาจจะอยู่ในรูปของรายงาน

กรมวิชาการ (2544) ได้สรุปขั้นตอนการแก้ปัญหาตลอดจนวิธีการหาคำตอบในการเริ่มต้นพัฒนาผู้เรียน ให้มีทักษะกระบวนการแก้ปัญหาที่ต้องเริ่มจากผู้สอนผู้เรียนให้มีพื้นฐานและความคุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหาและใช้ทักษะประกอบ ซึ่งมีอยู่ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นตอนต้องอาศัยทักษะการอ่านโจทย์ปัญหา ทักษะการแปลความหมายเพื่อให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะได้ว่าโจทย์กำหนดอะไร และโจทย์ต้องการให้หาอะไรหรือพิสูจน์ข้อความใด ซึ่งทักษะเหล่านี้สำคัญและจำเป็นต่อขั้นตอนนี้

2. วางแผนการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ที่ต้องอาศัยทักษะในการนำความรู้หลักการหรือทฤษฎีที่เรารู้มาเลือกใช้กลยุทธ์หรือยุทธวิธีที่เหมาะสม ในบางครั้งอาจต้องใช้ภาษาในการประมาณค่า คาดการณ์ คาดคะเนคำตอบ ดังนั้น ผู้สอนควรฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิเคราะห์แนวคิดในขั้นนี้

3. ดำเนินการแก้ปัญหา ต้องอาศัยทักษะการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ การพิสูจน์หรือการอธิบาย การแสดงเหตุผล

4. ตรวจสอบและมองย้อนกลับ ต้องอาศัยทักษะการสำรวจ การประมาณ การตรวจสอบที่ใช้ความรู้สึกเชิงจำนวน (Number sense) ความรู้สึกเชิงปริภูมิ (Spatial sense) และพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบที่สอดคล้องกับปัญหาหรือสถานการณ์

Marks, Purdy, and Kinney (1965) กล่าวถึง กระบวนการในการสอบแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ค้นหาสิ่งที่โจทย์ถามและกำหนดให้
2. ค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเพื่อนำไปสู่สิ่งที่โจทย์ถาม
3. วิเคราะห์ข้อมูลและหาความสัมพันธ์เพื่อหาผลลัพธ์
4. ตรวจสอบความถูกต้อง

Krulik (1977) สรุปกระบวนการการสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพควรปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

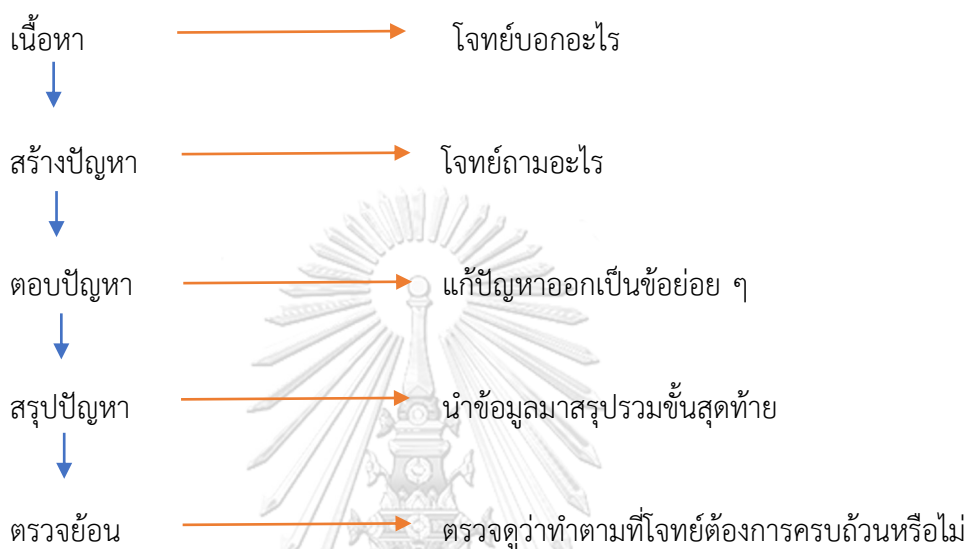
1. อ่านโจทย์ให้เข้าใจถึงสิ่งที่โจทย์ต้องการถามข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้รวมถึงการเขียนรูปประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์
2. ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้และข้อมูลที่โจทย์ต้องการถาม จัดตั้งแนวทางความสัมพันธ์หลาย ๆ แนวทาง เพื่อทดสอบสมมุติฐาน และหาวิธีการที่ถูกต้อง
3. ตรวจสอบผลลัพธ์ว่าสิ่งที่ค้นพบสามารถตอบปัญหาได้ถูกต้องและแน่นอน

Bell (1978) เสนอกระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 4 ขั้นตอนดังนี้

1. เสนอปัญหาในรูปแบบทั่วไป

2. เสนอปัญหาอีกครั้งในรูปแบบที่สามารถแสดงการแก้ปัญหา
3. ตั้งสมมุติฐานและเลือกวิธีการดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ
4. ตรวจสอบสมมุติฐานและการดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่สามารถเป็นได้

ยุพิน พิพิธกุล (2530) ได้เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้



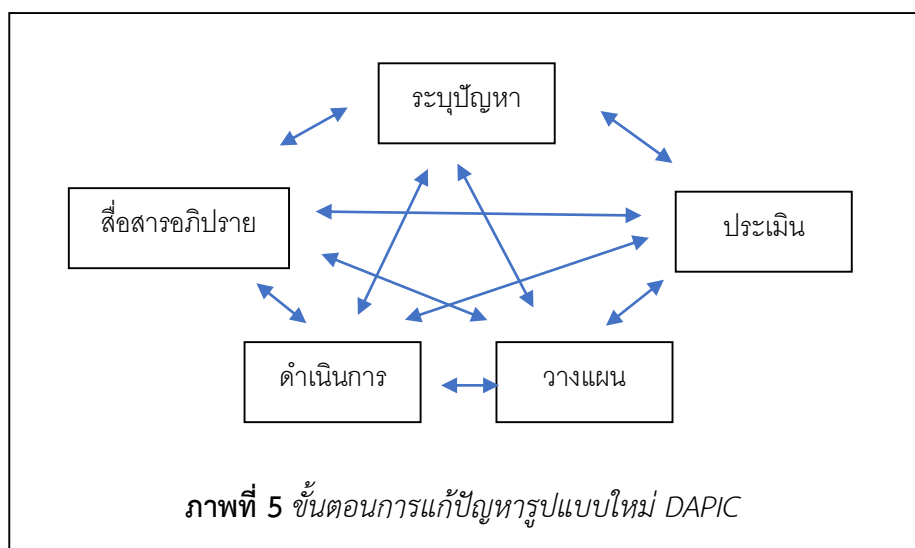
ภาพที่ 4 ขั้นตอนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ ยุพิน พิพิธกุล (2530)

รายงานการประชุมความก้าวหน้าคณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี The Integrated Mathematics Science and Technology เสนอกระบวนการแก้ปัญหาแบบใหม่ที่เรียกว่า DAPIC เป็นกระบวนการที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา ซึ่งกระบวนการนี้ไม่ได้กำหนดไว้ว่าเริ่มจุดไหนหรือเป็นไปตามลำดับแต่ขึ้นอยู่กับผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาเอง จึงเป็นกระบวนการแก้ปัญหาไม่เชิงเส้นประกอบ สามารถยืดหยุ่นได้ ซึ่งไปด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา (Define) ขั้นนี้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหาด้วยการพิจารณาปัญหาอย่างโดยระบุสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหา รวมถึงอุปสรรคหรือความยากในการแก้ปัญหา
2. ประเมินเงื่อนไขของปัญหา (Assess) ขั้นนี้นักเรียนประเมินเงื่อนไขปัญหา พิจารณาข้อมูลที่ช่วยในการหาคำตอบ รวมทั้งความคุ้นเคยของปัญหา คือ พิจารณาคำตอบที่ผ่านมาว่าประสบความสำเร็จหรือล้มเหลวอย่างไร เพื่อพัฒนาสู่ขั้นการวางแผน
3. วางแผนการแก้ปัญหา (Plan) ขั้นนี้นักเรียนวางแผนหาวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

4. การประยุกต์ใช้แผน (Implement) ขั้นนี้นักเรียนนำแผนที่วางไว้มาใช้โดยอาจมีการปรับปรุงแผนให้ดีขึ้น

5. สื่อสารอภิปรายร่วมกัน (Communicate) ขั้นนี้นักเรียนนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ สรุป และสื่อสารอภิปรายร่วมกัน อาจเป็นในรูปแบบฟอร์ม คำพูด การทำนายและการสร้างปัญหาใหม่



จากที่นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวไว้ข้างต้นเกี่ยวกับกระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทำให้สามารถสรุปได้ว่า กระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

1. ความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นที่ต้องระบุได้ว่าโจทย์กำหนดอะไร โจทย์ถามอะไร มีเงื่อนไขเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่โจทย์กำหนดและสิ่งที่โจทย์ถามอย่างไร

2. วางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์และความรู้ในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งพิจารณาข้อมูลว่าที่โจทย์กำหนดให้มานั้นเพียงพอหรือไม่และเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

3. ขั้นตอนดำเนินการแก้ปัญหาและคำตอบ เป็นขั้นดำเนินการตามวิธีการที่เลือก จนกระทั่งได้คำตอบสุดท้าย ขั้นนี้เป็นขั้นที่ลงมือคิดและคำนวณ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

4. ตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการตรวจสอบการแก้ปัญหา ความเป็นไปได้ ความถูกต้อง ความสมเหตุสมผล ความสอดคล้องกับเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด ตลอดจนตรวจสอบกระบวนการต่าง ๆ ในการหาคำตอบ

ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์

ทักษะที่เป็นความสามารถพื้นฐานของการแก้ปัญหารวม 4 ทักษะ (Mayer, 2003) ซึ่งในแต่ละทักษะต้องใช้ความรู้ด้านต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างตัวแทนทางความคิดของปัญหา (Problem representation)

การสร้างตัวแทนทางความคิดของปัญหาเป็นขั้นตอนแรก การแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ซึ่งนักเรียนทุกคนจะต้องผ่านกระบวนการในขั้นตอนนี้ก่อนไปสู่การหาคำตอบที่โจทย์ต้องการ โดยทักษะสำคัญที่นักเรียนต้องใช้ในกระบวนการนี้มี 2 ทักษะดังนี้

1. ทักษะการแปลความโจทย์คณิตศาสตร์ (Problem translation) หมายถึง ความสามารถในการแปลความโจทย์คณิตศาสตร์และการทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาของโจทย์ ที่อยู่ในรูปภาษาประโยค กราฟ แผนภูมิ ตารางข้อมูล

การแปลความโจทย์คณิตศาสตร์จะมีความยากเพิ่มขึ้นเมื่อสถานการณ์ปัญหา มีประโยคที่บรรยายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของข้อมูลกับโจทย์กำหนดมาให้กับปริมาณของตัวแปรในโจทย์ ตัวอย่างเช่น “แมรีมีอายุเป็น 2 เท่าของเบ็ตตี้ถ้าแมรีอายุ 40 ปี เบ็ตตี้จะมีอายุกี่ปี” จะเห็นว่าโจทย์ปัญหานี้ได้บรรยายความสัมพันธ์ของอายุแมรี คือ 40 ปี (ข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้) กับอายุของเบ็ตตี้ (ตัวแปรในโจทย์) โดยกล่าวว่า แมรีมีอายุเป็น 2 เท่าของเบ็ตตี้ ซึ่งโจทย์ปัญหาลักษณะนี้ จะมีความยากมากกว่าโจทย์ที่บอกปริมาณของข้อมูลมาให้โดยตรง ตัวอย่างเช่น “แมรีอายุ 40 ปี เบ็ตตี้ อายุ 20 ปี แมรีมีอายุเป็นกี่เท่าของเบ็ตตี้” นอกจากนี้ Loftus and Suppes (Mayer, 2003) ยังพบว่า โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการแปลงหน่วยปริมาณของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ จะมีความยากมากกว่าโจทย์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการแปลงหน่วยปริมาณของข้อมูล

2. ทักษะการบูรณาการข้อมูลจากโจทย์ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (Problem integration) หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้คัดเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาหรือการแก้ปัญหาและประมวลข้อมูลเพื่อนำมาสร้างตัวแทนทางความคิดของปัญหา (Problem representation) โดยการจัดวางข้อมูลให้เชื่อมโยงสัมพันธ์กันตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดหรือมีความสอดคล้องตามหลักทางคณิตศาสตร์โดยใช้ความรู้ด้านแบบแผนทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา (Schematic knowledge) ซึ่งเป็นความรู้ในการประยุกต์ใช้ทางคณิตศาสตร์ที่เคยเรียนมาเพื่อนำไปเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ในสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องและมีหลักการทางคณิตศาสตร์ที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาซึ่งทักษะนี้สามารถแสดงออกได้หลายรูปแบบ ได้แก่

1. บอกได้ว่าข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้มีความขัดแย้งกันเองหรือไม่ (โดยเป็นการขัดแย้งกันด้วยหลักของเหตุผลหรือขัดแย้งกันด้วยหลักคณิตศาสตร์) ถ้ามีข้อมูลที่ขัดแย้งกัน นั้น

คือ ข้อมูลใดและมีความขัดแย้งกันอย่างไร ในการตรวจสอบพฤติกรรมที่ว่ามีสร้างโจทย์คณิตศาสตร์ที่มีสถานการณ์ปัญหาซึ่งมีข้อมูลที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้จริงหรือมีข้อมูลที่เป็นไปไม่ได้ (Impossible problem) เพื่อให้นักเรียนพิจารณาความสมเหตุสมผลของข้อมูล เช่น “ชายคนหนึ่งมีจำนวนเหรียญยี่สิบห้าเซ็นต์เป็น 7 เท่าของจำนวนเหรียญสิบเซ็นต์ที่เขามีมากกว่ามูลค่าของเงินเหรียญยี่สิบห้าเซ็นต์อยู่ 2.50 ดอลลาร์ อยากทราบว่าชายคนนี้จะมียู่อเหรียญแต่ละชนิดจำนวนกี่เหรียญ” หากพิจารณาปัญหานี้ให้ดีจะพบว่า เมื่อใช้ความรู้ด้านภาษาและความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ แปลงประโยคในโจทย์ให้เป็นสมการทางคณิตศาสตร์จะได้ว่า $Q = 7D$ และ $D(0.1) = 2.50 + Q(0.25)$ เมื่อกำหนด ให้ Q แทนจำนวนเหรียญยี่สิบห้าเซ็นต์และ D แทน จำนวนเหรียญสิบเซ็นต์ แต่เมื่อได้พิจารณาสมการทั้งสองร่วมกัน พบว่า ปัญหานี้ไม่สามารถสร้างสมการเพื่อเป็นตัวแทนทางความคิดของปัญหาได้ เนื่องจากสมการที่สร้างขึ้นไม่สอดคล้องกันอย่างสมเหตุสมผลตามหลักคณิตศาสตร์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนที่จะสามารถแสดงพฤติกรรมนี้ได้จำเป็นต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ร่วมในการพิจารณาข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้เพื่อบูรณาการข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างตัวแทนทางความคิดของปัญหาให้มีความสอดคล้องตามหลักคณิตศาสตร์

2. พิจารณาข้อมูลที่โจทย์กำหนด ให้เพื่อแยกแยะข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา ให้สามารถเลือกใช้ข้อมูลมาแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องหรือคัดเลือกเฉพาะข้อมูลจากโจทย์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ฉะนั้นนักเรียนที่แสดงพฤติกรรมนี้ได้จึงต้องรู้จักประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการจำแนกข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้แล้วคัดเลือกเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา

3. บอกได้ว่าในการแก้ปัญหาจำเป็นต้องใช้ข้อมูลใดบ้างหรือบอกได้ว่าโจทย์ให้ข้อมูลมาเพียงพอสำหรับใช้แก้ปัญหาหรือไม่ถ้าไม่เพียงพอข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม นั่นคืออะไร ลักษณะของโจทย์ปัญหาที่ใช้วัดพฤติกรรมนี้มาเป็นโจทย์ที่กำหนดข้อมูลให้ไม่ครบถ้วนหรือไม่เพียงพอต่อการแก้ปัญหา เพื่อให้นักเรียนแสดงความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา แล้วบอกข้อมูลส่วนที่เหลือหรือบอกข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติมในการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาต่อไป

4. สร้างโจทย์คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับการดำเนินการทางคณิตศาสตร์หรือสร้างสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับสมการคณิตศาสตร์ที่กำหนด ซึ่งนักเรียนต้องแสดงความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อบูรณาการกับข้อมูลในสถานการณ์ปัญหาให้ออกมาเป็นโจทย์ปัญหาที่มีข้อมูลในโจทย์สอดคล้องกันตามเงื่อนไขของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่กำหนด

5. จำแนกโจทย์ปัญหาตามลักษณะเนื้อหาทางคณิตศาสตร์หรือตามลักษณะความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในการใช้แก้ปัญหาส่วนใหญ่นักเรียนจะแสดงพฤติกรรมนี้ได้ต้องมีความรู้

พื้นฐานเรื่อง “กลุ่มโครงสร้างของโจทย์คณิตศาสตร์” (Problem categories) จึงจะสามารถจำแนกหรือจัดประเภทของโจทย์ปัญหาตามลักษณะความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาได้

6. สร้างตัวแทนทางความคิดของปัญหาเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด มีความสอดคล้องตามหลักคณิตศาสตร์โดยใช้การวาดรูป การสร้างแผนภูมิ ตารางข้อมูลหรือแผนภาพ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยสร้างสมการที่สอดคล้องหรือสร้างตัวแทนทางความคิดของปัญหา เพื่อให้นักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลเหล่านี้ได้ตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดและมีความสอดคล้องตามหลักคณิตศาสตร์

ทักษะการบูรณาการข้อมูลจากโจทย์ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่กล่าวไปข้างต้นมีข้อสังเกตเห็นว่าพฤติกรรมเหล่านั้นมีลักษณะของพฤติกรรมที่เท่าเทียมกันในแง่ที่ต้องประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงองค์ความรู้กับข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้หรือพฤติกรรมเหล่านั้นต่างมีคุณลักษณะบางประการที่เหมือนกัน คือ ต้องการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลอย่างสมเหตุสมผลเพียงแต่มีการแสดงออกของแต่ละพฤติกรรมที่แตกต่างกันออกไป

ขั้นที่ 2 ขั้นแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบ (Problem solution)

สำหรับขั้นสุดท้ายของกระบวนการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เป็นการใช้ตัวแทนทางความคิดของปัญหาที่สร้างแล้ว มาประกอบในการวางแผนแก้ปัญหาเพื่อหากลวิธีที่จะนำไปสู่การหาคำตอบที่โจทย์ต้องการโดยกระบวนการในขั้นนี้ประกอบด้วยทักษะที่สำคัญ 2 ทักษะ ได้แก่

1. ทักษะการวางแผนแก้ปัญหา (Solution planning and monitoring) หมายถึง ความสามารถในการบูรณาการความรู้ทางคณิตศาสตร์กับตัวแทนทางความคิดของปัญหา เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลหรือองค์ความรู้ทั้งหมดไปสู่สิ่งที่โจทย์ต้องการ มีการแบ่งขั้นตอนในการแก้ปัญหา ลำดับขั้นตอน การแก้ปัญหาและกลวิธีในการแก้ปัญหารวมทั้งกำกับความคิดเพื่อตรวจสอบการวางแผนหรือขั้นตอนการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนว่ามีความสำคัญอย่างไร เหตุใดจึงเลือกขั้นตอนนั้นมาแก้ปัญหา และขั้นตอนเหล่านั้นมีความถูกต้องเหมาะสมแล้วหรือไม่

2. ทักษะการดำเนินการตามแผน (Solution execution) หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ตามกลวิธีที่ได้ วางแผนไว้และการคำนวณตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อที่จะหาคำตอบตามที่โจทย์ต้องการโดยความรู้สำคัญที่ต้องใช้ในทักษะนี้คือความรู้เกี่ยวกับกระบวนการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณหาคำตอบตามแผนการที่วางไว้จนได้ผลสำเร็จออกมาตามที่ต้องการ ซึ่งทักษะนี้จึงเป็นภาษาที่ใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ลำดับสุดท้ายนั่นเอง

จากการศึกษากระบวนการและขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สามารถสรุปได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ ผู้แก้ปัญหาจะต้องอ่านและทำความเข้าใจเพื่อวิเคราะห์โจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ว่าอะไรคือสิ่งที่โจทย์กำหนด อะไรคือสิ่งที่โจทย์ต้องการ

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหา เพื่อค้นหาความเชื่อมโยงจากสิ่งที่โจทย์กำหนดกับสิ่งที่โจทย์ต้องการ ผู้แก้ปัญหจะสามารถ

เขียน สิ่งเหล่านี้ ออกมา เป็น ความสัมพันธ์ในรูป ของสมการได้ โดยการนำ กฎ สูตร นิยาม ทฤษฎีมาช่วยในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นลงมือปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ เป็นขั้นตรวจสอบกระบวนการการหาคำตอบที่ได้ตามสถานการณ์หรือโจทย์กำหนด

3.5 ยุทธวิธีและแนวทางในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Hatfield, Edwards, Bitter, and Hatfield (1997) ได้เสนอยุทธวิธีในการแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

1. ประเมินและตรวจสอบ (Estimation and Check) เป็นยุทธวิธีในการเสนอคำตอบที่ใกล้เคียง เพื่อตัดสินใจว่าแนวทางแก้ปัญหานั้นจะเป็นวิธีใด คำตอบที่สันนิษฐานไว้ต้องสัมพันธ์กับคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาและการประมาณคำตอบสามารถทำได้ภายในชั้นเรียน
2. ค้นหารูปแบบ (Looking for Patterns) ปัญหาบางประเภทมีวิธีแก้วิธีเดียว คือ การหารูปแบบได้จากข้อมูลที่กำหนดให้
3. พิจารณาว่าข้อมูลเพียงพอหรือไม่ (Insufficient Information) ในบางครั้งข้อมูลที่กำหนดให้นั้นไม่เพียงพอต่อการแก้ปัญหานั้นคือ ข้อมูลบางส่วนหายไปจากโจทย์ปัญหา
4. วาดภาพ กราฟ และตาราง (Drawing Pictures, Graph and Table) การวาดภาพ กราฟ และตาราง ช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพจากข้อมูลที่เป็นตัวเลข และมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลมากขึ้น
5. ตัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออก (Elimination of Extraneous Data) โจทย์ปัญหาบางข้อ ให้ข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นในการหาคำตอบ ซึ่งนักเรียนจะต้องตัดข้อมูลที่ไม่จำเป็นออกเพื่อให้ข้อมูลนั้นแคบลง
6. พัฒนาสูตร และเขียนสมการ (Developing Formulas and Writing Equation) การสร้างสูตรมีประโยชน์ต่อการเอาจำนวนมาใส่ในสูตร เพื่อคำนวณให้ได้คำตอบ

7. สร้างแบบจำลอง (Modeling) เป็นหนทางที่ช่วยให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ที่จำเป็นในการแก้ปัญหา

8. วิธีย้อนกลับ (Working Backwards) การพิสูจน์เรขาคณิตใช้ยุทธวิธีนี้เพื่อพิจารณาการเขียนพิสูจน์

9. เขียนผังงาน (Flowcharting) ขั้นตอนการดำเนินการเขียนผังงานจะช่วยให้มองเห็นกระบวนการในการแก้ปัญหา ซึ่งผังงานเป็นโครงที่แสดงรายละเอียดของขั้นตอนในการดำเนินการตามเงื่อนไขที่ต้องการจนไปถึงทางแก้ปัญหา

10. เทียบเคียงปัญหาอื่น (Acting our the Problem) การมองปัญหาว่าเป็นสถานการณ์ที่เคยพบมาก่อน ทำให้เห็นขั้นตอนในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องง่ายขึ้น

11. ทำให้เป็นปัญหายาง่าย (Simplifying the Problem) ในปัญหาบางปัญหามีการคิดคำนวณที่ใช้ตัวเลขที่มีค่ามากการนำตัวเลขที่มีค่าน้อยกว่าสามารถช่วยคำนวณได้อย่างรวดเร็วและสามารถนำมาแทนที่จำนวนที่มีค่ามากเพื่อช่วยให้นักเรียนตรวจสอบคำตอบอย่างมีเหตุผลได้ก่อนที่จะแก้ปัญหาที่กำหนดให้

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537) ได้เสนอกลวิธีการแก้ปัญหาไว้ 10 กลวิธี ได้แก่

1. กลวิธีเดาและตรวจสอบ กลวิธีนี้เป็นกลวิธีพื้นฐานที่นำมาใช้แก้ปัญหายู่เสมอและสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้ในกรณีที่การแก้ปัญหานั้นอาจยุ่งยาก ใช้เวลามากหรือผู้แก้ปัญหาลืมวิธีการแก้ปัญหา กลวิธีเดาต้องเดาอย่างมีเหตุผล มีทิศทาง เพื่อให้สิ่งที่เดานั้นใกล้เคียงคำตอบที่ต้องการมากที่สุด

2. กลวิธีเขียนภาพ แผนภาพ และสร้างแบบจำลอง กลวิธีนี้ช่วยให้มองเห็นปัญหาอย่างเป็นรูปธรรม ทำให้ผู้แก้ปัญหามีความรู้สึกว่า ได้สัมผัสกับปัญหานั้นอย่างแท้จริงและช่วยให้ผู้แก้ปัญหาคำนึงถึงความเข้าใจกับปัญหาได้ง่ายขึ้น สามารถกำหนดแนวทางวางแผนแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน

3. กลวิธีสร้างตารางการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธีสร้างตารางมีประเด็นที่ควรพิจารณา ดังนี้

3.1 สร้างตารางเพื่อแสดงกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมด

3.2 สร้างตารางเพื่อแสดงกรณีที่เป็นไปได้บางกรณี

3.3 สร้างตารางเพื่อค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด

3.4 สร้างตารางเพื่อค้นหารูปแบบทั่วไปของความสัมพันธ์

4. กลวิธีใช้ตัวแปร การใช้ตัวแปร แทนตัวที่ไม่ทราบค่าเป็นวิธีการแก้ปัญหาย่างหนึ่งที่ใช้ในวิชาคณิตศาสตร์โดยผู้แก้ปัญหามีการสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ปัญหาคำหนดกลับตัวแปร

ที่สมมติขึ้น และในบางปัญหาสามารถสร้างความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้อยู่ในรูปแบบสมการได้ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ 2 ลักษณะ คือ

4.1 ใช้ตัวแปรสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและพิจารณาคำตอบของปัญหาจากข้อความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้น

4.2 สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับปัญหาในรูปแบบการเท่ากันซึ่งสามารถสร้างสมการที่สอดคล้องกับปัญหานั้นได้และการหาคำตอบทำได้โดยการแก้สมการหรือพิจารณาคำตอบของสมการนั้น

5. กลวิธีการค้นพบรูปแบบ เป็นกลวิธีที่สำคัญมากในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เหมาะที่จะนำมาใช้แก้ปัญหเกี่ยวกับรูปแบบของจำนวน ซึ่งผู้แก้ปัญหามustศึกษาปัญหาที่มีอยู่ วิเคราะห์และค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล คาดเดาคำตอบ ซึ่งอาจเป็นคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่ถูกต้องก็ได้ จากปัญหาเดียวกันและข้อมูลชุดเดียวกันผู้แก้ปัญหามustแต่ละคนอาจพบปัญหาที่แตกต่างกัน

6. กลวิธีแบ่งเป็นกรณี ปัญหาหลายปัญหาสามารถแก้ปัญหได้ง่ายขึ้น เมื่อแบ่งเป็นกรณีปัญหามากกว่าหนึ่งกรณี ในแต่ละกรณีจะมีความชัดเจนมากขึ้น เมื่อแก้ปัญหามustของทุกกรณีได้และพิจารณาคำตอบของทุกกรณีร่วมกันจะได้ภาพรวมซึ่งเป็นคำตอบของปัญหาเริ่มต้น

7. กลวิธีใช้เหตุผลตรง กลวิธีการใช้เหตุผลตรงนี้มักพบอยู่ตลอดเวลาในการแก้ปัญหามust โดยผู้แก้ปัญหามustใช้ร่วมกับกลวิธีอื่น ข้อความที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลทางตรงมักอยู่ในรูป “ถ้า A แล้ว B”

โดยที่ข้อความ A เป็นเหตุบังคับให้เกิดข้อความ B การใช้การให้เหตุผลตรงในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นการใช้ข้อมูลที่ปัญหามustกำหนด ประมวลเข้ากับความรู้และประสบการณ์ที่ผู้แก้ปัญหามustมีอยู่เดิม ให้เหตุผลนำไปสู่คำตอบของปัญหา ซึ่งปัญหามustที่ใช้กลวิธีนี้อาจไม่มีการคิดคำนวณแต่เป็นการเน้นให้เหตุผล

8. กลวิธีให้เหตุผลทางอ้อม ปัญหาบางปัญหามustไม่ถนัดที่จะแก้ปัญหามustโดยการให้เหตุผลทางตรง ในกรณีนี้การให้เหตุผลทางอ้อมนับว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดอีกวิธีหนึ่งที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหามust ซึ่งกลวิธีการให้เหตุผลทางอ้อมมักเป็นปัญหามustให้พิสูจน์ เพื่ออธิบายคำตอบของปัญหา

9. กลวิธีย้อนกลับ ปัญหาบางปัญหามustสามารถแก้ได้ง่ายกว่า ถ้าเริ่มต้นแก้ปัญหามustโดยพิจารณาจากผลลัพธ์สุดท้ายแล้วย้อนมาสู่ตัวปัญหามustอย่างมีลำดับขั้นตอน โดยใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์โดยพิจารณาจากผลย้อนกลับไปหาเหตุซึ่งต้องหาเงื่อนไขเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ต้องการกับสิ่งที่กำหนด

10. กลวิธีการสร้างปัญหาขึ้นใหม่ ปัญหาบางปัญหามustถ้าแก้ปัญหามustนั้นโดยตรงอาจทำได้ยากดังนั้นการสร้างปัญหามustขึ้นใหม่ให้เกี่ยวข้องกับปัญหามustเดิม แล้วศึกษาวิธีการแก้ปัญหามustใหม่ที่สร้างขึ้น

เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้เกิดแนวคิดในการเริ่มต้นการแก้ปัญหาที่มีอยู่ซึ่งปัญหาที่สร้างขึ้นใหม่อาจสร้างให้ครอบคลุมปัญหาเดิมทั้งหมดหรือสร้างขึ้นใหม่เพียงบางส่วนของปัญหาเดิมซึ่งสามารถแยกกล่าวได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

10.1 กลวิธีนี้ถึงปัญหาที่สัมพันธ์กัน

10.2 กลวิธีแก้ปัญหาง่ายกว่า

10.3 กลวิธีกำหนดเป้าหมายรอง

สมเดช บุญประจักษ์ (2550) ได้กล่าวถึงยุทธวิธีในการแก้ปัญหา ดังนี้

1. การหารูปแบบ
2. การเขียนแผนผังหรือภาพประกอบ
3. การสร้างรูปแบบหรือแบบจำลอง
4. การสร้างตาราง
5. การเดาและตรวจสอบ
6. การแจกกรณีที่เป็นไปได้
7. การเขียนเป็นประโยคทางคณิตศาสตร์
8. การดำเนินการแบบย้อนกลับ
9. การแบ่งปัญหาย่อย ๆ หรือเปลี่ยนมุมมองของปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551) กล่าวถึงยุทธวิธีในการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. ยุทธวิธีการเดาและตรวจสอบ
2. ยุทธวิธีเขียนภาพ เขียนแผนภูมิและสร้างแบบจำลอง
3. ยุทธวิธีสร้างตาราง
4. ยุทธวิธีใช้ตัวแปร
5. ยุทธวิธีค้นหารูปแบบ
6. ยุทธวิธีใช้การให้เหตุผลทางตรง
7. ยุทธวิธีย้อนกลับ
8. ยุทธวิธีสร้างปัญหาใหม่ สามารถแยกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ
 - 8.1 ยุทธวิธีนี้ถึงปัญหาที่เกี่ยวข้อง
 - 8.2 ยุทธวิธีแก้ปัญหาง่ายกว่า
 - 8.3 ยุทธวิธีกำหนดเป้าหมายตรง

จากการศึกษายุทธวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สามารถสรุปได้ว่า ยุทธวิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์นั้น จำเป็นต้องให้ผู้เรียนรู้จักขั้นตอนการแก้ปัญหา เรื่องวิธีการแก้ปัญหที่เหมาะสมและยุทธวิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่นักวิชาการได้เสนอคล้ายกันมีดังนี้

1. ยุทธวิธีการเดาและตรวจสอบ
2. ยุทธวิธีค้นหารูปแบบ เขียนภาพ แผนภูมิ ตาราง และสร้างแบบจำลอง
3. ยุทธวิธีเขียนเป็นประโยคทางคณิตศาสตร์
4. ยุทธวิธีแจกกรณีที่เป็นไปได้
5. ยุทธวิธีย้อนกลับ

นอกจากนี้ยังมีนักการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศได้เสนอแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้โดยสรุปดังนี้

Bitter and Gray (1990) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ผู้สอนควรเลือกปัญหาที่น่าสนใจและไม่ยากจนเกินไป และให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนตามลำดับความยากง่าย
2. ผู้สอนควรให้ผู้เรียนและเปลี่ยนความคิดในการแก้ปัญหาโดยการแบ่งผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อย
3. ผู้สอนควรฝึกให้ผู้เรียนพิจารณาสิ่งที่กำหนดให้และสิ่งที่ต้องการถาม
4. ผู้สอนควรให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาด้วยวิธีที่หลากหลาย
5. ผู้สอนควรจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนรู้สึกว่าการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งในการจัดการเรียนการสอน
6. ผู้สอนควรฝึกลักษณะปัญหาที่คล้ายกันและให้คำแนะนำสำหรับโจทย์ที่มีความยาก

สิริพร ทิพย์คง (2536) เสนอกิจกรรมเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

1. เรื่องปัญหาที่ช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน
2. ทดสอบความรู้ขั้นพื้นฐานของผู้เรียน
3. ให้อิสระทางการคิดแก่ผู้เรียนและกระตุ้นให้คิดว่าจะใช้ทักษะใดในการแก้ปัญหา
4. สอนโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลและควรมีการเสริมกำลังใจ
5. ทดสอบว่านักเรียนเข้าใจโจทย์ปัญหานั้นหรือไม่
6. ฝึกให้นักเรียนหาคำตอบโดยการประมาณก่อนการคิดคำนวณจริง
7. แนะนำให้ผู้เรียนคิดหาความสำคัญของปัญหาโดยการสร้างแผนภาพ
8. ให้ผู้เรียนรู้จักเทียบเคียงข้อมูลปัญหาเดิมกับปัญหาใหม่

9. สนับสนุนให้ผู้เรียนคิดวิธีแก้ปัญหาของตนเอง เพื่ออภิปรายหาวิธีที่ถูกต้อง

กรมวิชาการ (2544) ได้กล่าวว่า แนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ ผู้สอนจะต้องจัดปัญหาหรือสถานการณ์ให้มีความท้าทายต่อการคิดและนำเสนอ สนใจ โดยปัญหาเหล่านั้นต้องเหมาะสมกับผู้เรียน จากนั้นปรับให้เป็นปัญหาประยุกต์มากขึ้นโดยในช่วงเวลาเริ่มต้น มีการกำหนดประเด็นคำถามเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา ก่อน จากนั้นจึงลดข้อคำถามลงเรื่อยๆ จนผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง

สมาคมครูคณิตศาสตร์ในสหรัฐอเมริกา (Bloom et al., 1956) เสนอแนวทางในการจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. เป็นบรรยากาศที่ยอมรับและเห็นคุณค่าของสิ่งที่มีผลต่อความคิดและความรู้สึกของนักเรียน
2. ให้เวลาสำรวจแนวความคิดทางคณิตศาสตร์
3. ส่งเสริมให้นักเรียนมีการทำงานเป็นรายบุคคลและกลุ่มโดยมีการร่วมมือกัน
4. ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความสามารถในการกำหนดปัญหาและการสร้างข้อคาดการณ์
5. ให้นักเรียน ให้เหตุผล ข้อเสนอแนะ แนวคิดด้วยข้อความทางคณิตศาสตร์

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537) ได้เสนอแนวทาง การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยมีการประยุกต์มาจาก Polya 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การพัฒนาความสามารถในการเข้าใจปัญหา
 - 1.1 การพัฒนาทักษะการอ่าน การอ่านเป็นปัจจัยสำคัญในการทำทำความเข้าใจปัญหา ซึ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์จะเป็นข้อความสั้น ๆ รวบรวมทำให้การอ่านเพื่อทำความเข้าใจจำเป็นต้องใช้สมาธิและความพยายามในการเก็บรายละเอียด ทักษะการอ่านสามารถกระทำได้ในชั่วโมงคณิตศาสตร์ การฝึกทำแบบฝึกหัดเกี่ยวกับการแก้ปัญหา อาจจะฝึกเป็นรายบุคคลหรือฝึกเป็นกลุ่มโดยมีการอภิปรายร่วมกัน
 - 1.2 การใช้วิธีเสริมความเข้าใจ มีกลวิธีที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจปัญหาได้ชัดเจนเช่น การสร้างแบบจำลอง การเขียนภาพหรือการเขียนแผนภาพ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลซึ่งง่ายต่อความเข้าใจและเป็นรูปธรรมมากขึ้น
 - 1.3 การใช้ปัญหาที่มีลักษณะคล้ายกับปัญหาในชีวิตจริง เพื่อให้นักเรียนฝึกทำความเข้าใจ วิเคราะห์ข้อมูลว่าข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาให้มีความยาวเกินความจำเป็น เพียงพอหรือไม่ เพียงพออย่างไร ถ้าข้อมูลไม่เพียงพอก็เป็นหน้าที่ของผู้แก้ปัญหาจะต้องสืบค้นข้อมูลมาให้เพียงพอต่อ

การแก้ปัญหา เพราะ ปัญหาในชีวิตจริงมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากมาย ผู้แก้ปัญหาก็ต้องรู้จักเลือกเฉพาะปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหามากพิจารณาหาคำตอบ

2. การพัฒนาความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหาที่มีแนวทางในการพัฒนา ดังนี้

2.1 ครูควรใช้วิธีการกระตุ้น แทนการบอกวิธีแก้ปัญหาโดยตรง เพื่อให้นักเรียนคิดด้วยตนเองและเว้นระยะเวลาให้นักเรียนคิดหาคำตอบ นักเรียนตอบไม่ได้ครูต้องเปลี่ยนคำถามใหม่ให้ง่ายขึ้น ซึ่งจากคำตอบที่หลากหลายของนักเรียนจะทำให้เห็นภาพรวมของแนวทางการแก้ปัญหาและหยุดใช้คำถามว่านักเรียนมองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหาแล้ว

2.2 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดออกม้าง ๆ นั่นคือ นักเรียนสามารถบอกให้คนอื่น ทราบว่าตนเองคิดอะไร ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของการบอกเขียนแบบแผน ลำดับ ขั้นตอนในการคิดออกมาเพื่อให้ผู้อื่นทราบทำให้เกิดการอภิปรายเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

2.3 สร้างลักษณะนิสัยของนักเรียนให้คิดวางแผนก่อนลงมือทำเสมอ เพราะ นักเรียนจะสามารถประเมินความเป็นไปได้ทันทีในระยะเริ่มต้น มองเห็นภาพรวมของการแก้ปัญหา

2.4 จัดปัญหามาให้นักเรียนฝึกคิดบ่อย ๆ ทำให้ได้มีการฝึกการวางแผน มีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาโดยใช้กลยุทธ์ ซึ่งปัญหาจะต้องน่าสนใจและเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน

2.5 ในการแก้ปัญหาแต่ละปัญหา ควรส่งเสริมให้นักเรียนใช้กลยุทธ์วิธีการในการแก้ปัญหา ให้ได้มากกว่าหนึ่งรูปแบบ เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาส ฝึกการวางแผน หายุทธวิธีใหม่ ๆ และมีความคิดยืดหยุ่นในการคิด

3. การพัฒนาความสามารถการดำเนินการตามแผนขั้นต่อไป คือ การลงมือแก้ปัญหา และดำเนินการตามแผนที่วางไว้ การวางแผนเป็นการจัดลำดับขั้นตอนความคิดที่ไม่ละเอียดชัดเจน ซึ่งในขั้นตอนดำเนินการตามแผน นักเรียนต้องตีความ ขยายความ นำแผนไปปฏิบัติอย่างละเอียดเพื่อสร้างชัดเจนตามลำดับ จากการทำโจทย์ปัญหาในแบบฝึกหัด ฝึกให้นักเรียนวางแผนจัดลำดับความคิดก่อนแล้วลงมือแสดงวิธีการหาคำตอบ

4. การพัฒนาความสามารถในการตรวจสอบ ครอบคลุม 2 ประเด็นสำคัญ คือ

ประเด็นที่หนึ่ง การมองย้อนกลับไปหที่ขั้นตอนการแก้ปัญหา โดยพิจารณาความถูกต้องของกระบวนการและผลลัพธ์ ตั้งแต่ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนและดำเนินการตามแผน

ประเด็นที่สอง เป็นส่วนเนื้อหา และกระบวนการ คือ การมองไปข้างหน้า ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากกระบวนการแก้ปัญหาที่เพิ่งสิ้นสุดลงและสร้างสรรค์ปัญหาที่เกี่ยวข้องขึ้นใหม่

สมศักดิ์ โสภณพินิจ (2547) กล่าวถึง แนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนจะต้องพัฒนาทักษะในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ทักษะในการทำความเข้าใจปัญหา
2. ทักษะในการอ่านเพื่อสื่อสารสื่อความหมาย
3. ทักษะในด้านการคิดคำนวณการดำเนินการ

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาสามารถ สรุปได้ว่าการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ครูควรสร้างบรรยากาศหรือสร้างแรงจูงใจในการแก้ปัญหาให้กับนักเรียนโดยการกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจปัญหา นอกจากนี้ครูควรยืดหยุ่นและส่งเสริมให้นักเรียนใช้วิธีแก้ปัญหาที่หลากหลายวิธี โดยฝึกให้นักเรียนใช้รูปแบบการคิดในการแก้ปัญหาที่แตกต่างออกไปจากเดิม เช่น การสร้างแผนผัง ไต่อะแกรมและฝึกให้ความสำคัญกับกระบวนการแก้ปัญหาตามขั้นตอนมากกว่าการได้มาซึ่งผลลัพธ์หรือคำตอบเพียงอย่างเดียว ดังนั้นจึงสามารถสรุปเป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ดังนี้

1. การสอนให้เข้าใจปัญหา คือ การสอนให้นักเรียนเข้าใจและรู้จักการวิเคราะห์ปัญหา และองค์ประกอบทั้งหมดของปัญหา
2. การสอนให้รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา คือ การสอนยุทธวิธีรูปแบบการแก้ปัญหาที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อเพิ่มความรู้ให้แก่นักเรียนและส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ไปปรับใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
3. การสอนให้แก้ปัญหาคือ การสอนให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ต้องการ
4. การสอนให้รู้จักการตรวจสอบ คือ การกระตุ้นให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของกระบวนการตรวจสอบคำตอบ

3.6 องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สมเดช บุญประจักษ์ สมเดช บุญประจักษ์ (2540) กล่าวว่า องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำแนกได้ 2 ประการ ดังนี้

1. องค์ประกอบที่เกี่ยวกับตัวผู้แก้ปัญหา ประกอบด้วย
 - 1.1 ความรู้ความคิดและประสบการณ์
 - 1.2 ระดับสติปัญญาและความสามารถ
 - 1.3 การรับรู้และการสังเคราะห์ความคิด
 - 1.4 ทักษะและความรู้พื้นฐาน เช่น ทักษะการอ่าน การดำเนินการทางคณิตศาสตร์
 - 1.5 ความรู้สึกความต้องการที่จะแก้ปัญหา ความเชื่อและเจตคติต่อการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
 - 1.6 ความมั่นใจในตนเองต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2. องค์ประกอบเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม ประกอบด้วย

2.1 บรรยากาศที่เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา

2.2 วิธีการพัฒนาที่ส่งเสริมให้เกิดความสามารถในการแก้ปัญหา

2.3 มีเวลาพัฒนาอย่างพอเพียงและได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

2.4 สถานการณ์ปัญหาที่นำมาเป็นสื่อในการพัฒนาเป็นปัญหาที่ดีก่อให้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะท้าทายความสามารถและเหมาะสมกับอายุ

สิริพร ทิพย์คง (พฤศจิกายน-ธันวาคม 2543-มกราคม 2544) กล่าวว่า องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้แก่

1. ความซับซ้อนของโจทย์ปัญหา ข้อมูลที่กำหนดให้มีจำนวนมาก

2. วิธีการนำเสนอโจทย์ปัญหา

3. ความคุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหา

4. การใช้วิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง

5. การเริ่มต้นการแก้ปัญหา เช่น นักเรียนรู้อาจจะต้องทำอะไรก่อน และทำอย่างไร

6. ข้อมูลที่กำหนดให้มีเพียงพอต่อการแก้ปัญหา

7. เจตคติของนักเรียนที่มีต่อการแก้ปัญหา เมื่อนักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหานักเรียนมีกำลังใจที่จะแก้ปัญหา

8. ประสบการณ์ในการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละคนแตกต่างกันการที่จะเป็นผู้แก้ปัญหาที่ดีจะต้องได้รับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

จากการศึกษาสามารถ สรุปได้ว่าองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ต้องอาศัยองค์ประกอบที่หลากหลาย เพื่อช่วยให้การคิดแก้ปัญหาประสบความสำเร็จโดยองค์ประกอบเหล่านั้น มีส่วนช่วยในการคิดแก้ปัญหา ควรได้รับการสอนและฝึกฝนพัฒนาจากตัวผู้เรียน ความรู้ ประสบการณ์ในการแก้ปัญหา สถานการณ์ปัญหา การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูผู้สอน เป็นต้น

3.7 การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

Polya (1973) ได้เสนอ แบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วยขั้นตอนและรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 แบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Polya

ขั้นตอนการแก้ปัญหาของ Polya	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	หลังจากอ่านจบแล้วต้องสามารถระบุได้ว่าโจทย์กำหนดอะไร โจทย์ต้องการทราบอะไร และข้อเท็จจริงเป็นอย่างไร
ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	ใช้เงื่อนไขความจริงในการแก้ปัญหาพร้อมทั้งลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	ความสามารถในการสร้างตาราง เขียนไดอะแกรม เขียนสมการหรือประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์และทักษะการคำนวณ
ขั้นตรวจสอบคำตอบการพิจารณา	ความสมเหตุสมผลและการสรุปความหมายของคำตอบ

R. I. Charles and Lester (1982) ได้เสนอรูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ โดยพิจารณาถึงความสามารถ 3 ประการ ดังนี้

1. ความเข้าใจปัญหา เป็นความสามารถในการแปลความหมายของโจทย์ มีวิธีการให้คะแนน ดังนี้

0	หมายถึง	แปลความหมายผิดโดยสิ้นเชิง
1	หมายถึง	แปลความหมายผิดบางส่วน
2	หมายถึง	แปลความหมายโจทย์ถูกต้อง
2. การแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหาโจทย์ มีวิธีการให้คะแนน ดังนี้

0	หมายถึง	ไม่ลงมือทำหรือทำผิดโดยสิ้นเชิง
1	หมายถึง	มีกระบวนการแก้ปัญหาถูกต้องเป็นบางส่วน
2	หมายถึง	มีกระบวนการแก้ปัญหาถูกต้อง (ไม่พิจารณาการคำนวณ)
3. การตอบปัญหา เป็นการพิจารณากระบวนการแก้ปัญหากับทักษะการคำนวณ มีวิธีการให้คะแนน ดังนี้

0	หมายถึง	ตอบผิดและกระบวนการแก้ปัญหาผิด
1	หมายถึง	ตอบเพียงบางส่วน (ในกรณีที่มีหลายคำตอบ)
2	หมายถึง	การคำนวณถูกต้อง

S. Charles and et al. (1987) ได้แบ่งสัดส่วนของการให้คะแนนออกเป็น 3 ส่วน คือ ความเข้าใจในการแก้ปัญหา วิธีการแก้ปัญหาและผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 ตารางเกณฑ์การให้คะแนนของ Charle and et al.

ส่วนที่พิจารณา	พฤติกรรมที่แสดง	คะแนนที่ได้
ความเข้าใจในการ แก้ปัญหา	ไม่แสดงอะไรเลย	0
	แปลความหมายผิดทั้งหมด	1
	แปลความหมายผิดเป็นส่วนมาก	2
	แปลความหมายผิดเป็นส่วนน้อย	3
	แปลความหมายได้ถูกต้องสมบูรณ์	4
วิธีการแก้ปัญหา	ไม่แสดงอะไรเลย	0
	วางแผนการทำงานไม่ถูกต้อง	1
	แก้ปัญหาถูกต้องเป็นส่วนน้อย	2
	แก้ปัญหาถูกต้องเป็นส่วนมาก	3
	วางแผนเหมาะสมและมีแนวทางนำไปสู่คำตอบถูกต้อง	4
ผลลัพธ์ที่ได้	ไม่แสดงอะไรเลย	0
	เขียนผิด คำนวนผิด	1
	คำตอบถูกต้อง	2

Reys et al. (1992) ได้กำหนดรูปแบบของความสามารถในการแก้ปัญหาโดยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาก็ให้คะแนนตั้งแต่ 0-2 คะแนน ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความเข้าใจปัญหา

- | | | |
|---|---------|---------------------------------------|
| 0 | หมายถึง | ไม่เข้าใจในปัญหาเลย |
| 1 | หมายถึง | เข้าใจปัญหาหรือแปลความหมายได้บางส่วน |
| 2 | หมายถึง | เข้าใจปัญหาได้อย่างดี สมบูรณ์ ครบถ้วน |

2. การวางแผนแก้ปัญหา

- | | | |
|---|---------|---|
| 0 | หมายถึง | ไม่สามารถวางแผนได้อย่างเหมาะสมทั้งหมด |
| 1 | หมายถึง | วางแผนถูกต้องบางส่วน |
| 2 | หมายถึง | วางแผนเพื่อแก้ปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมดคำตอบ |

3. การดำเนินงานแก้ปัญหา

- | | | |
|---|---------|---|
| 0 | หมายถึง | ไม่ตอบหรือตอบผิดในส่วนที่วางแผนไม่เหมาะสม |
| 1 | หมายถึง | คัดลอก คำนวน ผิดพลาด ในกรณีมีหลายคำตอบ |
| 2 | หมายถึง | ตอบได้ถูกต้องและใช้ภาษาได้ถูกต้องเหมาะสม |

กรมวิชาการ กรมวิชาการ (2546) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา
คณิตศาสตร์ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ตารางกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของกรม
วิชาการ

คะแนน / ความหมาย	ความสามารถที่ปรากฏในการแก้ปัญหา
4/ดีมาก	ใช้วิธีการดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จและมีประสิทธิภาพ สามารถอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้เข้าใจ ชัดเจน
3/ดี	ใช้วิธีการดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จแต่น่าจะอธิบายถึงเหตุผล ในการใช้วิธีการดังกล่าวได้ดีกว่านี้
2/พอใช้	มีวิธีการดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ เพียงบางส่วนและสามารถ อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้เพียงบางส่วน
1/ต้องปรับปรุง	มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหาบางส่วนและหยุดไม่ สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จไม่สามารถอธิบายต่อได้
0/ไม่พยายาม	ไม่มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหา

อัมพร ม้าคนอง (2553) กล่าวถึง การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ไว้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ต้องประกอบด้วย
ความสามารถ ต่อไปนี้

1. การแก้ปัญหาได้ เป็นความสามารถของผู้เรียนในการหาคำตอบหรือแนวทางในการ
จัดการปัญหา
2. การสร้างโจทย์หรือประเด็นปัญหา เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ข้อมูล
ที่มีอยู่เพื่อหาความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างโจทย์ สถานการณ์หรือคำถาม
3. การใช้วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาโดยการใช้
วิธีการที่แตกต่างกัน
4. การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ เป็นความสามารถพิจารณาคำตอบที่
ได้ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม สอดคล้อง สมเหตุสมผลหรือไม่
5. การขยายความคิดจากผลการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการนำผลจากการแก้
ปัญหาไปประยุกต์ใช้หรือเสริมต่อองค์ความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้เสนอเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อยของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6 ตารางเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อยของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รายการประเมิน	คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
1. ความเข้าใจปัญหา	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ต้องปรับปรุง)	- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง - เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน - เข้าใจปัญหาน้อยมากหรือไม่เข้าใจปัญหา
2. การเลือกยุทธวิธี การแก้ปัญหา	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ต้องปรับปรุง)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และสอดคล้องกับปัญหา - เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง แต่ยังไม่เหมาะสมหรือไม่ครอบคลุมประเด็นของปัญหา - เลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือ ไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้
3. การใช้ยุทธวิธี การแก้ปัญหา	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ต้องปรับปรุง)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน - นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง แต่แสดงการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน - นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้อง หรือ ไม่แสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา
4. การสรุปคำตอบ	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ต้องปรับปรุง)	- สรุปคำตอบได้ถูกต้อง สมบูรณ์ - สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน หรือสรุปคำตอบไม่ครบถ้วน - ไม่มีการสรุปคำตอบ หรือสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง

สุรัชย์ วงศ์จันเลื้อ สุรัชย์ วงศ์จันเลื้อ (2555) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ตารางที่ 7 ตารางเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ สุรัชย์ วงศ์จันเลื้อ

คะแนน	คำอธิบาย
ส่วนที่ 1 การประเมินความเข้าใจปัญหา	
2	สามารถบอกสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและสิ่งที่โจทย์กำหนดได้
1	สามารถบอกสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้แต่ไม่สามารถบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดได้ หรือ สามารถบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดได้แต่ไม่สามารถบอกสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ หรือ บอกสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและสิ่งที่โจทย์กำหนดได้ แต่ไม่ครบถ้วน
0	กรณีไม่สามารถบอกสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและสิ่งที่โจทย์กำหนดได้
ส่วนที่ 2 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	
2	สามารถวางแผนแก้ปัญหาได้และดำเนินการแก้ปัญหา จนได้คำตอบที่ถูกต้อง
1	มีการวางแผนแต่ไม่มีการดำเนินการแก้ปัญหา หรือ มีความพยายามการวางแผนและมีการดำเนินการแก้ปัญหา
0	กรณีไม่มีความพยายามในการวางแผน หรือวางแผนไม่ถูกต้อง และไม่ดำเนินการแก้ปัญหา
ส่วนที่ 3 การสรุปคำตอบ	
2	เขียนคำตอบถูกต้องและมีการเขียนอธิบายเพื่อสรุปคำตอบ
1	เขียนคำตอบถูกต้องแต่ไม่ได้เขียนอธิบายเพื่อสรุปคำตอบ หรือ เขียนคำตอบไม่ถูกต้องแต่เขียนอธิบายเพื่อสรุปคำตอบได้ถูกต้อง หรือ เขียนคำตอบถูกต้องและเขียนอธิบายเพื่อสรุปคำตอบได้ถูกต้อง บางส่วน หรือ ไม่มีการเขียนอธิบายเพื่อสรุปคำตอบแต่ได้คำตอบถูกต้อง
0	คำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง และไม่มีการเขียนอธิบายเพื่อสรุปคำตอบ

จากการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยพบว่าผู้สอนควรเลือกเกณฑ์การประเมินความสามารถที่มีมาตรฐานและมีความเที่ยงตรงในการให้คะแนนในการแก้ปัญหา ซึ่งเกณฑ์การประเมินจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้านใด

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการวัดและการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้ยึดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบ Polya Polya (1973) ร่วมกับการปรับทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหามาตามแนวคิดของ Mayer Mayer (1992) นั้นประกอบด้วย 4 ด้าน ดังนี้

1. การทำความเข้าใจปัญหา หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจสถานการณ์หรือปัญหา เพื่อระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและข้อมูลสำคัญที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา
2. การวางแผนแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์หรือข้อมูลจากการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกข้อมูลและกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เหมาะสมเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบของปัญหา
3. การดำเนินการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ และคำนวณตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์จนนำไปสู่คำตอบของปัญหา
4. การสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ หมายถึง ความสามารถในการสรุปคำตอบและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ว่ามีความถูกต้องและสอดคล้องกับข้อมูลหรือเงื่อนไขที่กำหนดในสถานการณ์หรือปัญหา

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในต่างประเทศ

George T. Ladd et al. (1970) ศึกษาเกี่ยวกับแบบแผนในการจัดระดับคำถามที่ใช้วัดระดับการสอนแบบสืบสอบของครูและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 40 คน ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์โดยการใช้อภิปรายในห้องเรียน 3 แบบ ซึ่งแต่ละแบบคำถามต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า การใช้คำถามระดับต่างกันมีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่างกัน หากครูใช้คำถามระดับสูงเป็นสัดส่วนที่สูงมีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น

Buggey (1972) ศึกษาเกี่ยวกับการใช้คำถามในห้องเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 108 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 กลุ่มและให้นักศึกษาปริญญาเอกจำนวน 3 คน ทำการสอนเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ได้รับการสอนโดยใช้คำถามระดับสูงร้อยละ 70 และใช้คำถามระดับต่ำร้อยละ 30 กลุ่มที่ 2 ได้รับการสอนโดยใช้คำถามระดับสูงร้อยละ 30 และใช้คำถามระดับต่ำร้อยละ 70 กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุม คำถามที่ใช้ในการทดลองกำหนดการจำแนกของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยจำนวน 30 ข้อโดยวัดพฤติกรรมตามการจำแนกของ Bloom พฤติกรรมละ 5 ข้อผล การศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คำถามระดับสูงร้อยละ 70 และใช้คำถามระดับต่ำร้อยละ 30 มีผลสำเร็จทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คำถามระดับสูงร้อยละ 30 และใช้คำถามระดับต่ำร้อยละ 70 และนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คำถามระดับสูงร้อยละ 30 และใช้คำถามระดับต่ำร้อยละ 70 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม

Rey (1973) ศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้คำถามระดับต่ำและระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 108 คน นักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 54 คน ได้รับการสอนโดยครูใช้คำถามระดับสูง ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนโดยครูใช้คำถามระดับต่ำ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยคำถามระดับสูงมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยคำถามระดับต่ำ

Ryan (1973) ศึกษาความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 104 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ได้รับการสอนโดยใช้คำถาม

ระดับสูง กลุ่มที่ 2 ได้รับการสอนโดยใช้คำถามเฉพาะด้านความจำโดยทางกลุ่มที่ 1 และกลุ่ม 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ แต่กลุ่มที่ 3 ไม่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ใช้ระยะเวลาในการสอนรวม 9 วัน ติดต่อกัน ทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับต่ำและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับสูง ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ 1 และนักเรียนกลุ่มที่ 2 มีผลสัมฤทธิ์ในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับต่ำสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ และนักเรียนกลุ่มที่ 1 มีผลสัมฤทธิ์ในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับสูงสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 นอกจากนี้ นักเรียนกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับสูงไม่แตกต่างกัน

Agard (1977) ศึกษาผลการใช้คำถามของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยแบ่งนักเรียนเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุมได้รับการสอนโดยครูให้ข้อมูล กลุ่มทดลองที่ 1 ใช้คำถามแบบสืบสวนสอบสวนระดับสูง กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้คำถามแบบสืบสวนสอบสวนระดับต่ำ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่สอนโดยใช้คำถามระดับสูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้สอนโดยใช้คำถามระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และนักเรียนทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่สอนโดยครูให้ข้อมูลซึ่งไม่มีการใช้คำถามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

Hawley (1992) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับการใช้คำถามกับระดับการตอบคำถามในการเรียนการสอนวิชาคอมพิวเตอร์ โดยมีตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนพาณิชยวิ ซึ่งมีคะแนนหลังสอบอยู่ในระดับปานกลางและระดับต่ำโดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ใช้คำถามระดับต่ำกับการตอบคำถามด้วยความรู้ความจำ กลุ่มที่ 2 ใช้คำถามระดับต่ำกับการตอบคำถามด้วยความรู้ที่ต้องมีการอธิบาย กลุ่มที่ 3 ใช้คำถามระดับสูงและการตอบคำถามด้วยความรู้ที่มีอยู่ กลุ่มที่ 4 ใช้คำถามระดับสูงจากการตอบคำถามได้ความรู้ที่ต้องมีการอธิบาย ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่มีคะแนนหลังสอบปานกลางและกลุ่มที่มีคะแนนหลังสอบต่ำมีการใช้คำถามและระดับการตอบคำถามไม่แตกต่างกัน

Riley (1992) ศึกษาผลของประเภทของคำถามของครูที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้คำถามระดับสูงมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนโดยไม่ใช้คำถาม

Rowan and Robles (1998) ศึกษาผลการใช้คำถามระดับสูงในการเรียนการสอน คณิตศาสตร์เป็นการกระตุ้นที่ดีของครูในการทำให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาต่าง ๆ ตนเอง ไม่ใช่ให้นักเรียนจำวิธีการคิดแล้วนำไปใช้แก้ปัญหาในลักษณะเดียวกันแบบแต่ก่อน ครูควรสอนนักเรียนนึกถึงสถานการณ์จริงแล้วใช้คำถามระดับสูงกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้ที่มีอยู่มาเป็นเหตุเป็นผล เพื่อใช้ในการสรุปหาคำตอบ

Wimer et al. (2001) ศึกษาผลการใช้คำถามระดับสูงของครูต่อนักเรียนชายและนักเรียนหญิงระดับประถมศึกษาในห้องเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบการตอบสนองคำถามระดับสูงของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงไม่แตกต่างกันและพบว่าคำถามระดับสูงช่วยกระตุ้นและส่งเสริมให้นักเรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณมากกว่าคำถามระดับต่ำที่เป็นคำถามความรู้ความจำ

Lee and Chen (2015) ศึกษาผลของการกระตุ้นโดยใช้คำถามแต่ละประเภทและระดับความรู้เดิมที่มีต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยการสอนผ่านเกมคอมพิวเตอร์ในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยพบว่า ความสัมพันธ์ของการกระตุ้นโดยใช้คำถามและระดับความรู้เดิมไม่มีนัยสำคัญและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มที่ได้รับการกระตุ้น จะมีประสิทธิภาพการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นแบบธรรมดาและนักเรียนที่มีระดับความรู้เดิมสูงจะมีประสิทธิภาพการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่มีความรู้เดิมต่ำ

Lin, Chen, and Chen (2015) ศึกษาผลของการกระตุ้นโดยใช้คำถาม การอธิบาย ความสัมพันธ์โดยใช้คำถามบนพื้นฐานความรู้เชิงมโนทัศน์และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักศึกษาปริญญาตรีในบริบทเพื่อนช่วยสอน ผลการวิจัยพบว่า การกระตุ้นโดยใช้คำถามและการอธิบาย ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ กลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นโดยใช้คำถามอย่างสมบูรณ์มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นโดยใช้คำถามแบบค่อยเป็นค่อยไป และกลุ่มที่ใช้การอธิบายบนพื้นฐานของสถานการณ์จะมีความสามารถในการแก้ปัญหามากกว่ากลุ่มที่ใช้การอธิบาย

Khashan (2016) ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิผลของการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E กับนักเรียนที่มีระดับการเรียนรู้ปกติและนักเรียนที่มีความล่าช้าในการเรียนรู้ โดยแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่ใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E จำนวน 35 คนและกลุ่มควบคุมที่ใช้การเรียนรู้แบบดั้งเดิมจำนวน 38 คน ผลการทดลองพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีระดับการเรียนรู้ปกติและนักเรียนที่มีความล่าช้าในการเรียนรู้ที่ใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E มี

ประสิทธิภาพมากกว่านักเรียนที่มีการเรียนการสอนโดยวิธีดั้งเดิม จากการใช้ T-Test ในการวิเคราะห์สถิติ

Balta and Sarac (2016) ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E ในวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อทดสอบผลการคิดวิเคราะห์ห่อภิมานในพื้นที่แตกต่างกัน 35 แห่ง โดยสุ่มตัวอย่างการทดลอง เป็นนักเรียนจำนวน 24 คน จากประชากรทั้งหมด 2,918 คน ผลการทดลองพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E มีผลต่อความสำเร็จในการคิดวิเคราะห์ห่อภิมาน

Swasono et al. (2018) ศึกษาเกี่ยวกับวงจรการเรียนรู้แบบ 7E กับกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน เพื่อทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ผลการทดลองพบว่า กลุ่มทดลองที่มีการใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E สามารถแก้ไขปัญหา เรื่องความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

Harahap, Surya, and Syahputra (2018) มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาดังนี้ (1) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความสามารถในการนำเสนอคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้ วงจรการเรียนรู้แบบ 7E และการเรียนรู้แบบค้นพบตามวัฒนธรรมของ Batak Angkola (2) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างการรับรู้ความสามารถของนักเรียนจากวัฒนธรรม (3) ศึกษาว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวงจรการเรียนรู้และ KAM ของนักเรียนเกี่ยวกับความสามารถในการเป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหรือไม่ และ (4) ศึกษาว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวงจรการเรียนรู้และ KAM ของนักเรียนในการรับรู้ความสามารถของตนเองหรือไม่ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ การทดสอบความสามารถในการเป็นตัวแทนและแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเอง การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลการวิจัยพบว่า (1) ความสามารถในการเป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E และนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบค้นพบตามวัฒนธรรมของ Batak Angkola (2) มีความแตกต่างระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเอง ผู้เรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E และการรับรู้ความสามารถของตนเอง (3) การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเรียนรู้และ KAM ของนักเรียนที่มีต่อความสามารถในการเป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (4) การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเรียนรู้และ KAM ของนักเรียนที่มีต่อการรับรู้ความสามารถของตนเอง

Saleh et al. (2018) ศึกษา นักศึกษาเอกคณิตศาสตร์ในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งใน Tangerang เกี่ยวกับการใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E กับ Hypnoteaching model เพื่อช่วยเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาโดยแบ่งนักศึกษาเอกคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่ใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ภายใต้ Hypnoteaching model และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนรู้แบบทั่วไป ผลการทดลองพบว่า ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมโดยการใช้สถิติ T-Test และ Mann-Whitney ในการคำนวณ

Miadi, Kaniawati, and Ramalis (2018) ศึกษาการประยุกต์ใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E กับ การสอนตามคอนสตรัคติวิสต์ตามโครงสร้างพื้นฐานเทคโนโลยี Miadi et al. (2018) Miadi et al. (2018) Miadi et al. (2018) เพื่อปรับปรุงความสามารถทางปัญญาของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดเรื่อง ของไหลคงที่ ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการทดสอบแบบกึ่งทดลองโดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ในปีการศึกษา พ.ศ. 2560-2561 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดความสามารถทางปัญญาของนักเรียนเรื่องของไหลคงที่ ผลการวิจัยพบว่า วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ด้วยวิธี TBCT สามารถปรับปรุงความสามารถทางปัญญา ของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องของไหลคงที่ มีค่านัยสำคัญเท่ากับ .217 ไม่มีความแตกต่างอย่างมี นัยสำคัญ แต่การพัฒนาความสามารถทางปัญญาของนักเรียนในกลุ่มทดลองอยู่ในระดับที่สูงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

ISTUNINGSIH, BAEDHOWI, and SANGKA (2018) ศึกษา เกี่ยว กับ การ ประ ยุ ก ต์ กระบวนการเรียนรู้ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกและสนับสนุนในการสร้างองค์ความรู้ โดยใช้สื่อการสอนที่หลากหลาย ซึ่งวิธีหนึ่ง คือ การใช้สื่อ อิเล็กทรอนิกส์ตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิผลของวิธีการ ทางวิทยาศาสตร์โดยการใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัย เชิงทดลอง ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ของโรงเรียนมัธยมใน Karanganyar Regency ประเทศอินโดนีเซีย โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง และวิเคราะห์ผล การทดลองโดยใช้ t-test (Independent Simple t-test) ด้วย SPSS 17.0 ผลการวิเคราะห์พบว่า การประยุกต์กระบวนการเรียนรู้ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์โดยการใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ตามวงจร เรียนรู้แบบ 7E นั้นมีประสิทธิภาพ

Rahmawati, Kartono, and Hidayah (2019) ศึกษาการกำหนดคุณภาพของวงจรการเรียนรู้แบบ 7E และความสามารถในการคิดเชิงพีชคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในการแก้ปัญหาพีชคณิต กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ศึกษาข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพซึ่งรวบรวมข้อมูลจากขั้นตอนการวางแผน การนำไปปฏิบัติและการประเมินผล ผลการวิจัยพบว่า การใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E อยู่เกณฑ์ที่ดี นักเรียนที่อยู่ในหมวดการจัดการทางคณิตศาสตร์ระดับสูง สามารถแก้ไขปัญหาพีชคณิตได้ จากระดับพื้นฐานสู่ระดับยาก นักเรียนที่อยู่ในหมวดการจัดการทางคณิตศาสตร์ระดับกลาง สามารถแก้ปัญหาพีชคณิตจากระดับการวางนัยพื้นฐานสู่ระดับปานกลาง และนักเรียนที่อยู่ในหมวดการจัดการทางคณิตศาสตร์ระดับต่ำ สามารถแก้ปัญหาพีชคณิตได้เฉพาะในระดับพื้นฐาน

Wibowo (2019) ศึกษาการเปรียบเทียบการคิดแบบบูรณาการตามทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E และแบบจำลองการเรียนรู้ รูปแบบการทดลองเป็นลักษณะกึ่งทดลอง โดยกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนที่คัดเลือกโดยการสุ่มจากโรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งในเขตการปกครองบันตูล จังหวัดยอกยาคาร์ตา ประเทศอินโดนีเซีย จากนั้นแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่ใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E และกลุ่มควบคุมที่ใช้วิธีการสอนแบบจำลองการเรียนรู้ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบความสามารถในการคิดแบบบูรณาการ 5 ข้อและแบบสำรวจความคิดเห็น 29 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยวงจรการเรียนรู้แบบ 7E และ แบบจำลองการชี้แจง มีความแตกต่างทางสถิติในความสามารถในการคิดแบบบูรณาการและกิจกรรมที่มีต่อการเรียนวิชาเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่เรียนโดยวงจรการเรียนรู้ 7E มีความสามารถในการคิดแบบบูรณาการมากกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้แบบจำลองการเรียนรู้

4.2 งานวิจัยในประเทศ

วรรณดี วรรณศิลป์ (2523) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงและนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2522 ในโรงเรียนรัฐบาล สังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 310 คน การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาซึ่งได้จากแบบทดสอบการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนซึ่งได้จากระดับ

คะแนนผลการสอบประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2522 มาหาความสัมพันธ์โดยใช้สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาหระหว่างนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง และนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำโดยการทดสอบค่าที ผลการวิจัยปรากฏว่า ที่ระดับนัยสำคัญ .01 ความสามารถในการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลการทดสอบค่าที พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงและนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

จรรยา ภูอุดม (2524) ศึกษาเพื่อหา 1) ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นรายวิชา ระหว่างนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้สูงกับนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ต่ำ และ 3) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนชายและนักเรียนหญิงในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2523 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 6 โรงเรียน ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยตลอดภาคเรียน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 2) นักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้สูงกับนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ต่ำมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 3) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ปรุณ อินทรมมาตร (2541) ศึกษาผลของการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนรู้จากการใช้คำถามระดับสูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้และการวิเคราะห์ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 85 ที่กำหนดไว้ทุกด้านนักเรียนที่เรียนระดับผลการเรียนทางคณิตศาสตร์สูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการวิเคราะห์ต่ำกว่าร้อยละ 85 ที่กำหนดไว้ส่วนด้านอื่น ๆ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 85 ส่วนนักเรียนที่มีระดับผลการเรียนทางคณิตศาสตร์ปานกลางและต่ำมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 85 นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนที่มีระดับผลการเรียนทางคณิตศาสตร์สูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับผลการเรียนทางคณิตศาสตร์ปานกลางและต่ำในทุกด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กมลทิพย์ ต่อติด (2544) ศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลและการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการฝึกกระบวนการสืบสอบกับการสอนแบบปกติกลุ่มตัวอย่างจำนวน 84 คน เป็นกลุ่มทดลอง 42 คนและกลุ่มควบคุม 42 คน ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เบญจมาศ นิยมมาลี (2550) ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์โดยใช้คำถามระดับสูงร่วมกับแนวทางพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของ Frivillig ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนห้วยจรงวิทยา จังหวัดสุรินทร์ มีจำนวนนักเรียนกลุ่มทดลอง 36 คน และนักเรียนกลุ่มควบคุม 36 คน เครื่องมือที่ใช้ทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้คำถามระดับสูง ประกอบแนวทางการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของ Frivillig และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลการศึกษาพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์โดยใช้คำถามระดับสูงร่วมกับแนวทางพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของ Frivillig มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดสูงกว่าร้อยละ 50 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์โดยใช้คำถามระดับสูงร่วมกับแนวทางพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของ Frivillig ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์โดยใช้คำถามระดับสูงประกอบแนวทางการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ Frivillig มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นภารัตน์ หวังสุขกลาง และ ดร. ยิตยา เปลื้องนุช (2551) ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 49 คน การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยแบบ Pre-Experimental Design โดยใช้รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มที่มีการทดสอบเฉพาะหลังการทดลองเพื่อวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลัง

เรียนผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยด้านทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 60.78 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 60 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ร้อยละ 73.78 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70

อัมพร ม้าคนอง (2552) ศึกษาการพัฒนาโมทัศน์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งโมทัศน์และคำถามระดับสูง ประชากรในการวิจัยครั้งนี้คือ นิสิตวิชาเอกคณิตศาสตร์และวิชาเอกประถม ศึกษา กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผลการวิจัยพบว่า 1) ผู้เรียนที่ตอบแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้ในระดับถูกต้องอย่างสมบูรณ์และระดับถูกต้องค่อนข้างสมบูรณ์หลังเรียน จากการใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์และคำถามระดับสูงมีจำนวนมากกว่าก่อนเรียน 2) ผู้เรียนที่ตอบแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนจากการใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์และคำถามระดับสูงได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์และถูกต้องค่อนข้างสมบูรณ์กว่าก่อนเรียนมีจำนวนเพิ่มขึ้นในทุกสาระคณิตศาสตร์ 3) มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนหลังเรียนจากการใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์และคำถามระดับสูงสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกสาระทางคณิตศาสตร์

อารีย์ สุขใจวรเวทย์ และสุเทพ อ่วมเจริญ (2553) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาผลการเรียนรู้เรื่องการบวกและการลบของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดหนองกลางด่าน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาราชบุรี เขต 2 จำนวน 15 คน โดยใช้แผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวสอบก่อนและหลัง ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้เรื่องการบวกและการลบของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้ และมีความสามารถในการรวมในการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E อยู่ในระดับดี

กฤษฎา วรพิน (2554) ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค K-W-D-L และการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัย จำนวน 79 คน เป็นนักเรียนกลุ่มทดลอง 39 คนและกลุ่มควบคุม 40 คน โดยนักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค K-W-D-L และการใช้คำถามระดับสูง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวม

ข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค K-W-D-L และการใช้คำถามระดับสูงและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ และผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค K-W-D-L และการใช้คำถามระดับสูงมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำคือร้อยละ 50 ของคะแนนสอบทั้งฉบับ 2) นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค K-W-D-L และการใช้คำถามระดับสูง มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่า กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค K-W-D-L และการใช้คำถามระดับสูง มีความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จรรยา ชินผั่น และคงศักดิ์ ธาตุทอง (2554) ศึกษาการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์และผลงานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำโดยการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับคำถามปลายเปิด มีประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองแสงวิทยศึกษ จังหวัดอุดรธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 20 คน โดยคัดเลือกกลุ่มเป้าหมายแบบเจาะจง การแบ่งประชากรออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คนและ เลือกมาจำนวน 2 กลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนแสดงการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และสามารถนำการคิดคิดสังเคราะห์และประสบการณ์เดิมของตนเองมาใช้สร้างผลงานชิ้นใหม่ได้

จิราภรณ์ คงหนองลาน และเฉลิมพร ทองพูน. (2014) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งก่อนและหลังเรียนของนักเรียน ซึ่งเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 7 ขั้น(7E) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาได้แก่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 23 อำเภอ นครไทยจังหวัดพิษณุโลก สังกัดสำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ จำนวน 25 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โดยทำการคัดเลือกแบบเจาะจง ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) เรื่องสารละลาย จำนวน 5 ชุดกิจกรรม และ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งก่อนเรียนและหลัง

เรียนจำนวน 30 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ค่าสถิติ t-test (Dependent Samples t-test) ซึ่งผลการวิจัย พบว่าสามารถสร้างและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) เรื่องสารละลาย จำนวน 5 ชุดกิจกรรม มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.44/82.80 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ที่กำหนดไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนรู้จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) เรื่องสารละลาย มีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ผู้เรียนยังมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ ตาม กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) เรื่องสารละลาย โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

ลียานา ประทีปวัฒนพันธ์ และสมคิด อินเทพ (2015) ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ร่วมกับการเรียนแบบ STAD เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องความน่าจะเป็น ของนักเรียนห้องเรียน สสวท. ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2557 โรงเรียนสตูลวิทยา อำเภอเมืองสตูล จังหวัดสตูล โดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่มจากนักเรียนห้อง สสวท. จำนวน 2 ห้องเรียน คือ ห้อง 3/7 และ 3/8 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ร่วมกับการเรียนแบบ STAD เรื่องความน่าจะเป็น และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ผลวิจัยพบว่า (1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ร่วมกับการเรียนแบบ STAD ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพถึง 82.87 / 77.57 สอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (2) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์เฉลี่ยที่กำหนด

ชุติมา ฉุนอิม และวนินทร สุภาพ (2015) ได้ทำการวิจัย เรื่องการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของ Badham ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2557 จำนวน 27 คน โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม Badham วัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์แบบสัมภาษณ์การคิดเชิงคณิตศาสตร์และแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดเชิงคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แนะให้รู้คิด (CGI) ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของ Badham มีการคิดเชิงคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

.05 และเมื่อเปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในด้านการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การนำเสนอ
ตัวแทนความคิดของนักเรียน พบว่า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พนัส ทองปาน (2016) ศึกษาและพัฒนาชุดกิจกรรมวงจรการเรียนรู้แบบ 7E เน้น
กระบวนการคิดเชิงอภิปรายร่วมกับเทคนิค STAD และชุดกิจกรรมวงจรการเรียนรู้แบบ 5E วิชาเคมี
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปี
การศึกษา 2557 โรงเรียนบ้านม่วงพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต
23 จำนวน 80 คน แยกเป็น 2 กลุ่มทดลอง จำนวนกลุ่มละ 40 คน ใช้เกณฑ์การวัดผลความฉลาดทาง
อารมณ์ในการแบ่งระดับกลุ่มนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม คือ สูง ปานกลาง และต่ำ เครื่องมือที่ใช้ในการ
วิจัย ประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมวงจรการเรียนรู้แบบ 7E เน้นกระบวนการคิดเชิงอภิปรายร่วมกับ
เทคนิค STAD 2) ชุดกิจกรรมวงจรการเรียนรู้แบบ 5E 3) แบบทดสอบวัดการคิด
แก้ปัญหา 4) แบบทดสอบสถานการณ์วัดจิตวิทยาศาสตร์ 5) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียน 6) แบบวัดความฉลาดทางอารมณ์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบน
มาตรฐาน ค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index ; E.I.) สถิติทดสอบค่าที (t-test for
Dependent Samples, t-test for Independent Samples) การวิเคราะห์ความแปรปรวน ทาง
เดียว (One-Way ANOVA) ความแปรปรวนร่วมพหุคูณ (One-Way MANCOVA) ความแปรปรวน
ร่วมทางเดียว (One-Way ANCOVA) ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียว (One-Way MANOVA) และ
ความแปรปรวนพหุคูณสองทาง (Two-Way MANOVA)

สุรรัตน์ พะจุไทย (2559) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์โดยใช้
วิธีการสอนแบบสืบสอบ 7E ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้น
ประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ณ โรงเรียนบ้านบัวมล (เจริญราษฎร์อุทิศ)
สำนักงานเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 35 คน จากการสุ่มแบบ
กลุ่ม โดยกำหนดให้ กลุ่มควบคุมมีการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และกลุ่มทดลองมี
การเรียนด้วยวิธีการสอนแบบสืบสอบ 7E ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H ผลการวิจัยพบว่า
ทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วย วิธีการสอนแบบสืบสอบ
7E ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H รายวิชาวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยหลังการจัดการเรียนรู้สูง
กว่าก่อนจัดการเรียนรู้ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 6 กรอบแนวคิดการวิจัย

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1. การทำความเข้าใจปัญหา หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจสถานการณ์หรือปัญหา เพื่อระบุสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการทราบและข้อมูลสำคัญที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา
2. การวางแผนแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์หรือข้อมูลจากทฤษฎีวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกข้อมูลและกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบของปัญหา
3. การดำเนินการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ และคำนวณตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์จนนำไปสู่คำตอบของปัญหา
4. การสรุปและตรวจสอบความเหมาะสมของคำตอบ หมายถึง ความสามารถในการสรุปคำตอบและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ว่ามีความถูกต้องและสอดคล้องกับข้อมูลหรือเงื่อนไขที่กำหนดในสถานการณ์หรือปัญหา

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การออกแบบการวิจัย
3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
4. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
 - 4.1 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
 - 4.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย
 - 7.1 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบวัด
 - 7.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

โดยแต่ละขั้นมีรายละเอียด ดังนี้

1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมหาวิทยาลัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษา ค้นคว้า เอกสาร บทความ ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศเพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการทำการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาผลการประเมินทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดคำถามวิจัย
2. ศึกษาเอกสาร ตำรา บทความ ข้อมูลการวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยวงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงเพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์
3. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน

และร้อยละ เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลและความรู้ที่จะนำไปใช้ทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์

4. ศึกษาเนื้อหาเรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ จากหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เล่ม 2 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และหนังสืออื่น ๆ ประกอบเพิ่มเติมเพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์

5. ศึกษาตำรา บทความ เอกสาร วารสาร ข้อมูลจากหนังสือและอินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับวิธีการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ การวัดการประเมินผล งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2. การออกแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง (The One – Group Pretest Posttest Design) โดยแบบแผนการทดลองมีลักษณะ ดังนี้

ตารางที่ 8 รูปแบบการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง	การทดสอบก่อนการทดลอง O_1	ทดลอง X	การทดสอบทันทีหลังการทดลอง O_2
E	ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์		ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการทดลอง

E แทน กลุ่มทดลอง

O_1 แทน การทดสอบก่อนการทดลอง

O_2 แทน การทดสอบหลังการทดลอง

X แทน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้

แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง

3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 4 ปทุมธานี – สระบุรี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โดยการเลือกแบบเจาะจง จากการสำรวจโรงเรียนของกลุ่ม ตัวอย่าง พบว่า เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ มีการจัดการเรียนรู้แบบละความสามารภ และมี นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 15 ห้องเรียน โดยผู้วิจัยได้สุ่มเลือกนักเรียนมา 1 ห้องเรียน เพื่อใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง

4. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์

4.1 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้วงจร การเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง โดยผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งหมดให้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้ วิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 12 แผน ระยะเวลา 12 คาบ (คาบละ 50 นาที) โดยผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามรายละเอียดต่อไปนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์สาระการเรียนรู้และตัวชี้วัด วิธีการสอน หลักการสอน และ รายละเอียดของเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ โดยศึกษาจากวารสาร เอกสารประกอบการสอน หนังสือ เรียนคู่มือครูวิชาคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเอกสาร ประกอบการสอนวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
2. ศึกษาและเลือกเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ ที่เน้นการใช้ วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงซึ่งผู้วิจัยเลือกศึกษาเรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ เพราะเป็นเนื้อหาที่นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
3. พิจารณารายละเอียดของเนื้อหาแล้วแบ่งเนื้อหา เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ให้ เหมาะสมกับเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยการยึดตามการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของหลักสูตรสถานศึกษา ซึ่งแบ่งได้ทั้งหมด 12 คาบเรียน
4. เขียนแผนการจัดการเรียนการสอนรายคาบ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ จำนวน 12 แผน โดยแผนการจัดการเรียนการสอนแต่ละคาบ ประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการ

เรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ ใบกิจกรรมหรือแบบฝึกหัด ซึ่งในขั้นกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์จะประกอบด้วย 4 ขั้น คือ 1) ขั้นเตรียมความพร้อม 2) ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง 3) ขั้นฝึกทักษะ 4) ขั้นสรุปผล

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 12 แผน ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจและพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหาและให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข

6. นำแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบที่ตรวจสอบแล้วมาปรับปรุงแก้ไขและนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 9 แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เนื้อหาและจำนวนคาบของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เนื้อหา	จำนวนคาบ
1	- ความหมายของอัตราส่วน	1
2	- อัตราส่วนที่เท่ากัน	1
3	- อัตราส่วนจำนวนหลาย ๆ จำนวน (1)	1
4	- อัตราส่วนจำนวนหลาย ๆ จำนวน (2)	1
5	- สัดส่วน (1)	1
6	- สัดส่วน (2)	1
7	- ร้อยละ	1
8	- การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ	1
9	- โจทย์ปัญหาประยุกต์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ (1)	1
10	- โจทย์ปัญหาประยุกต์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ (2)	1
11	- โจทย์ปัญหาประยุกต์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ (3)	1
12	- โจทย์ปัญหาประยุกต์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ (4)	1
รวม		12

สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ผู้วิจัยสร้างกรอบแนวคิดของขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 10 กรอบแนวคิดและขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง

<p style="text-align: center;">การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง</p>
<p>1. ขั้นเตรียมความพร้อม</p> <p><u>ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase)</u> ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่บทเรียนใหม่ โดยดำเนินการ ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - ครูยกตัวอย่าง สื่อ สถานการณ์ หรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนก่อนหน้า - ครูใช้คำถามระดับสูง เช่น คำถามเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ หรือคำถามลักษณะอื่น เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดและแสดงออกถึงความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมออกมา - ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เสนอความคิดเห็น และอธิบายเกี่ยวกับความรู้เดิม
<p>2. ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้</p> <p>ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้สร้างความรู้ใหม่หรือแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเชื่อมโยงกับความรู้เดิม แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้</p> <p><u>ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)</u> เป็นขั้นที่ครูสร้างความสนใจให้นักเรียนเกิดการอยากเรียนรู้ ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมเข้าสู่บทเรียน โดยดำเนินการ ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - ครูยกตัวอย่าง สื่อ สถานการณ์ หรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนปัจจุบัน - ครูใช้คำถามระดับสูงเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ หรือใช้คำถามระดับสูงลักษณะอื่นที่เหมาะสม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนให้เกิดความสนใจและอยากเรียนรู้ พร้อมทั้งเกิดการวิเคราะห์และเชื่อมโยงบทเรียนคณิตศาสตร์ - ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เสนอความคิดเห็น และอธิบายเกี่ยวกับตัวอย่าง สื่อ สถานการณ์ หรือปัญหาที่ครูกล่าวถึง <p><u>ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)</u> ครูให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และเปิดโอกาสให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เพื่อค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหาหรือสร้างมโนทัศน์ และผลสรุปตามหลักการทางคณิตศาสตร์ โดยดำเนินการ ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 2-4 คน - ครูแจกใบกิจกรรมและจัดกิจกรรมให้นักเรียนสำรวจและค้นหา เพื่อสร้างมโนทัศน์หรือวิธีการแก้ปัญหาเป็นกลุ่มย่อย เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสมือปฏิบัติและทำงานร่วมกัน - ในระหว่างการจัดกิจกรรมครูจะใช้คำถามระดับสูงเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ หรือใช้คำถามระดับสูงลักษณะอื่นที่เหมาะสม กระตุ้นให้นักเรียนคิด สำรวจข้อมูล รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล ตรวจสอบสถานการณ์ เพื่อสร้างมโนทัศน์หรือแนวทางแก้ปัญหาโดยระบุประเด็นปัญหา วางแผน

<p style="text-align: center;">การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง</p>
<p>ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา และสรุปผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์</p> <ul style="list-style-type: none"> - ครูให้เวลานักเรียนสำรวจ ค้นหา แลกเปลี่ยนความคิด และทำกิจกรรมเกี่ยวกับงานในใบกิจกรรมที่ครูมอบหมาย <p><u>ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป</u> (Explanation Phase) ครูสนับสนุนให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และแสดงความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับมโนทัศน์ หรือวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกัน โดยดำเนินการ ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - ครูจะใช้คำถามระดับสูงเพื่อให้เกิดการประเมิน หรือใช้คำถามระดับสูงลักษณะอื่นที่เหมาะสม กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและแสดงความเข้าใจของตนเอง หรือ ให้นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ที่เกิดขึ้น - ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาและตรวจสอบมโนทัศน์และวิธีการแก้ปัญหาให้ถูกต้องและเหมาะสม ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายและแสดงแนวคิดเพิ่มเติมหรือวิธีการแก้ปัญหา เพื่อให้ได้ความรู้ที่ลึกซึ้งและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยเกี่ยวกับมโนทัศน์หรือวิธีการแก้โจทย์ปัญหา
<p>3. ขั้นฝึกทักษะ</p> <p><u>ขั้นขยายความรู้</u> (Elaboration Phase) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้และการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจในมโนทัศน์ วิธีการแก้ปัญหาให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น โดยดำเนินการ ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - ครูนำเสนอสถานการณ์หรือปัญหาอื่นที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน โดยมีลักษณะเป็นสถานการณ์ใหม่ หรือสถานการณ์เดิมที่เปลี่ยนบริบทไป เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมกับความรู้ใหม่ - ครูจะใช้คำถามเพื่อให้เกิดการสร้างสรรค์ หรือคำถามลักษณะอื่นที่เหมาะสม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิด และเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ วิธีการแก้ปัญหาให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น - ครูมอบหมายงานให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อฝึกทักษะ เพื่อเพิ่มความเข้าใจในการเรียนรู้มากขึ้น

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E
ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง

4. ขั้นสรุปทเรียน

ครูประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียน และขยายความรู้ของนักเรียน โดยให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น แบ่งเป็น 2 ขั้นย่อย ดังนี้

ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ครูจะใช้คำถามระดับสูงที่เหมาะสม เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วย การประเมินระหว่างเรียน และการประเมินสรุป โดยดำเนินการ ดังนี้

- ครูนำเสนอสถานการณ์หรือปัญหาอื่นที่มีเกี่ยวข้องกับบทเรียน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจทางโมทัศน์หรือการประยุกต์ใช้ความรู้
- ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด และใช้คำถามระดับสูงที่เหมาะสม เพื่อประเมินผลการเรียนรู้และความรู้ความเข้าใจของนักเรียน

ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่มีในบริบทใหม่หรือปัญหาใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นกว่าเดิม โดยดำเนินการ ดังนี้

- ครูมอบหมายงานให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มความเข้าใจและเกิดการเรียนรู้มากขึ้น
- ครูใช้คำถามประเภทคำถามเพื่อให้เกิดการสร้างสรรค์ หรือคำถามลักษณะอื่นที่เหมาะสม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ที่มีไปประยุกต์ใช้ ในบริบทใหม่หรือปัญหาใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นกว่าเดิม และเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย

4.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน โดยรายละเอียดขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ศึกษาความหมาย นิยามเชิงปฏิบัติการ และวิเคราะห์พฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต
2. ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากเอกสารตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต

3. กำหนดกรอบการสร้างแบบวัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ ตามคำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ตามแนวคิดของ Polya (1973) ร่วมกับ Mayer (1992); (Mayer, 2003) ได้แก่

1. การทำความเข้าใจปัญหา หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจสถานการณ์หรือปัญหา เพื่อระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและข้อมูลสำคัญที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา

2. การวางแผนแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์หรือข้อมูลจากการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกข้อมูลและกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เหมาะสมเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบของปัญหา

3. การดำเนินการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้และคำนวณตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์จนนำไปสู่คำตอบของปัญหา

4. การสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ หมายถึง ความสามารถในการสรุปคำตอบและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ว่ามีความถูกต้องและสอดคล้องกับข้อมูลหรือเงื่อนไขที่กำหนดในสถานการณ์หรือปัญหา

5. สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน ในขอบเขตเนื้อหา เรื่อง จำนวนเต็ม เลขยกกำลัง ทศนิยมและเศษส่วน โดยเป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เทอม 1 ซึ่งนักเรียนได้เรียนมาแล้ว โดยแบบวัดความสามารถทั้ง 2 ฉบับ เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 9 ข้อ เพื่อนำไปใช้จริง 6 ข้อ และเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน

6. สร้างเกณฑ์การตรวจแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยปรับปรุงจากแนวคิดของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555)

ตารางที่ 11 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.1 ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด (การทำความเข้าใจปัญหา)	
เกณฑ์การประเมิน	คะแนน
- สามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดได้ถูกต้องทั้งหมด	2
- สามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
- ไม่สามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดได้	0
1.2 ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการ (การทำความเข้าใจปัญหา)	
เกณฑ์การประเมิน	คะแนน
- สามารถระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการได้ถูกต้องทั้งหมด	2
- สามารถระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
- ไม่สามารถระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการได้	0
2.1 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (การวางแผนแก้ปัญหา)	
เกณฑ์การประเมิน	คะแนน
- สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่กำหนดให้กับสิ่งที่ต้องการแก้ปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมด	2
- สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่กำหนดให้กับสิ่งที่ต้องการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
- ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่กำหนดให้กับสิ่งที่ต้องการแก้ปัญหาได้	0
2.2 กำหนดแนวทางในการดำเนินการแก้ปัญหา (การวางแผนแก้ปัญหา)	
เกณฑ์การประเมิน	คะแนน
- สามารถวางแผนการแก้ปัญหาได้เป็นขั้นตอนและถูกต้องทั้งหมด	2
- สามารถวางแผนการแก้ปัญหาได้เป็นขั้นตอนและถูกต้องเพียงบางส่วน	1
- ไม่สามารถวางแผนการแก้ปัญหาได้	0

3.1 แสดงวิธีการแก้ปัญหา (การดำเนินการแก้ปัญหา)	
เกณฑ์การประเมิน	คะแนน
- สามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมดตรงตามที่วางแผนแก้ปัญหา	2
- สามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วนตรงตามที่วางแผนแก้ปัญหา	1
- ไม่สามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้	0
3.2 คำนวนหาคำตอบ (การดำเนินการแก้ปัญหา)	
เกณฑ์การประเมิน	คะแนน
- สามารถคำนวณตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์จนนำไปสู่คำตอบได้ถูกต้องทั้งหมด	2
- สามารถคำนวณตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์จนนำไปสู่คำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
- ไม่สามารถคำนวณตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อนำไปสู่การหาคำตอบได้	0
4.1 การสรุปคำตอบ (การสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ)	
เกณฑ์การประเมิน	คะแนน
- สามารถสรุปคำตอบได้ถูกต้องทั้งหมด	2
- สามารถสรุปคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
- ไม่สามารถสรุปคำตอบได้	0
4.2 ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ (การสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ)	
เกณฑ์การประเมิน	คะแนน
- สามารถตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบได้ถูกต้องทั้งหมดโดยตรงตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด	2
- สามารถตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบได้เพียงบางส่วนโดยตรงตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด	1
- ไม่สามารถตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบได้	0

7. นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียนเสนออาจารย์ที่ปรึกษา ตรวจสอบพิจารณาความเหมาะสมและให้ข้อเสนอแนะ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข หลังจากนั้นผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีประสบการณ์ในการสอนในโรงเรียน จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาคณิตศาสตร์ที่มีประสบการณ์ในการทำงาน จำนวน 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมใน 3 ด้าน ได้แก่ ความตรงเชิงเนื้อหา ความถูกต้อง และความเหมาะสมด้านภาษาของข้อคำถาม ซึ่งพบว่าข้อสอบบางข้อต้องได้รับการแก้ไขในส่วนของความเหมาะสมของภาษาของภาษา ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมและสิ่งที่ต้องแก้ไข ตามประเด็นต่อไปนี้ ดังนี้

1. ความเหมาะสมของภาษา ปรับภาษาและเงื่อนไขในโจทย์ให้มีความชัดเจนมากขึ้น ตัวอย่างโจทย์ที่ได้รับการปรับปรุง เช่น

ปัญหาเดิม ครอบครัวหนึ่งมีสมาชิก คือ สุขัย สุขชาติ และสุดรัก ถ้าในปัจจุบันสุขัยอายุ 32 ปี สุขชาติเป็นน้องชายของสุขัยซึ่งมีอายุห่างกัน 3 ปี และสุดรักเป็นสุนัขที่สุขัยเลี้ยงไว้ เมื่อ 5 ปีที่แล้ว สุดรักมีอายุเป็น $\frac{1}{8}$ ของสุขชาติ จงหาว่าในปัจจุบันสุดรักมีอายุต่างจากสุขัยกี่ปี

แก้ไขเป็น ณ ห้องเรียน วิชาคณิตศาสตร์ คุณครูให้นักเรียนช่วยกันตั้งโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมาชิกในครอบครัว ปรากฏว่า ได้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

“ครอบครัวหนึ่งมีสมาชิก คือ สุขัย สุขชาติ และเจ้าตูบ ถ้าในปัจจุบันสุขัยอายุ 32 ปี สุขชาติเป็นน้องชายของสุขัยซึ่งมีอายุห่างกัน 3 ปี และเจ้าตูบเป็นสุนัขที่สุขัยเลี้ยงไว้ เมื่อ 5 ปีที่แล้ว เจ้าตูบมีอายุเป็น $\frac{1}{8}$ ของสุขชาติ”

คุณครูอยากทราบว่า ในปัจจุบันเจ้าตูบมีอายุต่างจากสุขัยกี่ปี

ปัญหาเดิม ในวันที่ 1 ม.ค. 2562 นางพาฝันกู้เงินจากธนาคาร จำนวน 8 ล้านบาท ซึ่งธนาคารคิดอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ 3.5% ต่อปี โดยมีสัญญากู้เงินระบุให้ชำระดอกเบี้ยปีละครั้ง คือ ทุกวันที่ 1 ม.ค. ของปีถัดไป เป็นเวลา 5 ปี

นางพาฝันชำระดอกเบี้ยทุกปีตามกำหนด และเมื่อครบกำหนดตามสัญญาเงินกู้ นางพาฝันชำระเงินคืนแก่ธนาคารทั้งหมดเท่าไร (โดยให้เขียนคำตอบในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์)

แก้ไขเป็น บ้านของเด็กหญิงพาขวัญประกอบธุรกิจแล้วเกิดภาวะขาดทุน จึงต้องขอกู้เงินจากธนาคาร ต่อมาในวันที่ 1 ม.ค. 2562 นางพาฝัน (มารดา) มากู้เงินจากธนาคาร จำนวน 8

ล้านบาท ซึ่งธนาคารคิดอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ 3.5% ต่อปี โดยมีสัญญากู้เงินระบุให้ชำระดอกเบี้ยปีละครั้ง คือ ทุกวันที่ 1 ม.ค. ของปีถัดไป เป็นเวลา 5 ปี

เด็กหญิงพาขวัญสงสัยว่า ถ้าชำระดอกเบี้ยทุกปีตามกำหนด และเมื่อครบกำหนดตามสัญญาเงินกู้ นางพาฝันชำระเงินคืนแก่ธนาคารทั้งหมดเท่าไร (โดยให้เขียนคำตอบในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์)

2. ปรับสถานการณ์ในโจทย์ให้มีความสมจริงมากขึ้น ตัวอย่างโจทย์ที่ได้รับการปรับปรุง เช่น

ปัญหาเดิม ปี 2018 ประชากรโลกมีประมาณ 7.6×10^9 คน องค์กรสหประชาชาติได้ประเมินไว้ว่าจะมีประชากรเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี ปีละเท่า ๆ กัน ต่อมาในปี 2023 มีประชากรโดยประมาณทั้งสิ้น 8.02×10^9 คน อยากทราบว่า องค์กรสหประชาชาติประเมินไว้ว่าจะมีประชากรเพิ่มขึ้นทุกปี ปีละกี่คน (โดยให้เขียนคำตอบในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์)

แก้ไขเป็น เด็กชาย ประกร เรียนวิชาอาเซียนศึกษา แล้วพบว่าในปี 2018 ประชากรโลกมีประมาณ 7.6×10^9 คน โดยองค์กรสหประชาชาติได้ประเมินไว้ว่าจะมีประชากรเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี ปีละเท่า ๆ กัน ต่อมาในปี 2023 มีประชากรโดยประมาณรวม 8.02×10^9 คน

หลังจากจบคาบเรียน คุณครูให้การบ้านจำนวนหนึ่งข้อ คือ จงหาว่าองค์กรสหประชาชาติประเมินไว้ว่าจะมีประชากรเพิ่มขึ้นทุกปี ปีละกี่คน (โดยให้เขียนคำตอบในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์)

ปัญหาเดิม ป้ามะลิมีอายุระหว่าง 40 ปี ถึง 60 ปี ปีนี้อายุของป้ามะลิ หารด้วย 6 ลงตัว แต่ปีหน้าจะหารด้วย 7 ลงตัว ถ้าป้ามะลิมีหลานชาย 2 คน คือ เอและบี โดยเอเป็นหลานชายคนโต บีเป็นหลาน ชายคนเล็ก ซึ่งเมื่อสี่ปีที่แล้ว บีมีอายุห่างจากป้ามะลิ 39 ปี 8 เดือน และเอมีอายุห่างจากบี 4 ปี 3 เดือน จงหาในปัจจุบัน เอ มีอายุน้อยกว่าป้ามะลิกี่ปี

แก้ไขเป็น คุณครูต้องการให้คะแนนพิเศษ เพื่อใช้เป็นคะแนนเก็บในวิชาคณิตศาสตร์ โดยให้นักเรียนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวนหนึ่งข้อ ซึ่งมีเงื่อนไขว่า ถ้านักเรียนคนใดตอบถูกและแสดงวิธีทำได้ถูกต้องจะได้คะแนนเพิ่ม 5 คะแนน

คำถาม : ป้ามะลิมีอายุระหว่าง 40 ปี ถึง 60 ปี ปีนี้อายุของป้ามะลิ หารด้วย 6 ลงตัว แต่ปีหน้าจะหารด้วย 7 ลงตัว ถ้าป้ามะลิมีหลานชาย 2 คน คือ เอและบี โดยเอเป็นหลานชายคนโต บีเป็นหลาน ชายคนเล็ก ซึ่งเมื่อสี่ปีที่แล้ว บีมีอายุห่างจากป้ามะลิ 39 ปี 8 เดือน และเอมีอายุห่างจากบี 4 ปี 3 เดือน จงหาในปัจจุบัน เอ มีอายุน้อยกว่าป้ามะลิ กี่ปี

8. นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว จำนวน 6 ข้อ ไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ในโรงเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง และผ่านการเรียนเรื่อง จำนวนเต็ม เลขยกกำลัง ทศนิยมและเศษส่วน มาแล้ว จำนวน 38 คน และ นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว จำนวน 6 ข้อ ไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ในโรงเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและผ่านการเรียนเรื่อง จำนวนเต็ม เลขยกกำลัง ทศนิยมและเศษส่วน มาแล้ว จำนวน 38 คน จากนั้นนำมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด

9. นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความเที่ยงตรงของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยมีเกณฑ์ความเที่ยงตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป แล้วนำมาหาค่าความยากซึ่งต้องอยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกต้องมีค่า 0.20 ขึ้นไป ซึ่งผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบวัด ดังนี้

คุณภาพแบบวัด	ฉบับก่อนเรียน	ฉบับหลังเรียน
ค่าความเที่ยง	0.896	0.816
ค่าความยาก	0.51 – 0.63	0.46 – 0.68
ค่าอำนาจจำแนก	0.33 – 0.55	0.25 – 0.39

10. นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียนที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 6 ข้อ ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองสอนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเองโดยผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

5.1 ขั้นเตรียมการก่อนการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง
2. ผู้วิจัยจัดเตรียม สื่อ อุปกรณ์ และเอกสาร ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกลุ่มตัวอย่าง

3. ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการทำวิจัยจากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่มัธยมศึกษาเขต 4 ปทุมธานี - สระบุรี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

5.2 ขั้นตอนการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลเชิงสถิติ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ในระยะก่อนการทดลอง โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน โดยใช้เวลาในการทำแบบวัด 60 นาที

ผู้วิจัยตรวจให้คะแนน ตามเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 11 พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 38.51 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 11.22 และผู้วิจัยวิเคราะห์ผลโดยพิจารณาจำแนกตามระดับของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งมีคะแนนรวมแต่ละฉบับ 96 คะแนน จำแนกเป็น 4 ด้าน ด้านละ 24 คะแนน และสุ่มนักเรียนมาสัมภาษณ์โดยจำแนกตามระดับความสามารถ คือ ระดับปรับปรุง ปานกลาง ดี และดีมาก ระดับละ 1 คน

2. ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง โดยสอนตามชั่วโมงปกติของโรงเรียน เนื้อหาที่ใช้สอน คือ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ โดยการสอน 3 คาบต่อสัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 12 คาบเรียน (คาบเรียนละ 50 นาที) ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

3. หลังจากดำเนินการสอนตามแบบแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จนครบ 12 แผน ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นเวลา 60 นาที

ผู้วิจัยตรวจให้คะแนน ตามเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 11 พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตหลังเรียนเท่ากับ 59.474 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 11.56 วิเคราะห์ผลโดยพิจารณาจำแนกตามระดับของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และสุ่มนักเรียนมาสัมภาษณ์โดยจำแนกตามระดับความสามารถ คือ ระดับปรับปรุง ปานกลาง ดี และดีมาก ระดับละ 1 คน อีกครั้งโดยไม่ซ้ำคน

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ในระยะก่อนการทดลองโดยผู้วิจัยได้ดำเนินการ

เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยผู้วิจัยนำคะแนนจากการตรวจแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ร้อยละ ค่าความถี่ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) เพื่อบรรยายความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (paired samples t-test)

6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งในภาพรวมและตามองค์ประกอบย่อยของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยผู้วิจัยสังเกตและศึกษาพฤติกรรมของนักเรียนด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในภาพรวมและองค์ประกอบย่อย จากร่องรอยการทำงานของนักเรียนในใบกิจกรรม แบบฝึกหัด การตอบคำถามในชั้นเรียน

ผู้วิจัยนำข้อมูลนำข้อมูลจากหลักฐาน ร่องรอย การตอบคำถามจากใบกิจกรรม แบบฝึกหัด แบบสัมภาษณ์ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน มาทำการวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อศึกษาและใช้ประกอบการอธิบายผลที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติเป็นส่วนหนึ่งในการวิเคราะห์ โดยรายละเอียดของสถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบวัด

1.1 หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้อง
	ΣR	แทน	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

(พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544)

1.2 หาค่าความเที่ยง (Reliability) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient: α) ของ Cronbach ดังนี้

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k s_i^2}{s_t^2} \right)$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าความเที่ยงของแบบวัด
	k	แทน	จำนวนข้อในแบบวัด
	s_i^2	แทน	ความแปรปรวนของข้อสอบในแต่ละข้อ
	s_t^2	แทน	ความแปรปรวนของข้อสอบทั้งฉบับ

(พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544)

1.3 หาค่าความยากง่าย (Difficulty Index: p) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers ดังนี้

$$P = \frac{s_h + s_l - (n_t)(x_{\min})}{(n_t)(x_{\min} - x_{\max})}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยาก
	S_h	แทน	ผลของคะแนนกลุ่มสูง
	s_l	แทน	ผลของคะแนนกลุ่มต่ำ
	x_{\max}	แทน	คะแนนสูงสุดที่ได้
	x_{\min}	แทน	คะแนนต่ำสุดที่ได้
	n_t	แทน	จำนวนคนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำรวมกัน

(พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544)

1.4 หาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination: r) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers ดังนี้

$$r = \frac{S_h - S_l}{(n_h)(X_{\min} - X_{\max})}$$

เมื่อ	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	S_h	แทน	ผลของคะแนนกลุ่มสูง
	S_l	แทน	ผลของคะแนนกลุ่มต่ำ
	X_{\max}	แทน	คะแนนสูงสุดที่ได้
	X_{\min}	แทน	คะแนนต่ำสุดที่ได้
	n_h	แทน	จำนวนคนกลุ่มสูง

(พร้อมพรรณ อุตมสิน, 2544)

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และวิเคราะห์ค่า T Test (t-Paired Samples Test) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป เพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ SPSS (Statistical Package for Social Science)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมมาวิเคราะห์และนำเสนอผลการวิเคราะห์เป็น 3 ตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโรงเรียน ครู และนักเรียน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งในภาพรวมและตามองค์ประกอบย่อยของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนและหลังเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละตอนมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโรงเรียน ครู และนักเรียน

1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโรงเรียน

โรงเรียนที่ผู้วิจัยใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 4 ปทุมธานี - สระบุรี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ปัจจุบันโรงเรียนเปิดสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (ช่วงชั้นที่ 3) จำนวน 45 ห้องเรียนและระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ช่วงชั้นที่ 4) จำนวน 45 ห้องเรียน แต่ละห้องมีจำนวนนักเรียนประมาณ 35-40 คน

เอกลักษณ์ของโรงเรียน คือ เรียนดี กิจกรรมเด่น เน้นคุณธรรม

พันธกิจของโรงเรียน มี 7 ข้อ ดังนี้

1. ปลุกฝังให้ผู้เรียน มีความสามัคคีในหมู่คณะ รักและเชิดชูเกียรติภูมิแห่งสถาบัน มีบุคลิกภาพ ความเป็นผู้นำและมีค่านิยมที่พึงประสงค์

2. ส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้มีความเป็นเลิศทางวิชาการระดับชาติ ระดับนานาชาติ และสามารถสื่อสารได้อย่างน้อย 2 ภาษา

3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นคนดี มีคุณธรรม จริยธรรม และเป็นแบบอย่างที่ดีในสังคม มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และรับผิดชอบต่อสังคมโลก

4. พัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความสามารถในการอ่าน เขียน คิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ มีวิสัยทัศน์ ผลิตงานอย่างสร้างสรรค์ สามารถสร้างองค์ความรู้เพื่อบูรณาการในการพัฒนา ตนเอง พัฒนางานและศึกษาต่อในสถาบันระดับอุดมศึกษา

5. มุ่งเน้นให้ผู้เรียนทุกคนมีทักษะและศักยภาพในการใช้คอมพิวเตอร์ สื่อและเทคโนโลยีสารสนเทศ ในการแสวงหาและสร้างองค์ความรู้ได้ตามศักยภาพ

6. ส่งเสริมและพัฒนาครูให้มีความรู้ ความสามารถ ในวิชาชีพครูและเป็นครูมืออาชีพ เทียบเคียงกับมาตรฐานสากล

7. บริหารจัดการศึกษาโดยใช้โรงเรียนเป็นฐาน จัดสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการทำงานและการบริการ มุ่งเน้นให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเข้ามามีส่วนร่วม มีการกำกับติดตามและตรวจสอบคุณภาพการบริหารจัดการศึกษาอย่างต่อเนื่อง

เป้าประสงค์ของโรงเรียน มี 5 ข้อ ดังนี้

1. มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีความเป็นเลิศทางวิชาการ สื่อสารได้อย่างน้อยสองภาษา ล้ำหน้าทางความคิด ผลิตงานอย่างสร้างสรรค์ และร่วมกันรับผิดชอบต่อสังคมโลก

2. มุ่งพัฒนานักเรียนให้เป็นคนดี มีค่านิยมที่ดีงาม เป็นผู้นำ เป็นที่ยอมรับ ใช้ชีวิตในสังคมอย่างมีความสุข

3. มุ่งพัฒนาครู ให้เป็นครูมืออาชีพ ทันสมัยและทำวิจัยเพื่อการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน

4. มุ่งพัฒนาระบบบริหารจัดการศึกษาด้วยระบบคุณภาพตามกรอบเกณฑ์คุณภาพโรงเรียนมาตรฐานสากลและส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการศึกษา

5. ผ่านการประเมินเป็นโรงเรียนมาตรฐานสากล ภายในปีการศึกษา 2554

1.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับครูและภาระงาน

ในปีการศึกษา 2562 โรงเรียนมีครูทั้งหมด 195 คน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ฝ่ายบริหารจำนวน 5 คน

2. ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย จำนวน 18 คน

3. ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 33 คน
4. ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม จำนวน 15 คน
5. ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้สุขศึกษาและพลศึกษา จำนวน 11 คน
6. ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ จำนวน 11 คน
7. ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ จำนวน 13 คน
8. ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ จำนวน 29 คน
9. ครูในศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร จำนวน 11 คน
10. หัวหน้าห้องสมุด จำนวน 1 คน
11. ครูแนะแนว จำนวน 6 คน
12. ครูพิเศษ จำนวน 16 คน
13. ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์จำนวน 26 คน ซึ่งสำเร็จการศึกษาระดับ

ปริญญาตรีจำนวน 18 คน และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทจำนวน 8 คน

ด้านภาระงานในการสอนของครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ภาระงานหลัก คือ การสอนในรายวิชาคณิตศาสตร์โดยเฉลี่ยประมาณคนละ 15 คาบต่อสัปดาห์ ส่วนภาระงานอื่นที่นอกเหนือจากการสอน เช่น งานวัดและประเมินผลทางการศึกษา งานประกันคุณภาพ การศึกษา กิจกรรมพัฒนาผู้เรียน ซึ่งมีเจ้าหน้าที่ธุรการหรือเจ้าหน้าที่ประจำในงานด้านเอกสารมาช่วยแบ่งเบาภาระงาน

1.3 ข้อมูลทั่วไปของนักเรียน

โรงเรียนมีจำนวนนักเรียนจำนวน 3,246 คน ในปีการศึกษา 2562 มีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 546 คน ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 35 คน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ผู้วิจัยขอเสนอ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ออกเป็น 2 ส่วน คือ การนำเสนอผลในภาพรวมและการนำเสนอผลโดยการพิจารณาเป็นรายด้าน ดังนี้

2.1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในภาพรวมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ผู้วิจัยขอเสนอผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยนำคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน ไปหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และค่า t (paired sample t-test) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และค่า t (paired sample t-test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ทั้งหมด 35 คน

กลุ่มตัวอย่าง	n	\bar{X}	S	t	Sig
ก่อนเรียน	35	38.51	11.22	7.33	0.00*
หลังเรียน	35	58.49	9.46		

* $p < .05$

จากตารางที่ 12 พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 38.51 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 11.22 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตหลังเรียนเท่ากับ 58.49 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 9.46 และผลการทดสอบค่า t

เท่ากับ 7.33 สรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยพิจารณาเป็นรายด้านของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยพิจารณาแยกเป็นรายด้าน 4 ด้าน คือ ด้านที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา ด้านที่ 2 การวางแผนแก้ปัญหา ด้านที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา และด้านที่ 4 การสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ โดยนำคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน ไปหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และค่าที (paired sample t-test) ได้ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และค่าที (paired sample t-test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงโดยจำแนกเป็นรายด้าน ทั้งหมด 35 คน

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	Sig
		\bar{X}	S	\bar{X}	S		
ด้านที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา	16	14.80	3.86	20.86	1.77	7.64	0.00*
ด้านที่ 2 การวางแผนแก้ปัญหา	16	10.26	4.11	14.80	3.29	5.53	0.00*
ด้านที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา	16	8.43	3.83	13.23	3.70	5.36	0.00*
ด้านที่ 4 การสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ	16	4.89	3.72	9.80	3.34	5.55	0.00*
รวม	96	38.51	11.22	58.49	9.46	7.33	0.00*

*p<.05

จากตารางที่ 13 พบว่าคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 14.80 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.86 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตหลังเรียนเท่ากับ 20.86 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.77 และผลการทดสอบค่าที (t-test) เท่ากับ 7.64 สรุปได้ว่า ความสามารถในการ

แก้ปัญหาด้านจิตศาสตร์ด้านที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาด้านจิตศาสตร์ ด้านที่ 2 การวางแผนแก้ปัญหานักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 10.26 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.11 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตหลังเรียนเท่ากับ 14.80 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.29 และผลการทดสอบค่าที (t-test) เท่ากับ 5.53 สรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาด้านจิตศาสตร์ด้านที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาด้านจิตศาสตร์ ด้านที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหานักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 8.43 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.83 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตหลังเรียนเท่ากับ 13.23 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.70 และผลการทดสอบค่าที (t-test) เท่ากับ 5.36 สรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาด้านจิตศาสตร์ด้านที่ 3 ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาด้านจิตศาสตร์ ด้านที่ 4 การสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 4.89 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.72 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตหลังเรียนเท่ากับ 9.80 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.34 และผลการทดสอบค่าที (t-test) เท่ากับ 5.55 สรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาด้านจิตศาสตร์ด้านที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งในภาพรวมและตามองค์ประกอบย่อยของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนและหลังเรียน

ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งในภาพรวมและตามองค์ประกอบย่อยของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนและหลังเรียน ออกเป็น 5 ส่วน คือ การนำเสนอผลในภาพรวมและการนำเสนอผลโดยการพิจารณาตามองค์ประกอบย่อยอีก 4 ด้าน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ผู้วิจัยวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แยกตามองค์ประกอบย่อยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงของกลุ่มตัวอย่าง ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งผู้วิจัยวิเคราะห์แยกศึกษาตามองค์ประกอบย่อย 4 ด้าน ดังนี้

1) ด้านที่ 1 ความสามารถของนักเรียนในการวิเคราะห์เพื่อทำความเข้าใจปัญหา ซึ่งเป็นความสามารถในการทำความเข้าใจสถานการณ์หรือปัญหาเพื่อระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและข้อมูลสำคัญที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา

2) ด้านที่ 2 ความสามารถของนักเรียนในการวางแผนแก้ปัญหา ซึ่งเป็นความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์หรือข้อมูลจากการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกข้อมูลและกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เหมาะสมเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบของปัญหา

3) ด้านที่ 3 ความสามารถของนักเรียนในการดำเนินการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้และคำนวณตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์จนนำไปสู่คำตอบของปัญหา

4) ด้านที่ 4 ความสามารถของนักเรียนในการสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ซึ่งเป็นความสามารถในการสรุปคำตอบและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบว่ามีความถูกต้องและสอดคล้องกับข้อมูลหรือเงื่อนไขที่กำหนดในสถานการณ์หรือปัญหา

ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลโดยพิจารณาจำแนกระดับของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในภาพรวมเป็น ระดับดีมาก ระดับดี ระดับปานกลาง และระดับปรับปรุง โดยนำคะแนน

ที่ได้จากคะแนนรวมของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียน (คะแนนเต็ม 96 คะแนน) และหลังเรียน (คะแนนเต็ม 96 คะแนน) มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้

ระดับดีมาก	คือ	นักเรียนที่ได้คะแนนรวม 72.01-96.00 คะแนน
ระดับดี	คือ	นักเรียนที่ได้คะแนนรวม 48.01-72.00 คะแนน
ระดับปานกลาง	คือ	นักเรียนที่ได้คะแนนรวม 24.01-48.00 คะแนน
ระดับปรับปรุง	คือ	นักเรียนที่ได้คะแนนรวม 0.00-24.00 คะแนน

3.1 ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งในภาพรวมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนและหลังเรียน

ผู้วิจัยขอเสนอผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในภาพรวม แสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในภาพรวม

ช่วงเวลา การวิเคราะห์ ข้อมูล	n	ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์							
		ปรับปรุง		ปานกลาง		ดี		ดีมาก	
		n	ร้อยละ	n	ร้อยละ	n	ร้อยละ	n	ร้อยละ
ก่อนทดลอง	35	4	11.43	23	65.71	8	22.86	0	0.00
หลังทดลอง	35	0	0.00	6	17.14	27	77.14	2	5.72

จากตารางที่ 14 พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในภาพรวม ระยะก่อนการทดลอง มีนักเรียนอยู่ในระดับปานกลางจำนวนมากที่สุด 23 คน (ร้อยละ 65.71) รองลงมาคือระดับดีมีจำนวน 8 คน (ร้อยละ 22.86) ระดับปรับปรุงมีจำนวน 4 คน (ร้อยละ 11.43) มีข้อสังเกตว่า ไม่มีนักเรียนอยู่ในระดับดีมาก และระยะหลังการทดลอง พบว่า มีนักเรียนอยู่ในระดับดีจำนวนมากที่สุด 27 คน (ร้อยละ 77.14) รองลงมาคือระดับปานกลางมีจำนวน 6 คน (ร้อยละ 17.14) ระดับดีมากมีจำนวน 2 คน (ร้อยละ 5.72) และมีข้อสังเกตว่า ไม่มีนักเรียนอยู่ในระดับปรับปรุง

เมื่อเปรียบเทียบในระยะก่อนการทดลองและระยะหลังการทดลอง จะเห็นว่า ในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง รองลงมาคือระดับดีและไม่มีนักเรียนคนใดอยู่ใน

ระดับดีมาก ต่อมาในระยะหลังการทดลองนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีขึ้น คือ นักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงระดับมาอยู่ในระดับดีจำนวนมากขึ้น มีนักเรียนบางคนเปลี่ยนแปลงระดับมาอยู่ในระดับดีมาก และไม่มีนักเรียนอยู่ในระดับปรับปรุง

ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลโดยพิจารณาจำแนกระดับของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ในแต่ละด้านเป็น ระดับดีมาก ระดับดี ระดับปานกลาง และระดับปรับปรุง โดยนำคะแนนที่ได้จากคะแนนรวมในแต่ละด้านของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียน (คะแนนเต็ม 24 คะแนน) และ หลังเรียน (คะแนนเต็ม 24 คะแนน) มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้

ระดับดีมาก	คือ	นักเรียนที่ได้คะแนนรวม 18.01-24.00 คะแนน
ระดับดี	คือ	นักเรียนที่ได้คะแนนรวม 12.01-18.00 คะแนน
ระดับปานกลาง	คือ	นักเรียนที่ได้คะแนนรวม 6.01-12.00 คะแนน
ระดับปรับปรุง	คือ	นักเรียนที่ได้คะแนนรวม 0.00-6.00 คะแนน

ผู้วิจัยนำเสนอผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในการจำแนกตามองค์ประกอบย่อยเป็นรายด้าน 4 ด้าน ดังนี้

3.2 ผลการศึกษาศักยภาพความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามองค์ประกอบย่อยด้านที่ 1 ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนและหลังเรียน

ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการศึกษาศักยภาพความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามองค์ประกอบย่อยด้านที่ 1 แสดงดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงจำนวนและร้อยละของจำนวนนักเรียนในด้านที่ 1 ความสามารถของนักเรียนในการวิเคราะห์เพื่อทำความเข้าใจปัญหา จำแนกตามระดับความสามารถโดยเปรียบเทียบระหว่างระยะก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

ช่วงเวลา การวิเคราะห์ ข้อมูล	n	ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ด้านที่ 1							
		ปรับปรุง		ปานกลาง		ดี		ดีมาก	
		n	ร้อยละ	n	ร้อยละ	n	ร้อยละ	n	ร้อยละ
ก่อนทดลอง	35	1	2.86	9	25.71	19	54.29	6	17.14
หลังทดลอง	35	0	0.00	0	0.00	4	11.43	31	88.57

จากตารางที่ 15 พบว่า ในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 1 (ความสามารถของนักเรียนในการวิเคราะห์เพื่อทำความเข้าใจปัญหา) อยู่ในระดับดีจำนวนมากที่สุด 19 คน (ร้อยละ 54.29) รองลงมาคือระดับปานกลางมีจำนวน 9 คน (ร้อยละ 25.71) ระดับดีมากมีจำนวน 6 คน (ร้อยละ 17.14) และ ระดับปรับปรุงมีจำนวน 1 คน (ร้อยละ 2.86) และระยะหลังการทดลอง พบว่า นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับดีมากจำนวนมากที่สุด 31 คน (ร้อยละ 88.57) รองลงมาคือระดับดีมีจำนวน 4 คน (ร้อยละ 11.46) โดยมีข้อสังเกตว่า ไม่มีนักเรียนคนใดอยู่ในระดับ ปานกลางหรือปรับปรุงเลย

สำหรับการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้านที่ 1 พบว่า ในภาพรวมนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มีการเปลี่ยนแปลงของระดับความสามารถในด้านที่ 1 ในทิศทางที่ดีขึ้น โดยในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนส่วนมากแม้จะสามารถระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการได้บ้าง แต่ยังขาดความชัดเจนหรือยังระบุได้ไม่ครบถ้วน และนักเรียนบางคนยังระบุข้อมูลที่เกินความจำเป็นในการแก้ปัญหา โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลางหรือดี ต่อมาภายหลังที่นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ทำให้นักเรียนทุกคนมีความสามารถอยู่ในระดับดีหรือดีมาก โดยไม่มีนักเรียนคนใดอยู่ในระดับปรับปรุงหรือ ปานกลางเลย ซึ่งนักเรียนที่มีความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุงสามารถพัฒนาความสามารถแบบข้ามระดับไปอยู่ในระดับดีหรือดีมาก เช่น นักเรียน A ที่ในระยะก่อนการทดลองมีความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุง แต่ในระยะหลังการทดลองมีความสามารถอยู่ในระดับดีมาก ดังภาพที่ 7 และ ภาพที่ 8

ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน A ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 1 อยู่ในระดับปรับปรุง ในระยะก่อนการทดลอง

2.1 ให้นักเรียนระบุข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหา (นักเรียนสามารถเขียนคำตอบเพิ่มเติมด้านล่างข้อได้ ในกรณีที่พื้นที่ไม่เพียงพอ)

- ☐ เวลาที่เด็กชายศรีณัยใช้ในการเล่นเกม.....
- ☐
- ☐
- ☐

2.2 ให้นักเรียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

- ☐ ค่าเฉลี่ยราคาของเสื้อ.....

ภาพที่ 8 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน A ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 1 อยู่ในระดับดีมาก ในระยะหลังการทดลอง

<p>1.1 ให้นักเรียนระบุข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหา (นักเรียนสามารถเขียนคำตอบเพิ่มเติมด้านล่างข้อได้ ในกรณีที่พื้นที่ไม่เพียงพอ)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ อุณหภูมิในแต่ละเวลา ○ ลู่วิ่งที่ใช้ในการคำนวณ ○ ○
<p>1.2 ให้นักเรียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ อุณหภูมิของเมือง Los Angeles ในเวลา 19:00 ในส่วนของสถานีรถไฟ

จากภาพที่ 7 และ ภาพที่ 8 พบว่า ในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบเพียงคำว่า “เวลาที่เด็กชายศรัณย์ใช้ในการเล่นเกม” ซึ่งยังเป็นข้อมูลที่ไม่ครบถ้วนและไม่เพียงพอสำหรับการแก้ปัญหา และยังขาดข้อมูลสำคัญอื่น ๆ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราค่าบริการ และในส่วนที่ให้ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบที่ระบุว่า “ค่าบริการที่ต้องเสีย” นั้น นักเรียนยังระบุได้ไม่ครบถ้วน โดยขาดข้อมูลที่เจาะจง คือ เวลาที่ใช้เล่นเกมส์ นอกจากนี้สำหรับการตอบคำถามในข้ออื่น ๆ นักเรียนไม่ได้แสดงร่องรอยของการเขียนคำตอบ แต่หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ทำให้นักเรียน A สามารถระบุข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหาและสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ด้วยภาษาของตนเองได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ จึงทำให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านการทำความเข้าใจปัญหาดีขึ้นแบบข้ามระดับจากปรับปรุงเป็นระดับดีมาก

นอกจากนี้ นักเรียนบางคนมีการเปลี่ยนแปลงความสามารถแบบข้ามระดับจากปานกลางไปเป็นระดับดีมาก เช่น นักเรียน B ดังภาพที่ 9 และ ภาพที่ 10

ภาพที่ 9 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน B ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 1 อยู่ในระดับปานกลาง ในระยะก่อนการทดลอง

5.1 ให้นักเรียนระบุข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหา (นักเรียนสามารถเขียนคำตอบเพิ่มเติมด้านล่างข้อได้ ในกรณีที่พื้นที่ไม่เพียงพอ)

-
-
-
-

5.2 ให้นักเรียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

- เจ้าตูบมีอายุต่างจากสุนัขกี่ปี

ภาพที่ 10 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน B ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 1 ที่อยู่ในระดับดีมาก ในระยะหลังการทดลอง

2.1 ให้นักเรียนระบุข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหา (นักเรียนสามารถเขียนคำตอบเพิ่มเติมด้านล่างข้อได้ ในกรณีที่พื้นที่ไม่เพียงพอ)

- หน่วยที่ 1-150 เสียหน่วยละ 4 บาท หน่วยที่ 150-400 หน่วย 401 บาท
- คำนวนค่า Ft
- อัตราไฟฟ้าของเดือนที่เลว
- อัตราไฟฟ้าของเดือนที่ดี

2.2 ให้นักเรียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

- เงินเดือนที่ต้องเสียค่าไฟฟ้ามากกว่าเดือนที่เลวเท่าใด

จากภาพที่ 9 และ ภาพที่ 10 พบว่า ในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนไม่ได้ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและไม่ได้แสดงร่องรอยของการเขียนคำตอบ ทำให้ขาดข้อมูลสำคัญอื่น ๆ เช่น อายุในปัจจุบันของสุนัขและสุนัข และอายุเจ้าตูบเมื่อ 5 ปีที่แล้ว แต่ในส่วนที่ให้ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ นักเรียนสามารถระบุข้อมูลได้ถูกต้องและครบถ้วน คือ “เจ้าตูบมีอายุต่างจากสุนัขกี่ปี” นอกจากนี้ นักเรียนได้ลงมือทำข้อสอบในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน จำนวน 3 ข้อ จากทั้งหมด 6 ข้อ ซึ่งอีก 3 ข้อที่เหลือ นักเรียนไม่ได้แสดงร่องรอยของการเขียนคำตอบ แต่หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้

คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ทำให้นักเรียน B สามารถระบุข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหาและสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบด้วยภาษาของตนเองได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ นอกจากนี้สำหรับการเขียนตอบคำถามข้อสอบในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน ในข้ออื่น ๆ นักเรียนสามารถระบุข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหาและสิ่งที่โจทย์ต้องการได้ครบทั้ง 6 ข้อ จึงทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านการทำความเข้าใจปัญหาดีขึ้น แบบข้ามระดับจากปานกลางเป็นระดับดีมาก

3.3 ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามองค์ประกอบย่อยด้านที่ 2 ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนและหลังเรียน

ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามองค์ประกอบย่อยด้านที่ 2 แสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนในด้านที่ 2 ความสามารถของนักเรียนในการวางแผนแก้ปัญหา จำแนกตามระดับความสามารถโดยเปรียบเทียบระหว่างระยะก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

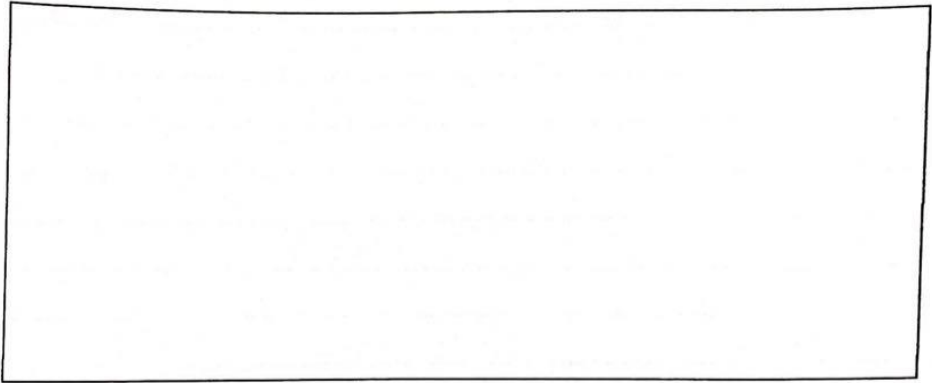
ช่วงเวลา การวิเคราะห์ ข้อมูล	n	ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ด้านที่ 2							
		ปรับปรุง		ปานกลาง		ดี		ดีมาก	
		n	ร้อยละ	n	ร้อยละ	n	ร้อยละ	n	ร้อยละ
ก่อนทดลอง	35	7	20.00	19	54.29	8	22.85	1	2.86
หลังทดลอง	35	0	0.00	9	25.71	21	60.00	5	14.29

จากตารางที่ 16 พบว่า ในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ด้านที่ 2 (ความสามารถของนักเรียนในการวางแผนแก้ปัญหา) อยู่ในระดับปานกลาง จำนวนมากที่สุด 19 คน (ร้อยละ 54.29) รองลงมาคือระดับดีมีจำนวน 8 คน (ร้อยละ 22.85) ระดับปรับปรุงมีจำนวน 7 คน (ร้อยละ 20.00) และ ระดับดีมากมีจำนวนเพียง 1 คน (ร้อยละ 2.86) และ ระยะหลังการทดลอง พบว่า นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับดีมีจำนวนมากที่สุด 21 คน (ร้อยละ 60.00) รองลงมาคือระดับปานกลางจำนวน 9 คน (ร้อยละ 25.71) ระดับดีมากมีจำนวน 5 คน (ร้อยละ 14.29) โดยมีข้อสังเกตว่า ไม่มีนักเรียนคนใดอยู่ในระดับปรับปรุงเลย

สำหรับการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้านที่ 2 พบว่า ในภาพรวมนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มีการเปลี่ยนแปลงของระดับความสามารถในด้านที่ 2 ในทิศทางที่ดีขึ้น โดยในระย่ก่อนการทดลอง นักเรียนส่วนมากไม่สามารถเขียนหรือวาดภาพแสดงความสัมพันธ์ของ ข้อมูลได้ และยังกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาได้ไม่ชัดเจนเท่าที่ควร แต่มีนักเรียนบางคนที่สามารถ กำหนดแนวทางได้ชัดเจนและสมบูรณ์ โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลางหรือ ดี และมีนักเรียนเพียงคนเดียวที่อยู่ระดับดีมาก ต่อมาภายหลังที่นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ทำให้นักเรียนมีส่วน ใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับดี และนักเรียนที่มีความสามารถอยู่ในระดับดีและดีมากมีจำนวนมา กขึ้น ระดับปานกลางมีจำนวนลดลง และไม่มีนักเรียนคนใดอยู่ในระดับปรับปรุงเลย ซึ่งนักเรียนที่มี ความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุงสามารถพัฒนาความสามารถแบบข้ามระดับไปอยู่ในระดับดีหรือดี มาก เช่น นักเรียน C ที่ในระย่ก่อนการทดลองมีความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุง แต่ในระย่หลัง การทดลองมีความสามารถอยู่ในระดับดีมาก ดังภาพที่ 11 และ ภาพที่ 12

ภาพที่ 11 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน C ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 2 อยู่ในระดับปรับปรุง ในระย่ก่อนการทดลอง

2.3 จากข้อมูลที่ได้รับในข้อ 2.1 และ 2.2 ให้นักเรียนเขียนหรือวาดภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ จำเป็นในการแก้ปัญหา



2.4 จากความสัมพันธ์ที่ได้จากข้อ 2.3 ให้นักเรียนเขียนแนวทางหรือลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยระบุเป็น ข้อๆ (นักเรียนสามารถเขียนคำตอบเพิ่มเติมด้านล่างข้อได้ ในกรณีที่พื้นที่ไม่เพียงพอ)

- อ่านโจทย์ในละเอียด
- หาว่าโจทย์ต้องการอะไร กำหนดอะไรมาบ้าง
- ทำโจทย์

ภาพที่ 12 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน C ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ด้านที่ 2 ที่อยู่ในระดับดีมาก ในระยะหลังการทดลอง

1.3 จากข้อมูลที่ได้รับในข้อ 1.1 และ 1.2 ให้นักเรียนเขียนหรือวาดภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่
จำเป็นในการแก้ปัญหา

6.00 (10 °C)

↓

ก่อน 10.00 เหม 4 °C

↓

หลัง 10.00 ลด 1°C/ชม

↓

19.00 (?°F)

1.4 จากความสัมพันธ์ที่ได้จากข้อ 1.3 ให้นักเรียนเขียนแนวทางหรือลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยระบุเป็น
ข้อๆ (นักเรียนสามารถเขียนคำตอบเพิ่มเติมด้านล่างข้อได้ ในกรณีที่พื้นที่ไม่เพียงพอ)

- คิดเวลา ก่อน 10.00
- หลัง 10.00 ลด 1°C/ชม
- ดัชนีเหลือ 7 °C เปลี่ยนเป็น °F

จากภาพที่ 11 และ ภาพที่ 12 พบว่า ในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนไม่สามารถระบุ
ความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ เนื่องจากไม่พบร่องรอยของการเขียนตอบ ซึ่งทำให้ขาดการแสดง
ความสัมพันธ์ของข้อมูลสำคัญอื่น ๆ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับช่วงเวลาที่ใช้บริการและอัตราค่าบริการ ใน
ส่วนที่ให้ระบุแนวทางหรือลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา นักเรียนระบุแนวทางหรือขั้นตอนในการ
แก้ปัญหาเพียงกว้าง ๆ ไม่ได้ระบุรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ จึงทำให้
แนวทางในการแก้ปัญหาของนักเรียนไม่มีความชัดเจนและขาดความเจาะจงในขั้นตอนการแก้ปัญหา
เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนหน่วยเวลาของเด็กชายศรัณย์ที่เล่นเกมจากชั่วโมงเป็นนาที การคำนวณ
ค่าบริการตามเงื่อนไขที่กำหนด นอกจากนี้สำหรับการเขียนตอบคำถามในข้อสอบแบบวัด
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน ในข้ออื่น ๆ นักเรียนไม่ได้แสดง
ร่องรอยของการแสดงความสัมพันธ์ แต่มีร่องรอยการเขียนแสดงแนวทางในการแก้ปัญหาเพียง
เล็กน้อย แต่หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับ

การใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ทำให้นักเรียน C สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของช่วงเวลาและอุณหภูมิได้ถูกต้องและเป็นลำดับช่วงเวลาที่ชัดเจนสมบูรณ์ และยังสามารถกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ด้วยภาษาของตนเองได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ นอกจากนี้สำหรับการเขียนตอบคำถามข้อสอบในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน ในข้ออื่น ๆ นักเรียนสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและวางแผนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องครบทั้ง 6 ข้อจึงทำให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้านการวางแผนการแก้ปัญหาดีขึ้นแบบข้ามระดับจากปรับปรุงเป็นระดับดีมาก

นอกจากนี้ นักเรียนบางคนมีการเปลี่ยนแปลงความสามารถแบบข้ามระดับจากปานกลางไปเป็นระดับดีมาก เช่น นักเรียน D ดังภาพที่ 13 และ ภาพที่ 14

ภาพที่ 13 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน D ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 2 อยู่ในระดับปานกลาง ในระยะก่อนการทดลอง

5.3 จากข้อมูลที่ได้รับในข้อ 5.1 และ 5.2 ให้นักเรียนเขียนหรือวาดภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหา

5.4 จากความสัมพันธ์ที่ได้จากข้อ 5.3 ให้นักเรียนเขียนแนวทางหรือลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยระบุเป็นข้อๆ (นักเรียนสามารถเขียนคำตอบเพิ่มเติมด้านล่างข้อได้ ในกรณีที่พื้นที่ไม่เพียงพอ)

- เราอยู่จุดไหน ได้จากอยู่จุดอื่น ...?
- เราอยู่จุดไหน ๑๕ และ ๑๒ ได้ ... ๑/๘ ได้จากอยู่จุดไหน
- เราอยู่จุดไหน ได้จากอยู่จุดอื่น ... ๑๕ และ ๑๒ ได้ ... ๑/๘ ได้จากอยู่จุดไหน

ภาพที่ 14 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน D ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 2 ที่อยู่ในระดับดีมาก ในระยะหลังการทดลอง

2.3 จากข้อมูลที่ได้รับในข้อ 2.1 และ 2.2 ให้นักเรียนเขียนหรือวาดภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหา

2.4 จากความสัมพันธ์ที่ได้จากข้อ 2.3 ให้นักเรียนเขียนแนวทางหรือลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยระบุเป็นข้อๆ (นักเรียนสามารถเขียนคำตอบเพิ่มเติมด้านล่างข้อได้ ในกรณีที่พื้นที่ไม่เพียงพอ)

- ค่าค่าไฟฟ้าเดือนธันวาคม และค่า FT ของบ้าน
- หากค่าไฟฟ้าเดือนธันวาคม และค่า FT ของบ้าน
- ค่าค่าไฟฟ้าเดือนธันวาคม

จากภาพที่ 13 และ ภาพที่ 14 พบว่า ในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนไม่สามารถระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ เนื่องจากไม่พบร่องรอยของการเขียนตอบ ซึ่งทำให้ขาดการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลสำคัญอื่น ๆ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับอายุในปัจจุบันและอดีตเมื่อ 5 ปีที่แล้วของ สุขชัย สุขชาติ และเจ้าตูบ ในส่วนที่ให้ระบุแนวทางหรือลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา นักเรียนระบุแนวทางหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาด้วยภาษาของตนเองได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ แต่หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ทำให้นักเรียน D สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ของอัตราค่าไฟฟ้าและค่าบริการในแต่ละเดือนได้และสามารถกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยภาษาของตนเองได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ จึงทำให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ ด้านการวางแผนการแก้ปัญหาดีขึ้นแบบข้ามระดับจากปานกลางเป็นระดับดีมาก

3.4 ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามองค์ประกอบย่อยด้านที่ 3 ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนและหลังเรียน

ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามองค์ประกอบย่อยด้านที่ 3 แสดงดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนในด้านที่ 3 ความสามารถของนักเรียนในการดำเนินการแก้ปัญหา จำแนกตามระดับความสามารถโดยเปรียบเทียบระยะก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

ช่วงเวลา การวิเคราะห์ ข้อมูล	n	ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 3							
		ปรับปรุง		ปานกลาง		ดี		ดีมาก	
		n	ร้อยละ	n	ร้อยละ	n	ร้อยละ	n	ร้อยละ
ก่อนทดลอง	35	11	31.43	19	54.29	5	14.28	0	0.00
หลังทดลอง	35	1	2.86	12	34.29	18	51.43	4	11.42

จากตารางที่ 17 พบว่า ในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 3 (ความสามารถของนักเรียนในการดำเนินการแก้ปัญหา) อยู่ในระดับปานกลาง จำนวนมากที่สุด 19 คน (ร้อยละ 54.29) รองลงมาคือระดับปรับปรุงมีจำนวน 11 คน (ร้อยละ 31.43) และระดับดีมีจำนวน 5 คน (ร้อยละ 14.28) โดยมีข้อสังเกตว่า ไม่มีนักเรียนคนใดอยู่ในระดับดีมาก และระยะหลังการทดลอง พบว่า นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับดีจำนวนมากที่สุด 18 คน (ร้อยละ 51.43) รองลงมาคือระดับปานกลางมีจำนวน 12 คน (ร้อยละ 34.29) ระดับดีมากมีจำนวน 4 คน (ร้อยละ 11.42) และระดับปรับปรุงเพียงจำนวน 1 คน (ร้อยละ 2.86)

สำหรับการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้านที่ 3 พบว่า ในภาพรวมนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มีการเปลี่ยนแปลงของระดับความสามารถในด้านที่ 3 ในทิศทางที่ดีขึ้น โดยในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนส่วนมากแม้จะสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้บ้าง แต่ยังขาดความรอบคอบในการคำนวณหาคำตอบ หรือไม่สามารถดำเนินการจนเสร็จสิ้นตามแนวทางในการแก้ปัญหาที่วางแผนไว้ โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุงหรือปานกลาง และไม่มีนักเรียนคนใดอยู่ในระดับดีมาก ต่อมาภายหลังที่นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้

วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับดีหรือดีมาก โดยนักเรียนมีความสามารถในระดับดีและดีมากมีจำนวนมากขึ้น ระดับปรับปรุงและปานกลางมีจำนวนลง ซึ่งนักเรียนที่มีความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุงสามารถพัฒนาความสามารถแบบข้ามระดับไปอยู่ในระดับดีหรือดีมาก เช่น นักเรียน E ที่ในระยะก่อนการทดลองมีความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุง แต่ในระยะหลังการทดลองมีความสามารถอยู่ในระดับดี ดังภาพที่ 15 และ ภาพที่ 16

ภาพที่ 15 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน E ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 3 อยู่ในระดับปรับปรุง ในระยะก่อนการทดลอง

5.5 ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาโดยละเอียด ตามแนวทางหรือลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาจากข้อ 5.4

วิธีทำ ว่าง

ภาพที่ 16 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน E ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 3 ที่อยู่ในระดับดี ในระยะหลังการทดลอง

5.5 ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาโดยละเอียด ตามแนวทางหรือลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาจากข้อ 5.4

วิธีทำ ปีมะลิ้ง 40 - 60 ปี โดยมียุคนั้น 6 คน คือ 1. ปีมะลิ้ง 7 คน
จำนวนที่มียุคนั้น 42, 48, 54, 60
จำนวนที่มียุคนั้น 7 คน คือ 42, 48, 56
ปีมะลิ้ง 48 ปี
มีลูกหลาน คือ A และ B โดย A เป็นลูกชายคนโต B เป็นลูกสาวคนเล็ก
4 ปีที่แล้ว B = (48-4) - 39 = 4.2
= 4 ปี 2 เดือน
A = 4.2 + 4.2 = 8.5
= 8 ปี 6 เดือน
อายุปัจจุบัน = 8.5 + 4 = 12.5
A มีอายุมากกว่า B 4 ปี - 12.5 = 35 ปี 5 เดือน #

จากภาพที่ 15 และ ภาพที่ 16 พบว่า ในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาและคำนวณหาคำตอบได้เลย สังเกตจากมีร่องรอยเพียงเล็กน้อยในการดำเนินการแก้ปัญหา โดยนักเรียนเขียนคำตอบเพียงแค่คำว่า “อายุของ...” นอกจากนี้สำหรับการเขียนตอบคำถามในข้อสอบแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน ในข้ออื่น ๆ

นักเรียนได้ลงมือทำข้อสอบเพียง 2 ข้อ จากทั้งหมด 6 ข้อ เนื่องจากผู้วิจัยพบร่องรอยในการเขียนแสดงวิธีดำเนินการแก้ปัญหาเพียงเล็กน้อย และอีก 4 ข้อที่เหลือ ไม่พบร่องรอยของการเขียนคำตอบเลย แต่หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้และคำนวณตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์จนนำไปสู่คำตอบของปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ นอกจากนี้สำหรับการเขียนตอบคำถามในข้อสอบแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน ในข้ออื่น ๆ นักเรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้มากขึ้น โดยนักเรียนสามารถลงมือทำข้อสอบได้เกือบทุกข้อ จึงทำให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านการดำเนินการแก้ปัญหาดีขึ้นแบบข้ามระดับจากปรับปรุงเป็นระดับดี

นอกจากนี้ นักเรียนบางคนมีการเปลี่ยนแปลงความสามารถแบบข้ามระดับจากปานกลางไปเป็นระดับดีมาก เช่น นักเรียน F ดังภาพที่ 17 และ ภาพที่ 18

ภาพที่ 17 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน F ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 3 อยู่ในระดับปานกลาง ในระยะก่อนการทดลอง

3.5 ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาโดยละเอียด ตามแนวทางหรือลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาจากข้อ 3.4

$$\text{วิธีทำ } \frac{(1.02 - 7.6) \times 10^3}{5}$$

ภาพที่ 18 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน F ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 3 อยู่ในระดับดีมาก ในระยะหลังการทดลอง

1.5 ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาโดยละเอียด ตามแนวทางหรือลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาจากข้อ 1.4

ในเวลา ๕:๐๐ น. มีอุณหภูมิ 10°C

ก่อน 10:๐๐ น. มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น $4^{\circ}\text{C} = 10 + 4 = 14^{\circ}\text{C}$

หลังจาก 10:๐๐ น. อุณหภูมิลดลง 1°C ต่อชั่วโมง

ถ้าจับเวลาให้มันจะได้ว่า 1๑:๐๐ น. มีอุณหภูมิ $= 14 - 1 = 5^{\circ}\text{C}$

$$\text{จากสูตร } ^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} (^{\circ}\text{C}) + 32$$

$$\text{F} = \frac{9}{5} (5) + 32$$

$$\text{F} = 9 + 32 \quad \text{F} = 41^{\circ}\text{F} \quad \text{X}$$

จากภาพที่ 17 และ ภาพที่ 18 พบว่า ในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนแสดงการดำเนินการแก้ปัญหาโดยเขียนเพียงแค่ส่วนการคำนวณ “ $\frac{8.02-7.6}{5} \times 10^9$ ” ซึ่งเป็นการดำเนินการแก้ปัญหาที่ไม่มีความละเอียดและยังขาดการเขียนอธิบายข้อมูล โดยข้อมูลที่ควรเขียนอธิบายเพิ่มเติม คือ ข้อมูลเกี่ยวกับการหาผลต่างของประชากรในปี ค.ศ. 2018 และ ปี ค.ศ. 2023 การหาผลต่างที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยต่อปี ในส่วนการคำนวณหาคำตอบ นักเรียนไม่ได้คำนวณหาคำตอบจนสำเร็จ แต่หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ทำให้นักเรียน F สามารถดำเนินการแก้ปัญหาที่นำไปสู่คำตอบได้ โดยเขียนลำดับการเปลี่ยนแปลงของเวลาและอุณหภูมิได้อย่างชัดเจน และคิดคำนวณหาคำตอบได้ถูกต้อง จึงทำให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านการดำเนินการแก้ปัญหาดีขึ้นแบบข้ามระดับจากปานกลางเป็นระดับดีมาก

3.5 ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามองค์ประกอบย่อยด้านที่ 4 ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนและหลังเรียน

ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามองค์ประกอบย่อยด้านที่ 4 แสดงดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนในด้านที่ 4 ความสามารถของนักเรียนในการสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ จำแนกตามระดับความสามารถโดยเปรียบเทียบระหว่างระยะก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

ช่วงเวลา การวิเคราะห์ ข้อมูล	n	ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ด้านที่ 4							
		ปรับปรุง		ปานกลาง		ดี		ดีมาก	
		n	ร้อยละ	n	ร้อยละ	n	ร้อยละ	n	ร้อยละ
ก่อนทดลอง	35	26	74.29	9	25.71	0	0.00	0	0.00
หลังทดลอง	35	8	22.86	21	60.00	6	17.14	0	0.00

จากตารางที่ 18 พบว่า ในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านที่ 4 (ความสามารถของนักเรียนในการสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ) อยู่ในระดับปรับปรุงจำนวนมากที่สุด 26 คน (ร้อยละ 74.29) รองลงมาคือระดับปานกลางมีจำนวน 9 คน (ร้อยละ 25.71) โดยมีข้อสังเกตว่า ไม่มีนักเรียนคนใดอยู่ในระดับดีและดีมาก และระยะ

หลังการทดลอง พบว่า นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับปานกลางจำนวนมากที่สุด 21 คน (ร้อยละ 60.00) รองลงมาคือระดับปรับปรุงมีจำนวน 8 คน (ร้อยละ 22.86) ระดับดีมีจำนวน 6 คน (ร้อยละ 17.14) โดยมีข้อสังเกตว่า ไม่มีนักเรียนคนใดอยู่ในระดับดีมาก

สำหรับการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้านที่ 4 พบว่า ในภาพรวมนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มีการเปลี่ยนแปลงของระดับความสามารถในทิศทางที่ดีขึ้น โดยในระลอกก่อนการทดลอง นักเรียนส่วนมากแม้จะสามารถสรุปคำตอบได้บ้าง แต่ไม่สามารถตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบได้ เนื่องจากไม่บอกรายละเอียดของการเขียนตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ แต่มีนักเรียนบางคนสามารถตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบได้บ้าง โดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับปรับปรุงหรือปานกลาง และไม่มีนักเรียนคนใดอยู่ในระดับดีหรือดีมาก ต่อมา ภายหลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีข้อสังเกตว่า ไม่มีนักเรียนคนใดที่ไม่สามารถสรุปคำตอบได้ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง ระดับปรับปรุงมีจำนวนลดลง ระดับดีมีจำนวนมากขึ้น แต่ยังไม่มียกเว้นนักเรียนคนใดอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งนักเรียนที่มีความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุงสามารถพัฒนาความสามารถแบบข้ามระดับไปอยู่ในระดับดีหรือดีมาก เช่น นักเรียน G ที่ในระลอกก่อนการทดลองมีความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุง แต่ในระลอกหลังการทดลองมีความสามารถอยู่ในระดับดี ดังภาพที่ 19 และ ภาพที่ 20

ภาพที่ 19 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน G ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้านที่ 4 อยู่ในระดับปรับปรุง ในระลอกก่อนการทดลอง

3.6 ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ

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

ภาพที่ 20 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียน G ซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ด้านที่ 4 อยู่ในระดับดี ในระยะหลังการทดลอง

1.6 ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ

ตอบ 9 องศา 1900 มม. หรือ 13 องศาเซลเซียส หรือ 41 °F

ตรวจสอบคำตอบ :

$$\text{เมื่อ } 41 \text{ องศา } ^\circ\text{F} = \frac{9}{5}(^\circ\text{C}) + 32$$
$$41 = \frac{9}{5}(^\circ\text{C}) + 32$$
$$C = 5.$$

หรือ หากกลับกลับไป $9 + 5 = 14 - 4 = 10^\circ\text{C}$ (6000 มม.)

จากภาพที่ 19 และ ภาพที่ 20 พบว่า ในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนสามารถสรุปคำตอบได้ถูกต้อง โดยนักเรียนเขียนว่า “องค์กรสหประชาชาติประเมินไว้ว่ามีประชากรเพิ่มขึ้นปีละ 8.4×10^9 คน” แต่นักเรียนไม่ได้แสดงร่องรอยของการเขียนตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ นอกจากนี้สำหรับการเขียนตอบคำถามในข้อสอบแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน ในข้ออื่น ๆ นักเรียนสามารถเขียนสรุปคำตอบได้บ้าง แต่ไม่มีร่องรอยในการเขียนตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ แต่หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ทำให้นักเรียน G สามารถสรุปคำตอบได้ถูกต้องสมบูรณ์และสามารถตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบได้ โดยการนำคำตอบที่เป็นองศาฟาเรนไฮต์ไปแทนค่าในสมการ เพื่อคำนวณหาองศาเซลเซียส ซึ่งนักเรียนสามารถคำนวณหาองศาเซลเซียสได้ตรงตามที่โจทย์กำหนด นอกจากนี้สำหรับการเขียนตอบคำถามในข้อสอบแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน ในข้ออื่น ๆ นักเรียนสามารถสรุปคำตอบได้ถูกต้องสมบูรณ์ด้วยภาษาของตนเอง และมีความพยายามในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ สังเกตได้จากนักเรียนพยายามใช้วิธีการอื่น ๆ ในการตรวจสอบคำตอบ เช่น การแทนค่า การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว จึงทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านการสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบดีขึ้นแบบข้ามระดับจากปรับปรุงเป็นระดับดี

นอกจากนี้ยังมีตัวอย่างของนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงความสามารถแบบข้ามระดับจาก
ปรับปรุงไปเป็นระดับดี เช่น นักเรียน H ดังภาพที่ 21 และ ภาพที่ 22

“ 9.4×10^6 บาท” และสามารถตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบได้ โดยการเอาคำตอบหรือจำนวนเงินที่ต้องชำระทั้งหมดมาหักออกจากเงินกู้เริ่มต้น ให้เหลือเพียงดอกเบี้ยที่ต้องชำระ จากนั้นนำดอกเบี้ยที่ต้องชำระไปหารด้วย 5 เพื่อคำนวณหาดอกเบี้ยต่อปี ซึ่งนักเรียนสามารถคำนวณหาดอกเบี้ยต่อปีได้ตามที่โจทย์ได้กำหนด นอกจากนี้สำหรับการเขียนตอบคำถามในข้อสอบแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน ในข้ออื่น ๆ นักเรียนมีความพยายามในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ สังเกตได้จากนักเรียนพยายามใช้วิธีการอื่น ๆ ในการตรวจสอบคำตอบ เช่น การใช้สมการในการตรวจสอบคำตอบ จึงทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านการสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบดีขึ้นแบบข้ามระดับจากปรับปรุงเป็นระดับดี



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนและหลังเรียน

2. ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งในภาพรวมและตามองค์ประกอบย่อยของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถาม ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 4 ปทุมธานี - สระบุรี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ห้อง 1/3 (จากทั้งหมด 15 ห้อง) จำนวนนักเรียน 35 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง ที่จัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 4 ปทุมธานี - สระบุรี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษา ขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง

ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงจำนวน 12 แผน ระยะเวลา 12 คาบ (คาบละ 50 นาที) โดยผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดให้ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ใน

รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แผนการจัดเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ/แหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และบันทึกหลังการสอน จากนั้นนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำข้อเสนอไปปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมที่จะใช้ในการเรียนการสอน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน

ผู้วิจัยสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน โดยยึดตามคำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งโดยได้พิจารณาลักษณะที่แสดงออกถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ รวม 4 ด้าน คือ 1) การทำความเข้าใจปัญหา 2) การวางแผนแก้ปัญหา 3) การดำเนินการแก้ปัญหา 4) การสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ โดยลักษณะของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ละฉบับเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ ข้อละ 16 คะแนน และแบบวัดความสามารถทั้งสองฉบับเป็นข้อสอบคู่ขนาน ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง จำนวนเต็ม เลขยกกำลัง ทศนิยมและเศษส่วน ซึ่งเป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เทอม 1 ที่นักเรียนได้เรียนมาแล้ว จากนั้นผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน เสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเหมาะสมและให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข แล้วจึงนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไข ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงของเนื้อหา ความเหมาะสมด้านภาษาของข้อคำถามและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เมื่อผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำแล้วจึงนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับ ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย พบว่า มีค่าความเที่ยง ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ดังนี้

- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียน มีค่าความเที่ยงเป็น 0.896 ค่าความยากมีค่าตั้งแต่ 0.51 – 0.63 และค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.33 – 0.55

- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียน มีค่าความเที่ยงเป็น 0.816 ค่าความยากมีค่าตั้งแต่ 0.28 – 0.60 และค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.25 – 0.39

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. ขั้นเตรียมการก่อนการทดลอง

1.1 ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์รวม 12 แผนการเรียนรู้ จัดเตรียมสื่อ อุปกรณ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้

1.2 ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน

1.3 ผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 4 ปทุมธานี - สระบุรี

2. ขั้นดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้เวลา 60 นาที จากนั้นผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถที่นักเรียนทำมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้และนำคะแนนนั้นมาวิเคราะห์ จากนั้นผู้วิจัยสุ่มนักเรียนมาสัมภาษณ์โดยจำแนกตามระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ ระดับปรับปรุง ปานกลาง ดี และดีมาก ระดับละ 1 คน

2.2 ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 1 ห้องเรียน โดยสอนตามชั่วโมงปกติของนักเรียน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 เนื้อหาที่ใช้สอน คือ อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ จำนวน 4 คาบต่อสัปดาห์เป็นเวลา 3 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 12 คาบ (คาบละ 50 นาที)

2.3 ในระหว่างการเรียนรู้การสอนผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากใบกิจกรรม และแบบฝึกหัด เพื่อใช้ประกอบการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

3. ขั้นดำเนินการหลังการทดลอง

เมื่อดำเนินการสอนครบ 12 แผนแล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้เวลา 60 นาที จากนั้นผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถที่นักเรียนทำมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้และนำคะแนนนั้นมาวิเคราะห์ จากนั้นผู้วิจัยสุ่มนักเรียนมาสัมภาษณ์โดยจำแนกตามระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ ระดับปรับปรุง ปานกลาง ดี และดีมาก ระดับละ 1 คนอีกครั้ง โดยไม่ซ้ำคนเดิม

ผู้วิจัยนำคะแนนของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้งฉบับก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งภาพรวม รายด้าน และการจำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียน โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป ซึ่งมีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ดำเนินการโดยนำคะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t-paired sample test)

2. ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งในภาพรวมและตามองค์ประกอบย่อยของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยจำแนกตามระดับความสามารถ คือ ปรับปรุง ปานกลาง ดี และดีมาก แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S)

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 สรุปผลการวิจัย ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งในภาพรวมและตามองค์ประกอบย่อยของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถาม ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ดังนี้

2.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงในภาพรวม นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปในทิศทางที่ดีขึ้น

2.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่จำแนกตามองค์ประกอบย่อยทั้ง 4 ด้าน นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 ด้านดีขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยนำเสนอการอภิปรายผลการวิจัยดังนี้

1. จากผลการวิจัย พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น ภายหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ผู้วิจัยตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีขั้นตอนแต่ละลำดับขั้นที่ชัดเจนและมีการใช้คำถามระดับสูงแทรกเข้าไปในแต่ละขั้นตอน จึงทำให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการแก้ปัญหา ประกอบกับการฝึกทักษะการดำเนินการแก้ปัญหาจากการปฏิบัติตามขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน โดยนักเรียนได้สำรวจ สืบค้น และนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการสืบค้นไปสร้างแนวทางในการแก้ปัญหา เพื่อนำไปสู่คำตอบด้วยตนเอง อีกทั้งนักเรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เพื่อระดมความคิด แลกเปลี่ยนความคิดเห็น คิดอย่างมีวิจารณญาณ วิเคราะห์ประเด็นปัญหา วางแผนดำเนินการแก้ปัญหา และสรุปผล ซึ่งจากกระบวนการดังกล่าวร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง จึงน่าจะส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Saleh et al. (2018) ศึกษาการเรียนของนักศึกษา วิชาเอกคณิตศาสตร์ในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งใน Tangerang เกี่ยวกับการใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E กับ Hypnoteaching model ซึ่งมีขั้นตอนของการแก้ปัญหา การฝึกทักษะ และการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเหมือนกัน โดยพบว่าสามารถช่วยเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคำถามระดับสูงของ George (1975) พบว่า หากครูใช้คำถามระดับสูงเป็นสัดส่วนที่สูง ส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น และงานวิจัยของ Wimer et al. (2001: 84) ศึกษาผลการใช้คำถามระดับสูงของครูที่มีต่อนักเรียนชายและนักเรียนหญิงระดับประถมศึกษาในห้องเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า คำถามระดับสูงช่วยกระตุ้นและส่งเสริมให้นักเรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณมากกว่าคำถามระดับต่ำที่เป็นคำถามความรู้ความจำ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ช่วยพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนในการอ่านปัญหาทางคณิตศาสตร์และแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้เป็นอย่างดีทั้งนี้ขั้นตอนที่อาจมีผลสูงสุดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ ขั้นที่ 5 ขยายความรู้ ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนได้ฝึกและประยุกต์ใช้ความรู้ และแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่หรือสถานการณ์เดิมที่เปลี่ยนบริบทไป ซึ่งเป็นการขยายกรอบความคิดให้กว้างขึ้นและเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้และวิธีการแก้ปัญหานั้น และขั้นที่ 7 ขยายความรู้ไปใช้ ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนได้นำความรู้ที่มีไปใช้ในบริบทใหม่หรือปัญหาใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นกว่าเดิม โดยในแต่ละขั้นผู้วิจัยจะต้องคอยให้การสนับสนุนการเรียนรู้และความช่วยเหลือที่ปรับตามความสามารถของนักเรียน โดยเมื่อผู้วิจัยมั่นใจว่านักเรียนสามารถดำเนินการด้วยตนเองได้ จึงลดบทบาทลงและดำเนินการตามขั้นตอนข้างต้นอย่างต่อเนื่อง จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rahmawati et al. (2019) ที่พบว่า วงจรการเรียนรู้แบบ 7E มีขั้นตอนที่สามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางพีชคณิตในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้ โดยเฉพาะการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ ในขั้นที่ 5 ขยายความรู้ และขั้นที่ 7 ขยายความรู้ไปใช้

2. จากผลการวิจัย พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งในภาพรวมและตามองค์ประกอบย่อยของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 ด้านดีขึ้น เนื่องจากค่าเฉลี่ยเลขคณิตหลังเรียนเพิ่มขึ้นทั้ง 4 ด้าน โดยสามารถเรียงลำดับการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนจากมากไปน้อย ได้เป็น ด้านการทำความเข้าใจปัญหา ด้านการสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ด้านการดำเนินการแก้ปัญหา และด้านการวางแผนแก้ปัญหา ซึ่งสามารถนำเสนอการอภิปรายเป็นรายด้านและจำแนกตามระดับความสามารถ ได้ดังนี้

ด้านการทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการแก้ปัญหาด้านการทำความเข้าใจปัญหาไปในทิศทางที่ดีขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหาร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ซึ่งในตอนต้นของขั้นที่ 3 ผู้วิจัยให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เพื่อระดมความคิด และแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งเป็นการสนับสนุนให้นักเรียนมีโอกาสในการปรึกษาร่วมกับการสังเกตลักษณะร่วมและความสัมพันธ์

ของข้อมูล ในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้บ้าง แต่ยังขาดความชัดเจนหรือยังระบุข้อมูลได้ไม่ครบถ้วน และนักเรียนบางคนระบุข้อมูลที่เกินความจำเป็นในการแก้ปัญหา แต่เมื่อนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่องทำให้นักเรียนได้ฝึกวิเคราะห์ทำความเข้าใจบริบท แยกแยะข้อมูลที่เป็นส่วนประกอบของบริบทและได้แปลความเงื่อนไขที่กำหนดในบริบท ประกอบกับ ผู้วิจัยให้ความช่วยเหลือรวมทั้งใช้คำถามระดับสูงสนับสนุนนักเรียนตามความสามารถ จนกระทั่ง นักเรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง เมื่อผู้วิจัยแน่ใจว่านักเรียนมีความเข้าใจแล้ว จึงลด บทบาทลงและการดำเนินการตามขั้นตอนข้างต้นอย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ การเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้านการทำความเข้าใจปัญหาดีขึ้น จนกระทั่งในระยะหลังการทดลอง นักเรียนสามารถวิเคราะห์และทำความเข้าใจปัญหาได้อย่าง ชัดเจน โดยสามารถระบุข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหาและสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้อง ครบถ้วน อีกทั้งยังสามารถตีความข้อมูลหรือเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์ที่ระบุในปัญหาได้ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์ (2548) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือหรือเป็นกลุ่มย่อย ทำให้นักเรียนสามารถช่วยเหลือกันและสามารถยกระดับ ความสามารถในการแก้ปัญหาของกลุ่มให้ดีขึ้น ดังสะท้อนให้เห็นในบทสัมภาษณ์ของนักเรียนว่า กระบวนการทำงานเป็นกลุ่มย่อย นักเรียนสามารถช่วยเหลือและปรึกษากันได้ ดังนี้

“หนูอ่านโจทย์ไม่เข้าใจ แต่เพื่อนช่วยสอนค่ะ”

“ผมช่วยสอนเพื่อนที่ทำไม่ได้”

ด้านการวางแผนแก้ปัญหา นักเรียนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการ แก้ปัญหาด้านการวางแผนแก้ปัญหาไปในทิศทางที่ดีขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากขั้นตอนการจัด กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงอย่าง ต่อเนื่อง โดยเฉพาะในขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหาร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง โดยในขั้นที่ 3 ตอนท้าย ผู้วิจัยยังคงให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เพื่อวิเคราะห์ประเด็นปัญหา วางแผนการ แก้ปัญหา และอธิบายสิ่งที่นักเรียนได้จากการค้นพบโดยไม่ยึดติดความถูกต้องของคำตอบเพียงอย่าง เดียว ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้อธิบายและแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยภาษาของตนเอง ทำให้นักเรียนทุกคนจะเห็นว่าในการออกมาอธิบายหน้าชั้นเรียน คำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหของนักเรียน ไม่ตรงกับเพื่อนก็ไม่ได้แสดงว่า สิ่งที่นักเรียนทำนั้นผิด เพียงแค่นักเรียนต้องอธิบายเหตุผลได้ว่า ทำไมนักเรียนถึงเลือกทำเช่นนั้น และเป็นเช่นนั้นเพราะอะไร ซึ่งในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเขียนหรือวาดภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหาได้ อีกทั้ง ยังมีการเลือกใช้ข้อมูลมากกว่าหรือน้อยกว่าที่จำเป็น และยังกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาได้ไม่

ชัดเจนเท่าที่ควร แต่มีนักเรียนบางคนที่สามารถกำหนดแนวทางได้ชัดเจนและสมบูรณ์ เมื่อนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ทำให้นักเรียนได้ฝึกการเลือกใช้ข้อมูลให้เหมาะสมกับปัญหาและการนำข้อมูลที่เลือกมาจัดลำดับขั้นตอนหรือเขียนแนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบได้ แต่ข้อมูลเหล่านั้นยังขาดความละเอียด ผู้วิจัยจึงต้องให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำด้วยการใช้คำถามระดับสูง เพื่อให้นักเรียนสามารถลำดับขั้นตอนหรือเขียนแนวทางได้เฉพาะเจาะจงมากขึ้น ประกอบกับผู้วิจัยให้ความช่วยเหลือและการสนับสนุนนักเรียนตามความสามารถ จนกระทั่งนักเรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง และเมื่อผู้วิจัยแน่ใจว่านักเรียนมีความเข้าใจแล้ว จึงลดบทบาทลงและการดำเนินการตามขั้นตอนข้างต้นอย่างต่อเนื่อง จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้การเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้านวางแผนการแก้ปัญหาดีขึ้น จนกระทั่งในระยะหลังการทดลอง นักเรียนสามารถวางแผนการแก้ปัญหาได้ โดยนักเรียนสามารถเขียนหรือวาดภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหาและเขียนแนวทางหรือลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วนมากขึ้น สอดคล้องกับ Bitter (1990) ที่กล่าวว่า การเพิ่มประสิทธิภาพการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาให้กับนักเรียน ครูควรให้นักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหาที่น่าสนใจและมีความท้าทายอย่างสม่ำเสมอและให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหาเหล่านั้น นอกจากนี้ครูควรให้เวลากับนักเรียนในการแก้ปัญหา ดังสะท้อนให้เห็นในบทสัมภาษณ์ของนักเรียนว่า กระบวนการทำงานเป็นกลุ่มย่อย นักเรียนสามารถร่วมกันวางแผนการแก้ปัญหาหรือคิดแนวทางในการแก้ปัญหาได้ ดังนี้

“พวกหนูช่วยกันอ่านโจทย์ แล้วหาวิธีการคำนวณ”

“พวกหนูช่วยกันคิดวิธีในการหาคำตอบค่ะ”

UNIVERSITY

ด้านการดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการแก้ปัญหาด้านการดำเนินการแก้ปัญหาไปในทิศทางที่ดีขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง และขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง โดยในขั้นที่ 3 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ผู้วิจัยจะให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เพื่อระดมความคิด แลกเปลี่ยนความคิดเห็น วิเคราะห์ประเด็นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงกระตุ้นให้นักเรียนสนใจและให้ความร่วมมือ ในขั้นที่ 4 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ผู้วิจัยให้นักเรียนนำเสนอข้อมูลที่

ได้มาจากการสืบค้น แสดงความเข้าใจและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับบทโนทัศน์ หรือวิธีการในการแก้ โจทย์ปัญหาด้วยภาษาของตนเอง ต่อมาในขั้นที่ 5 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ผู้วิจัยให้นักเรียนได้ ประยุกต์ใช้ความรู้กับทักษะกับสถานการณ์ใหม่หรือสถานการณ์เดิมที่เปลี่ยนบริบทไป ทำให้นักเรียน คำนึงถึงลักษณะที่เหมือนกันของสถานการณ์เดิมกับสถานการณ์ใหม่ และทำให้นักเรียนได้พิจารณาถึง ขอบเขตของการนำทฤษฎีบท กฎ สูตร หลักการที่จะนำมาใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการแก้ปัญหา และคำนวณหาคำตอบ และในขั้นที่ 7 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ผู้วิจัยให้นักเรียนประยุกต์ใช้ ความรู้ในบริบทใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ดังนั้นจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้นักเรียนได้มีการนำ ความรู้เดิมหรือบทเรียนที่เคยเรียนมาแล้ว นำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ซึ่งใน ระยะก่อนการทดลอง นักเรียนส่วนใหญ่แม้จะสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้บ้าง แต่ยังขาดความ รอบคอบในการคำนวณหาคำตอบ หรือไม่สามารถดำเนินการจนสำเร็จตามแนวทางในการแก้ปัญหาที่ วางแผนไว้ หรือนักเรียนบางคนไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้เลย เนื่องจากไม่มีร่องรอยแสดงการ คิดคำนวณเพื่อเป็นแนวทางไปสู่คำตอบหรือสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ เมื่อผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามอย่าง ต่อเนื่อง ทำให้นักเรียนได้ฝึกการนำลำดับขั้นตอนหรือแนวทางในการแก้ปัญหามาดำเนินการ แก้ปัญหา ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน อีกทั้งผู้วิจัยยังจะต้อง ให้ความช่วยเหลือด้วยการใช้คำถามจนนักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติได้เอง แต่ในระหว่างการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนไม่มีแรงจูงใจในการดำเนินการแก้ปัญหา ผู้วิจัยจึงต้องเสริมสร้างแรงจูงใจ ทางบวก จนกระทั่งนักเรียนสามารถดำเนินการได้ด้วยตนเอง และเมื่อผู้วิจัยแน่ใจว่า นักเรียนสามารถ ปฏิบัติได้ด้วยตนเองแล้ว จึงลดบทบาทลงและให้นักเรียนดำเนินการแก้ไขปัญหาด้วยตนเองอย่าง อิสระ และการดำเนินการตามขั้นตอนข้างต้นอย่างต่อเนื่อง จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้การเปลี่ยนแปลง ของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้านการดำเนินการแก้ปัญหาดีขึ้น จนกระทั่งใน ระยะหลังการทดลอง นักเรียนสามารถคิดคำนวณและดำเนินการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วน ซึ่ง สอดคล้องกับ Miadi, Kaniawati, and Ramalis (2018) ศึกษาการประยุกต์ใช้วงจรการเรียนรู้ แบบ 7E กับการสอนตามคอนสตรัคติวิสต์ตามโครงสร้างพื้นฐานเทคโนโลยี เพื่อปรับปรุง ความสามารถทางปัญญาของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องของไหลคงที่ ที่พบว่า วงจรการเรียนรู้แบบ 7E มีขั้นตอนแต่ละขั้นที่ชัดเจน เน้นการคิดและลงมือทำร่วมกันเป็นกลุ่ม ทำให้สามารถปรับปรุง ความสามารถทางปัญญาของนักเรียนให้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับบทสัมภาษณ์ของนักเรียน ดังนี้

“ผมช่วยกันหาคำตอบ แล้วค่อยแสดงวิธีทำ”

“พวกหนูค่อย ๆ แสดงวิธีทำ จนได้คำตอบออกมา”

ด้านการสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ นักเรียนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการแก้ปัญหาด้านการสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบไปในทิศทางที่ดีขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในขั้นที่ 6 ขั้นการประเมินผล ผู้วิจัยใช้คำถามระดับสูงที่เหมาะสม เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ในด้านการทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา และด้านการดำเนินการแก้ปัญหา ซึ่งในขั้นนี้จะเป็นช่วยประเมินนักเรียนว่ามีความรู้ความเข้าใจหรือมีความคุ้นเคยกับการแก้ปัญหายังเป็นระบบหรือเป็นขั้นตอนหรือไม่ นอกจากนี้ในด้านการสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ นักเรียนจะต้องนำคำตอบที่ได้จากการดำเนินการแก้ปัญหามาสรุปและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ โดยในระยะก่อนการทดลอง นักเรียนส่วนมากแม้จะสามารถสรุปคำตอบได้บ้าง แต่ไม่สามารถตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบได้ เนื่องจากไม่พบร่องรอยของการเขียนตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ต่อมาภายหลังที่นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่อง นักเรียนทุกคนสามารถสรุปคำตอบได้ และมีนักเรียนเพียงบางคนที่สามารถตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากลักษณะของข้อสอบไม่เหมาะสมกับเวลา ทำให้นักเรียนทำข้อสอบแบบวัดความสามารถไม่เสร็จทันเวลา ดังสะท้อนให้เห็นในบทสัมภาษณ์ของนักเรียน และสาเหตุอีกหนึ่งประการ อาจเป็นเพราะ ผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เสนอความคิดเห็นโดยผู้วิจัยรับฟังสิ่งที่นักเรียนเสนอ และใช้คำถามระดับสูงที่เหมาะสมแนะตามฐานความคิดของนักเรียน เพื่อให้ นักเรียนเสนอแนวคิดได้ถูกต้อง เมื่อนักเรียนนำเสนอได้แล้ว ผู้วิจัยฝึกให้นักเรียนสังเกตว่าสิ่งที่ต้องการตรวจสอบคืออะไร ซึ่งนักเรียนสามารถตรวจสอบได้ว่าเป็นสิ่งที่มีความสัมพันธ์ที่นักเรียนสามารถนำไประบุได้ในขั้นการวางแผนแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนมีแนวทางในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบมากขึ้น สอดคล้องกับ Polya (1973) ที่กล่าวว่า ขั้นตอนตรวจสอบผลเป็นขั้นที่มีความสำคัญในการแก้ปัญหาเพราะเป็นการตรวจสอบความเข้าใจและความเป็นเหตุเป็นผลของคำตอบ และงานวิจัยของ ศิลากาญจน์ รุ่งเรือง และคณะ (2559) ที่พบว่า การตรวจสอบคำตอบ ทำให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์โจทย์ปัญหา รู้จักสังเกต เห็นความสัมพันธ์ในสิ่ง โจทย์ต้องการทราบ รู้จักนำหลักการหรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาให้ดีขึ้น

ตัวอย่างบทสัมภาษณ์นักเรียนที่สะท้อนให้เห็นว่า ลักษณะของข้อสอบไม่เหมาะสมกับเวลา มีดังนี้

“หนูทำไม่ทันค่ะ มันต้องแทนค่าเยอะเกินไป”

“หนูพยายามแทนค่า แต่ยังไม่เสร็จเลยคะ”

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอข้อเสนอแนะออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงให้ความสำคัญกับการสร้างความรู้ด้วยตนเองและแก้ปัญหาผ่านการสำรวจสืบค้น เชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์เดิมและความรู้เดิม แล้วขยายความรู้และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ดังนั้นเพื่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ครูต้องเตรียมความพร้อมโดยการศึกษาและทำความเข้าใจการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ก่อน เพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มีขั้นตอนในการดำเนินการ 7 ขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนมีจุดเน้นและรายละเอียดค่อนข้างมาก และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้เวลาค่อนข้างนาน ซึ่งหากสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบเรียนที่ต่อเนื่องจำนวน 2 คาบ จะทำให้กิจกรรมไม่เร่งรีบจนเกินไปและทำให้นักเรียนมีเวลาคิด ดำเนินการแก้ปัญหา สรุปคำตอบ และอภิปรายประเด็นต่าง ๆ ได้มากขึ้น

3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มี 7 ขั้นตอน และเป็นกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม ดังนั้นครูจึงควรมีบทบาทในการกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วม แสดงความคิดเห็น และอภิปรายร่วมกัน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ไปใช้ในการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านอื่น ๆ เช่น ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงมีขั้นตอนให้นักเรียนได้สื่อสารและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการหรือแนวทางแก้ปัญหา จึงเอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และยังเอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ด้วย

2. ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ไปใช้พัฒนาคุณลักษณะอันพึงประสงค์หรือเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เพราะมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่มและมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- เบญจมาศ นิยมมาลี. (2550). ผลของการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์โดยใช้คำถามระดับสูงประกอบแนวทางพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของพรายวิไลที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กมลทิพย์ ต่อติด. (2544). ผลการฝึกกระบวนการสืบสอบที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กรมวิชาการ. (2544). การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กรมวิชาการ. (2546). คู่มือการจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงศึกษาธิการ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ ed.). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงศึกษาธิการ.
- กฤษฎา วรพิน. (2554). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค เคดับเบิลยู ดี แอล และการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จรรยา ชินผั่น และคงศักดิ์ ธาตุทอง. (2554). การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ และผลงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง การอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ โดยการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7Es) ร่วมกับคำถามปลายเปิด. *Journal of Education Khon Kaen University*, 6(2), 25-33.
- จรรยา ภูอุดม. (2524). ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ตามการประเมินของครู. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิต นวนแก้ว. (2543). การพัฒนาความสามารถด้านการคิดขั้นสูงในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- จิราภรณ์ คงหนองลาน และเฉลิมพร ทองพูน. (2014). ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) รายวิชาเคมี เรื่องสารละลาย สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *Social Science Journal* สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 20(3), 124-137.
- ชุติมา ฉุนอิม และวรินทร์ สุภาพ. (2015). Development of Mathematical Thinking of Mathayomsuksa 1 Students by Using Instruction Activities Based on Cognitive Guided Instruction and Questioning Techniques of Badham. *Journal of Community Development Research*, 8(3), 104-115.
- ดวงเดือน อ่อนน่วม. (2536). โจทย์ปัญหา ปัญหาโจทย์. *วารสารคณิตศาสตร์*, 37, 432-433.
- ทิตนา แคมมณี. (2544). วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์.
- ทิตนา แคมมณี. (2547). ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แคมมณี. (2553). ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นภารัตน์ หวังสุขกลาง และ ดร. ยิตยา เปลื้องนุช. (2551). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2550). บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 7 ขั้น. *วารสารวิชาการ*, 10(4).
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2537). การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิธีทางคณิตศาสตร์ หน่วยที่ 12-15. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2544). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ปรุ่ง อินทรมาตร. (2541). ผลของการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปานทอง กลุณาสศิริ. (2546). คำถามที่พัฒนากระบวนการทางคณิตศาสตร์. *วารสารคณิตศาสตร์*, 4-8.
- พนัส ทองปาน. (2016). การพัฒนาชุดกิจกรรมวงจรการเรียนรู้แบบ 7E เน้นกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาร่วมกับเทคนิค STAD และชุดกิจกรรมวงจรการเรียนรู้แบบ 5E ที่มีต่อการคิดแก้ปัญหาจิตวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *J Sakon Nakhon Graduate Studies Journal*, 13(61), 71-82.
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2544). การวัดและการประเมินผล การเรียนการสอนคณิตศาสตร์. In.

- กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544a). การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิดวิธีและเทคนิคการสอน พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์ จำกัด.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544b). การบูรณาการทักษะกระบวนการคิดในการเรียนการสอนเนื้อหาสาระ โครงการวิจัย เรื่องการนำเสนอรูปแบบสร้างทักษะการคิดขั้นสูงของนิสิตนักศึกษาครูระดับปริญญาตรีสำหรับหลักสูตรครุศึกษา (โครงการ ร.ค.ส.). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพียว ยินดีสุข. (2548). วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- ยุพิน พิพิธกุล. (2530). การสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ยุพิน พิพิธกุล. (2542). การแก้ปัญหา. วารสารคณิตศาสตร์, 485-487.
- รณจวน คำวชิรพิทักษ์. (2538). จิตวิทยาการสื่อสารในชั้นเรียน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช.
- ลียานา ประทีปวัฒนพันธ์ และสมคิด อินเทพ. (2015). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องความน่าจะเป็น ของนักเรียนห้องเรียน สสวท. ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ร่วมกับการเรียนแบบ STAD. วารสารครูพิบูล, ฉบับพิเศษ 1/2558.
- วรรณดี วรรณศิลป์. (2523). ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษา. (2560). สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2560.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). คู่มือวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ศรีเมืองการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: หจก. ส เจริญการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: 3-คิว มีเดีย.
- สมเดช บุญประจักษ์. (2540). การพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมเดช บุญประจักษ์. (2550). การแก้ปัญหา. วารสารคณิตศาสตร์, 51, 562-564.
- สมศักดิ์ โสภณพินิจ. (2547). ยุทธวิธีแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ (กับการสอน). วารสารคณิตศาสตร์ เฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษาสมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถ, 14-25
- สราวดี เพ็งศรีโคตร. (2549). คำถามนั้นสำคัญไฉน. วารสารวิทยากร, 58-61.

- สายัณห์ พาน้อย. (2549). การสอนกระบวนการคิดโดยการตั้งคำถาม. วารสารวงการครู, 108-110.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักงานกฤษฎามนตรี. (2559). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสอง พ.ศ. ๒๕๖๐ – ๒๕๖๔.
- สิริพร ทิพย์คง. (2536). “การแก้ปัญหา ทฤษฎีและวิธีสอนวิชาคณิตศาสตร์” ในเอกสารคำสอน วิชา 158522. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สิริพร ทิพย์คง. (พฤศจิกายน-ธันวาคม 2543-มกราคม 2544). ศิลปะการตั้งคำถามในวิชาคณิตศาสตร์. วารสารคณิตศาสตร์, 506/508, 15-16.
- สุพัตรา ผาติวิสันต์. (2534). การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถทางการคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีแบบการเรียนรู้ต่างกัน. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรัชย์ วงศ์จันเสื่อ. (2555). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด *DAPIC* และ *CGI* ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรรัตน์ พะจุไทย. (2559). การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์โดยใช้วิธีการสอนแบบสืบสอบ 7E ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- อภิษฐา ลือชัย. (2555). การวิเคราะห์ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคอง. (2552). การพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งนวัตกรรม และคำถามระดับสูง. คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคอง. (2553). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคอง. (2554). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคอง. (2557). คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อารีย์ สุขใจวรเวทย์ และสุเทพ อ่วมเจริญ. (2553). การพัฒนาผลการเรียนรู้เรื่องการบวกและการลบของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย.

- Agard, S. (1977). Oral Questioning by the Teacher: Influence on Student Achievement in Eleventh Grade Chemistry. *Dissertation Abstracts International*, 34.
- Anderson, K. B., & Pingry, R. E. (1973). Problem-Solving in Mathematics; Its Theory and Practice. *The National Council of Teachers of Mathematics*.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., & et al. (2001). A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. *Allyn & Bacon. Boston, MA (Pearson Education Group)*.
- Balta, N., & Sarac, H. (2016). The effect of 7 E learning cycle on learning in science teaching: a meta-analysis study. *European Journal of Educational Research*, 5(2), 61-72.
- Barman, C. R., & Kotar, M. (1989). Teaching Teachers: The Learning Cycle. *Science Children*, 26(7), 30-32.
- Bell, F. H. (1978). *Teaching and learning mathematics (in secondary schools)*: WC Brown Company.
- Bitter, G. G., & Gray, G. (1990). Mathematics Methods for the Elementary and Middle School: A Comprehensive Approach. *Allyn and Bacon*.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. *New York: David McKay, Handbook 1*.
- Bloom, B. S., & Krathwohl, D. R. (1956). Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, by a committee of college and university examiners. *NY: Longmans, Green, Handbook 1*.
- Brown, G., & Wragg, E. C. (1993). *Questioning*: Psychology Press.
- Buggey, L. J. (1972). A study of the relationship of classroom questions and social studies achievement of second-grade children.
- Bybee, R. W., & et al. (2006). The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness. Colorado Springs. CO: BSCS.
- Caple, J., & Martin, P. (1994). Reflections of Two Pragmatists: A Critique of Honey and Mumford's Learning Styles. *Industrial Commercial Training*, 26(1), 16-20.
- Champaign, C. F. T. E. U. o. U. (2006). Retrieved สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2562
- Charles, R. I., & Lester, F. K. (1982). Teaching problem solving: What, why and how.

California: Dale Seymour Publications.

- Charles, R. L. (1985). The role of Problem Solving. *Arithmetic Teacher*, 22 (February), 55.
- Charles, S., & et al. (1987). How to Evaluate Progress in Problem Solving. *NCTM*.
- Clyde, C. G. (1967). Teaching Mathematics in the Elementary School. *New York: the Ronald Press Company.*
- Cuikshank, D. E., & Sheffield, L. J. (2000). Teaching and Learning Elementary and Middle School Mathematics. *United States of America: John Wiley & Sons.*
- Eisenkraft, A. (2003). A proposed 7E model emphasizes 'transfer of learning' and the importance of eliciting prior understanding. *The Science Teacher*, 70, 6.
- Good, C. V., & Merkel, W. R. (1973). Dictionary of education.
- Harahap, A. A., Surya, E., & Syahputra, E. (2018). Differences between Mathematics Representation Ability and Students' Self-Efficacy by Using Learning Cycle 7E and Discovery Learning Based on Batak Angkola Culture in SMAN 1 Sipirok. *American Journal of Educational Research*, 6(11), 1497-1504.
- Hatfield, M. M., Edwards, N. T., Bitter, G. G., & Hatfield, M. M. (1997). *Mathematics methods for elementary and middle school teachers: Allyn and Bacon Boston.*
- Hawley, W. T. (1992). The effect of matching level of feedback with level of question in computer-assisted instruction.
- Husna, M., & Johar, R. (2018). *Development of algebra test questions based on Bloom's taxonomy*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- ISTUNINGSIH, W., BAEDHOWI, B., & SANGKA, K. B. (2018). The Effectiveness of Scientific Approach Using E-Module Based on Learning Cycle 7E to Improve Students' Learning Outcome. *J International Journal of Educational Research Review*, 3(3), 75-85.
- Kennedy, L., Tipps, S., & Johnson, A. (2007). *Guiding children's learning of mathematics: Cengage Learning.*
- Khashan, K. (2016). The Effectiveness of Using the 7E's Learning Cycle Strategy on the Immediate and Delayed Mathematics Achievement and the Longitudinal Impact of Learning among Preparatory Year Students at King Saud University (KSU). *Journal of Education Practice*, 7(36), 40-52.
- Krulik, S. (1977). Problems, Problem Solving, and Strategy Games. *Mathematics*

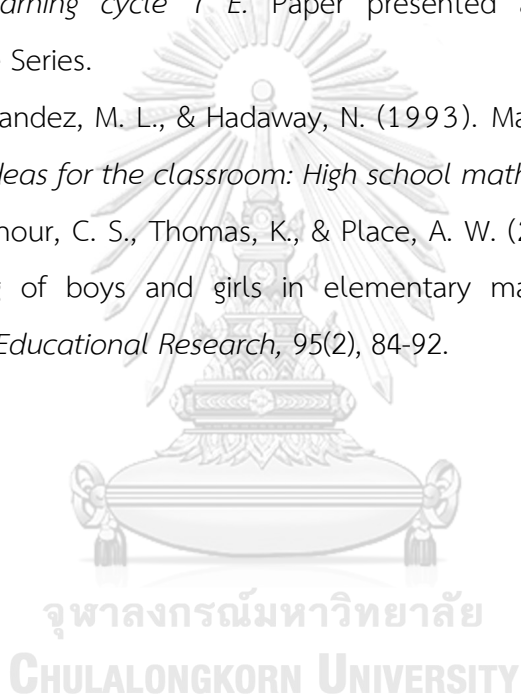
Teacher, 70(8), 649-652.

- Krulik, S., & Reys, R. E. (1980). Problem Solving in School Mathematics. National Council of Teachers of Mathematics 1980 Yearbook.
- Krulik, S., & Rudnick, J. A. (1993). *Reasoning and problem solving: A handbook for elementary school teachers*: Allyn and Bacon.
- Ladd, G. T., Andersen, & Hans O. (1970). Determining the level of inquiry in teachers' questions. 7(4), 395-400.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*: Wadsworth Belmont, CA.
- LeBlanc, J. F. (1977). You Can Teach Problem Solving. *Arithmetic Teacher*, 25(2), 16-20.
- Lee, C.-Y., & Chen, M.-J. (2015). Effects of Polya Questioning Instruction for Geometry Reasoning in Junior High School. *Eurasia Journal of Mathematics, Science Technology Education*, 11(6).
- Lin, M.-H., Chen, M.-P., & Chen, C.-F. (2015). *Effects of question prompts and self-explanation on database problem solving in a peer tutoring context*. Paper presented at the Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems.
- Llewellyn, D. (2002). Science Education: An International Course Companion Learning Styles. *Industrial and Commercial Training*, 26(1), 16-20.
- Mahfuzah, A., Jufri, J., & Fitrawati, F. (2019). An Analysis of Students' Ability to Answer Reading Questions with HOTS. 8(1), 71-81.
- Marks, J. L., Purdy, C. R., & Kinney, L. B. (1965). *Teaching elementary school mathematics for understanding*: McGraw-Hill.
- Mathematics, N. C. o. T. o. (1980). *An agenda for action: recommendations for school mathematics of the 1980s*: Natl Council of Teachers of.
- Mathematics, N. C. o. T. o. (2000). Principles and Standards for school Nuri, B., Hakan, S. (2016). The effect of 7E Learning Cycle on Learning in Science Teaching: A meta-Analysis Student. *Virginia: NCTM.*, 5(2), 61-72.mathematics.
- Mayer, R. E. (1992). *Thinking, problem solving, cognition*: WH Freeman/Times Books/Henry Holt & Co.
- Mayer, R. E. (2003). *Learning and instruction*: Prentice Hall.

- Miadi, O., Kaniawati, I., & Ramalis, T. R. (2018). *Application of learning model (LC) 7E with technology based constructivist teaching (TBCT) and constructivist teaching (CT) approach as efforts to improve student cognitive ability in static fluid concepts*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Muthma'innah, M., Dahlan, J., & Suhendra, S. (2019). *Ability of mathematical critical thinking-what about Learning Cycle 7E model?* Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Polya, G. (1973). *How to Solve it*, Nueva Jersey, Estados Unidos. In: Princeton University Press.
- Rahmawati, A., Kartono, K., & Hidayah, I. (2019). Algebraic Thinking Ability Based on Mathematics Disposition in Learning Cycle 7 E Model. *Unnes Journal of Mathematics Education Research*, 8(1), 18-24.
- Rey, C. L. (1973). A Comparative Laboratory Study of the Effects of Lower Level and Higher Level Questions on Student Abstract Reasoning and Critical Thinking in Two Non Directive High School Chemistry Classroom. *Dissertation Abstracts International*, 3220 – A.
- Reys, R. E., Suydam, M. N., & Lindquist, M. M. (1992). *Helping Children Learn Mathematics* (3 ed.). Boston: Allyn and bacon.
- Riley, V. N. (1992). Teacher's Questioning for Improvement of Critical Thinking Skills. *Dissertation Abstracts International*, 53, 740.
- Rowan, T. E., & Robles, J. (1998). Using questions to help children build mathematical power. *Teaching Children Mathematics*, 4(9), 504-510.
- Russell, P. V. (1961). *Essential of Mathematics*. New York: John Wiley & Sons.
- Ryan, F. L. (1973). Differentiated effects of levels of questioning on student achievement. 41(3), 63-67.
- Saleh, H., Suryadi, D., & Dahlan, J. (2018). *Promoting students' mathematical problem-solving skills through 7 e learning cycle and hypnoteaching model*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Schmalz, R. (1973). Categorization of questions that mathematics teachers ask. 66(7), 619-626.
- Sheffield, L. J., & Cruikshank, D. (1996). *Teaching and Learning; Elementary and Middle*

School: New Jersey: Prentice Hall, Inc.

- Swasono, A. H., Kartono, K., & Rochmad, R. (2018). Analysis of Mathematical Problem About Mathematics Students in Class Xi and Self-Efficacy Learning in 7e-Learning Cycle. *Unnes Journal of Mathematics Education Research*, 7(1), 204-210.
- Tofade, T., Elsner, J., & Haines, S. T. (2013). Best practice strategies for effective use of questions as a teaching tool. *American journal of pharmaceutical education*, 77(7), 155.
- Wibowo, A. (2019). *Integrated thinking ability and activities on eleventh grader students through learning cycle 7 E*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Wilson, J. W., Fernandez, M. L., & Hadaway, N. (1993). Mathematical problem solving. *Research ideas for the classroom: High school mathematics*, 57, 78.
- Wimer, J. W., Ridenour, C. S., Thomas, K., & Place, A. W. (2001). Higher order teacher questioning of boys and girls in elementary mathematics classrooms. *The Journal of Educational Research*, 95(2), 84-92.





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รายนามของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ผู้ทรงคุณวุฒิที่พิจารณาความตรงตามเนื้อหา ความเหมาะสมของข้อคำถาม ความเหมาะสมของสำนวนภาษา พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีรายนามดังต่อไปนี้

ผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1. รองศาสตราจารย์ ศศิธร แม้นสงวน อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถศาสน์ นิमितพันธ์ ประธานหลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต
สาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
3. อาจารย์ วิลาวัณย์ รักงาม อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต





ที่ อว 64.6(2791.01)/62- 2344

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

สิงหาคม 2562

เรื่อง ขอเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาว สุสิริยา ธีรากุลนันท์ชัย นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิณดิษฐ์ ละออปักจิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญ รองศาสตราจารย์ ศศิธร มั่นสงวน เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ รองศาสตราจารย์ ศศิธร มั่นสงวน เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตั้งกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 090-9738478 email: susiriya.thira@gmail.com



ที่ อว 64.6(2791.01)/62- 2845

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

สิงหาคม 2562

เรื่อง ขอเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาว สุธิรียา ธีรากุลนันท์ชัย นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทิษฐ์ ละออปักฉิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์ เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์ เป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 090-9738478 email: susiriya.thira@gmail.com



ที่ อว 64.6(2791.01)/62- 28 4 6

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

สิงหาคม 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ วิลาวัลย์ รักงาม

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาว สุธิรียา ธีรากุลนันท์ชัย นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา
คณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัด
กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถ
ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิณดิษฐ์
ละออปิกษิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัย
จะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการ
ต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ


(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 090-9738478 email: susiriya.thira@gmail.com



ที่ อว 64.6(2791.01)/62- ๖๖๔๗

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

สิงหาคม 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ศศิธร แม้นสงวน

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาว สุธิรียา ธีรากุลนันท์ชัย นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา
คณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัด
กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถ
ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทิษฐ์
ละออบภักดิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะ
ได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการ
ต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 090-9738478 email: susiriya.thira@gmail.com



ที่ อว 64.6(2791.01)/62- 1 ร 4 ร

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

สิงหาคม 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาว สุธิรียา ธีรากุลนันท์ชัย นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินดิษฐ์ ละออบกษิณ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 090-9738478 email: susiriya.thira@gmail.com



ที่ อว 64.6(2791.01)/62- 2849

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

สิงหาคม 2562

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัยและทดลองใช้เครื่องมือ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาว สุสิริยา อีรากุลนันท์ชัย นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา
คณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัด
กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับ การใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถ
ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดิษฐ์
ละออปิกิจณ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลและทดลองใช้เครื่องมือ
คือ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้
วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับ การใช้คำถามระดับสูงกับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้งนิสิตผู้วิจัยจะได้
ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นิสิตได้เก็บข้อมูลวิจัยและทดลองใช้เครื่องมือ
ดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 090-9738478 email: susiriya.thira@gmail.com



ที่ อว 64.6(2791.01)/62- ๖๖๕

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

สิงหาคม 2562

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาว สุธิรียา ธีรากุลนันท์ชัย นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิมดิษฐ์ ละออปักชิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงกับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นิสิตได้ทำการเก็บข้อมูลวิจัยดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 090-9738478 email: susiriya.thira@gmail.com



ที่ อว.64.6(2791.01)/62-2940

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

สิงหาคม 2562

เรื่อง ขอเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาว สุธิรียา อธิรากุลนันท์ชัย นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินตดิษฐ์ ละออบกษิณ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญ อาจารย์ วิลาวัลย์ รังงาม เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ อาจารย์ วิลาวัลย์ รังงาม เป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 090-9738478 email: susiriya.thira@gmail.com

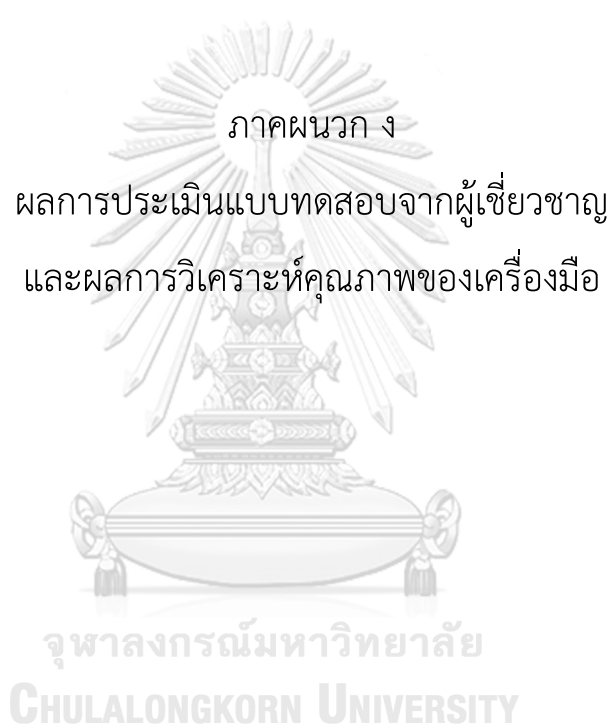


ตารางที่ 19 โครงสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ก่อนเรียน)

เนื้อหา	จำนวนข้อสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	
	ข้อสอบ (ข้อ)	ใช้จริง (ข้อ)
1. จำนวนเต็ม	3	2
2. เลขยกกำลัง	3	2
3. ทศนิยมและเศษส่วน	3	2
รวม	9	6

ตารางที่ 20 โครงสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (หลังเรียน)

เนื้อหา	จำนวนข้อสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	
	ข้อสอบ (ข้อ)	ใช้จริง (ข้อ)
1. จำนวนเต็ม	3	2
2. เลขยกกำลัง	3	2
3. ทศนิยมและเศษส่วน	3	2
รวม	9	6



ภาคผนวก ง

ผลการประเมินแบบทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญ
และผลการวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการประเมินแบบทดสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ระดับการประเมินความสอดคล้องเฉลี่ย (\bar{X}) ของโครงสร้างแบบวัด

คะแนน IOC ≥ 0.67

หมายถึง

ใช้ได้

ระดับการประเมินความเหมาะสมเฉลี่ย (\bar{X}) ของโครงสร้างแบบวัด

คะแนน 4.01 – 5.00

หมายถึง

เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 3.01 – 4.00

หมายถึง

เหมาะสมมาก

คะแนน 2.01 – 3.00

หมายถึง

เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 1.01 – 2.00

หมายถึง

เหมาะสมน้อย

คะแนน 0.01 – 1.00

หมายถึง

เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกแบบวัด คือ เลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ≥ 0.67 และค่าความเหมาะสม 3.01 – 5.00

ตารางที่ 21 ผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสม (\bar{X}) ของโครงสร้างแบบวัด ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน

ตอนที่ 1 ประเมินความสอดคล้องของโครงสร้างแบบวัดกับนิยามศัพท์เฉพาะและเกณฑ์การให้คะแนน

ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9
0.67	0.67	1.00	0.33	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67

ตอนที่ 2 การประเมินความเหมาะสมของโครงสร้างแบบวัด

องค์ประกอบการประเมิน	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9
ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ในข้อสอบ	4.33	4.33	4.33	4.00	4.00	4.33	4.00	4.33	3.67
ความชัดเจนของภาษาที่ใช้ในข้อสอบ	4.00	4.00	4.33	3.67	4.00	4.00	3.67	4.00	3.67
ภาษาที่ใช้กับระดับผู้เรียน	3.67	3.67	4.33	3.67	3.67	4.00	3.67	4.00	3.67
ความเหมาะสมของข้อสอบกับบทเรียน	4.00	4.33	4.33	3.67	4.33	4.00	4.00	3.67	4.00
ความเหมาะสมของข้อสอบกับเวลาที่ใช้	4.00	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	4.00	3.67	3.67
ค่าเฉลี่ยรวม	4.00	4.00	4.20	3.74	3.93	4.00	3.87	3.93	3.74

ตารางที่ 22 ผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสม (\bar{X}) ของโครงสร้างแบบวัด
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน

ตอนที่ 1 ประเมินความสอดคล้องของโครงสร้างแบบวัดกับนิยามศัพท์เฉพาะและเกณฑ์การให้คะแนน

ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9
1.00	1.00	0.67	0.33	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67

ตอนที่ 2 การประเมินความเหมาะสมของโครงสร้างแบบวัด

องค์ประกอบการประเมิน	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9
ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ในข้อสอบ	4.33	4.33	4.00	3.67	3.67	3.67	4.00	4.33	4.00
ความชัดเจนของภาษาที่ใช้ในข้อสอบ	4.33	3.67	3.67	3.67	4.00	3.67	3.67	4.00	3.67
ภาษาที่ใช้กับระดับผู้เรียน	3.67	3.67	3.67	3.00	3.67	3.67	3.33	4.00	3.67
ความเหมาะสมของข้อสอบกับบทเรียน	4.33	3.67	3.33	3.33	3.67	4.00	3.67	4.00	4.00
ความเหมาะสมของข้อสอบกับเวลาที่ใช้	4.00	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67
ค่าเฉลี่ยรวม	4.13	3.80	3.74	3.47	3.74	3.74	3.67	4.00	3.80

ผลการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

มีเกณฑ์ในการคัดเลือกแบบวัด คือ

ค่าความยาก (p)	0.20 – 0.80
ค่าอำนาจจำแนก (r)	มีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป
และ ค่าความเที่ยง	มีค่าตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป

คุณภาพเครื่องมือแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน
ตารางที่ 23 แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงของแบบวัดความสามารถในการ
แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน จำนวน 6 ข้อ (นำไปใช้จริง)

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความเที่ยงของข้อสอบทั้งฉบับ
1	0.61	0.48	0.896
3	0.63	0.55	
5	0.59	0.43	
6	0.58	0.40	
8	0.51	0.40	
9	0.51	0.33	

คุณภาพเครื่องมือแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน
ตารางที่ 24 แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงของแบบวัดความสามารถในการ
แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน จำนวน 6 ข้อ (นำไปใช้จริง)

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความเที่ยงของข้อสอบทั้งฉบับ
1	0.57	0.31	0.816
3	0.57	0.36	
5	0.68	0.36	
6	0.54	0.25	
8	0.46	0.25	
9	0.50	0.39	



แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน

ปัญหาที่ 4 ในคาบเรียนวิชาดาราศาสตร์ คุณครูสอนเกี่ยวกับระบบสุริยะจักรวาล ซึ่งเป็นเรื่องเกี่ยวกับโลกและดวงดาว จากนั้นครูแจกตารางแสดงถึงความสัมพันธ์ของดาวเคราะห์และมวลของดาวเคราะห์โดยประมาณ เพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของมวลดาวเคราะห์ว่า มีคู่ใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กัน จากนั้นคุณครูให้การบ้านนักเรียนจำนวนหนึ่งข้อ โดยมีคำถามดังนี้

“ถ้าผลต่างของมวลดาวเนปจูนกับโลกเป็น 96.426×10^n กิโลกรัม และผลต่างของมวลดาวอังคารกับดาวพุธเป็น 3.117×10^m กิโลกรัม จงหาว่า มวลของโลกหนักเป็นกี่เท่าของดาวพุธ เมื่อ n และ m เป็นจำนวนเต็มบวก (ให้ตอบเป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

ดาวเคราะห์	มวลของดวงเคราะห์โดยประมาณ (กิโลกรัม)
ดาวพุธ	3.302×10^m
ดาวศุกร์	4.869×10^{24}
โลก	5.974×10^n
ดาวอังคาร	6.419×10^{23}
ดาวพฤหัสบดี	1.899×10^{27}
ดาวเสาร์	5.685×10^{26}
ดาวยูเรนัส	8.681×10^{25}
ดาวเนปจูน	1.024×10^{26}

จากปัญหาข้างต้น จงตอบคำถามต่อไปนี้

4.1 ให้นักเรียนระบุข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหา (นักเรียนสามารถเขียนคำตอบเพิ่มเติมด้านล่างข้อได้ ในกรณีที่พื้นที่ไม่เพียงพอ)

- ☐
- ☐
- ☐
- ☐

4.2 ให้นักเรียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

- ☐
- ☐

4.3 จากข้อมูลที่ได้รับในข้อ 4.1 และ 4.2 ให้นักเรียนเขียนหรือวาดภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่เป็นในการแก้ปัญหา

[illegible]

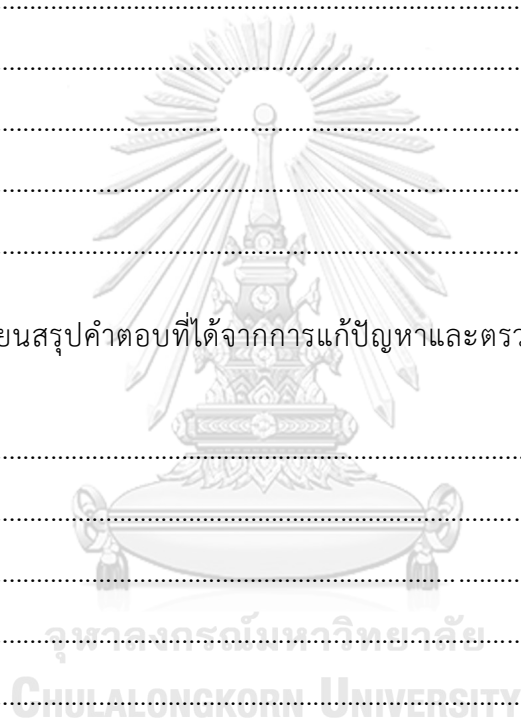
4.4 จากความสัมพันธ์ที่ได้จากข้อ 4.3 ให้นักเรียนเขียนแนวทางหรือลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยระบุเป็นข้อๆ (นักเรียนสามารถเขียนคำตอบเพิ่มเติมด้านล่างข้อได้ ในกรณีที่พื้นที่ไม่เพียงพอ)

-
-
-

4.5 ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาโดยละเอียด ตามแนวทางหรือลำดับขั้นตอนในการ
แก้ปัญหาจากข้อ 4.4

[illegible]

4.6 ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ



แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน

ปัญหาที่ 5 คุณครูต้องการให้คะแนนพิเศษ เพื่อใช้เป็นคะแนนเก็บในวิชาคณิตศาสตร์ โดยให้นักเรียนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวนหนึ่งข้อ ซึ่งมีเงื่อนไขว่า ถ้านักเรียนคนใดตอบถูกและแสดงวิธีทำได้ถูกต้องจะได้คะแนนเพิ่ม 5 คะแนน โดยมีปัญหาดังต่อไปนี้

“ป้ามะลิมีอายุระหว่าง 40 ปี ถึง 60 ปี ปีนี้อายุของป้ามะลิ หารด้วย 6 ลงตัว แต่ปีหน้าจะหารด้วย 7 ลงตัว ถ้าป้ามะลามีหลานชาย 2 คน คือ เอและบี โดยเอเป็นหลานชายคนโต บีเป็นหลานชายคนเล็ก ซึ่งเมื่อสี่ปีที่แล้ว บีมีอายุห่างจากป้ามะลิ 39 ปี 8 เดือน และเอมีอายุห่างจากบี 4 ปี 3 เดือน อยากทราบว่า ในปัจจุบัน เอ มีอายุน้อยกว่าป้ามะลิกี่ปี”

จากปัญหาข้างต้น จงตอบคำถามต่อไปนี้

1.1 ให้นักเรียนระบุข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหา (นักเรียนสามารถเขียนคำตอบเพิ่มเติมด้านล่างข้อได้ ในกรณีที่พื้นที่ไม่เพียงพอ)

-
-
-
-

1.2 ให้นักเรียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ


-
-

1.3 จากข้อมูลที่ได้รับในข้อ 5.1 และ 5.2 ให้นักเรียนเขียนหรือวาดภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหา

1.4 จากความสัมพันธ์ที่ได้จากข้อ 5.3 ให้นักเรียนเขียนแนวทางหรือลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยระบุเป็นข้อๆ (นักเรียนสามารถเขียนคำตอบเพิ่มเติมด้านล่างข้อได้ ในกรณีที่พื้นที่ไม่เพียงพอ)

-
-
-

1.5 ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาโดยละเอียด ตามแนวทางหรือลำดับขั้นตอนในการ
แก้ปัญหาจากข้อ 5.4



1.6 ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ

จำนวน 1 คาบ 50 นาที

เรื่อง อัตราส่วนที่เท่ากัน

ครูผู้สอน นางสาว สุสิริยา ธีรากุลนันท์ชัย

1. สาระ

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

2. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

มาตรฐานการเรียนรู้

ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ตัวชี้วัด เข้าใจและประยุกต์ใช้อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้: นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของอัตราส่วนที่เท่ากันได้
2. แสดงตัวอย่างอัตราส่วนที่เท่ากันที่อยู่ในรูปจำนวนอื่น ๆ ได้ถูกต้อง
3. บอกขั้นตอนของการแก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนที่เท่ากันได้อย่างถูกต้อง

ทักษะและกระบวนการ: นักเรียนสามารถ

1. แก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนที่เท่ากันได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์
2. ใช้สัญลักษณ์หรือนิพจน์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อสื่อความหมายเกี่ยวกับอัตราส่วน และนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

คุณสมบัตที่พึงประสงค์: นักเรียน

1. มีความละเอียดรอบคอบในการคำนวณ เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนที่เท่ากัน
2. มีความรับผิดชอบ ตรงต่อเวลา และซื่อสัตย์ในการทำงาน
3. มีความกล้าแสดงออกโดยการนำเสนอและมีส่วนร่วมในชั้นเรียน

4. สารสำคัญ

อัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วน $a : b$ คือ อัตราส่วนที่ได้จากการคูณจำนวนแรกและจำนวนหลังของอัตราส่วน $a : b$ ด้วยจำนวนเดียวกันที่ไม่ใช่ศูนย์ หรือการหารจำนวนแรกและจำนวนหลังของอัตราส่วน $a : b$ ด้วยจำนวนเดียวกันที่ไม่ใช่ศูนย์

การหาอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนที่กำหนดให้ มีหลักการ ดังนี้

1. การหาอัตราส่วนที่เท่ากันโดยใช้หลักการคูณ เมื่อคูณแต่ละจำนวนในอัตราส่วนใดด้วยจำนวนเดียวกันโดยที่จำนวนนั้นไม่เท่ากับศูนย์ จะได้อัตราส่วนใหม่ที่เท่ากับอัตราส่วนเดิม
2. การหาอัตราส่วนที่เท่ากันโดยใช้หลักการหาร เมื่อหารแต่ละจำนวนในอัตราส่วนใดด้วยจำนวนเดียวกันโดยที่จำนวนนั้นไม่เท่ากับศูนย์จะได้อัตราส่วนใหม่ที่เท่ากับอัตราส่วนเดิม

5. สารการเรียนรู้

อัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วน $a : b$ คือ อัตราส่วนที่ได้จากการคูณจำนวนแรกและจำนวนหลังของอัตราส่วน $a : b$ ด้วยจำนวนเดียวกันที่ไม่ใช่ศูนย์ หรือการหารจำนวนแรกและจำนวนหลังของอัตราส่วน $a : b$ ด้วยจำนวนเดียวกันที่ไม่ใช่ศูนย์

$$\begin{array}{ccccccc} \text{เช่น} & 1 : 2 & = & 2 : 4 & = & 3 : 6 & = & 4 : 8 & = & 5 : 10 \\ \text{หรือ} & \frac{1}{2} & = & \frac{2}{4} & = & \frac{3}{6} & = & \frac{4}{8} & = & \frac{5}{10} \end{array}$$

การหาอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนที่กำหนดให้ มีหลักการ ดังนี้

1. การหาอัตราส่วนที่เท่ากันโดยใช้หลักการคูณ เมื่อคูณแต่ละจำนวนในอัตราส่วนใดด้วยจำนวนเดียวกันโดยที่จำนวนนั้นไม่เท่ากับศูนย์ จะได้อัตราส่วนใหม่ที่เท่ากับอัตราส่วนเดิม
2. การหาอัตราส่วนที่เท่ากันโดยใช้หลักการหาร เมื่อหารแต่ละจำนวนในอัตราส่วนใดด้วยจำนวนเดียวกันโดยที่จำนวนนั้นไม่เท่ากับศูนย์จะได้อัตราส่วนใหม่ที่เท่ากับอัตราส่วนเดิม

หลักการหาอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนที่กำหนดให้ มี 2 วิธี คือ ใช้หลักการคูณและหลักการหาร

1. การใช้หลักการคูณ เมื่อคูณแต่ละจำนวนในอัตราส่วนใดด้วยจำนวนเดียวกันโดยที่จำนวนนั้นไม่เท่ากับศูนย์ จะได้อัตราส่วนใหม่ที่เท่ากับอัตราส่วนเดิม หรือใช้หลักการเดียวกับการหาเศษส่วนที่เท่ากับเศษส่วนที่กำหนดให้

$$A : B \text{ เมื่อ } C \neq 0 \quad \text{จะได้} \quad A \times C : B \times C$$

$$\frac{a}{b} \text{ เมื่อ } C \neq 0 \quad \text{จะได้} \quad \frac{a \times C}{b \times C} = \frac{aC}{bC}$$

ตัวอย่างที่ 1 อัตราส่วน $5 : 7$ $10 : 14$ และ $15 : 21$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากันหรือไม่ เพราะอะไร

วิธีที่ 1 หาอัตราส่วนที่เท่ากันโดยใช้หลักการคูณ

$$\text{เมื่อใช้หลักการคูณจะได้ว่า } \frac{5}{7} = \frac{5 \times 2}{7 \times 2} = \frac{10}{14}$$

ทำให้ $5 : 7$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากันกับ $10 : 14$

$$\text{และ } \frac{5}{7} = \frac{5 \times 3}{7 \times 3} = \frac{15}{21}$$

ทำให้ $5 : 7$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากันกับ $15 : 21$

ดังนั้น $5 : 7$, $10 : 14$, $15 : 21$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากัน

วิธีที่ 2 การตรวจคำตอบโดยใช้การคูณไขว้

$$\begin{array}{l} \text{ตรวจคำตอบว่า} \\ \text{โดยใช้การคูณไขว้} \\ \text{จะได้} \\ \text{ดังนั้น} \end{array} \quad \begin{array}{ccc} \frac{5}{7} & \text{และ} & \frac{10}{14} \\ \frac{5}{7} & \begin{array}{c} \swarrow \searrow \\ \times \end{array} & \frac{10}{14} \\ 5 \times 14 = 70 & \text{และ} & 10 \times 7 = 70 \\ 70 & = & 70 \end{array}$$

และ

$$\begin{array}{l} \text{ตรวจคำตอบว่า} \\ \text{โดยใช้การคูณไขว้} \\ \text{จะได้} \\ \text{ดังนั้น} \end{array} \quad \begin{array}{ccc} \frac{10}{14} & \text{และ} & \frac{15}{21} \\ \frac{10}{14} & \begin{array}{c} \swarrow \searrow \\ \times \end{array} & \frac{15}{21} \\ 10 \times 21 = 210 & \text{และ} & 15 \times 14 = 210 \\ 210 & = & 210 \end{array}$$

2. **การใช้หลักการหาร** เมื่อหารแต่ละจำนวนในอัตราส่วนใดด้วยจำนวนเดียวกันโดยที่จำนวนนั้นไม่เท่ากับศูนย์จะได้อัตราส่วนใหม่ที่เท่ากับอัตราส่วนเดิม หรือใช้หลักการเดียวกับการหาเศษส่วนที่เท่ากับเศษส่วนที่กำหนดให้

$$A : B \text{ เมื่อ } C \neq 0 \quad \text{จะได้} \quad \frac{A}{C} : \frac{B}{C}$$

$$\frac{a}{b} \text{ เมื่อ } C \neq 0 \quad \text{จะได้} \quad \frac{a \div C}{b \div C}$$


ตัวอย่างที่ 2 อัตราส่วน $120 : 60$ $60 : 30$ และ $30 : 15$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากันหรือไม่ เพราะอะไร

วิธีที่ 1 หาอัตราส่วนที่เท่ากันโดยใช้หลักการหาร


$$\text{เมื่อใช้หลักการหารจะได้ว่า } \frac{120}{60} = \frac{120 \div 2}{60 \div 2} = \frac{60}{30}$$

ทำให้ $120 : 60$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากับ $60 : 30$
 และ $\frac{120}{60} = \frac{120 \div 4}{60 \div 4} = \frac{30}{15}$
 ทำให้ $120 : 60$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากับ $30 : 15$
 ดังนั้น $120 : 60$, $60 : 30$, $30 : 15$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากัน

วิธีที่ 2 การตรวจคำตอบโดยใช้การคูณไขว้

ตรวจคำตอบว่า $\frac{120}{60}$ และ $\frac{60}{30}$
 โดยใช้การคูณไขว้ $\frac{120}{60}$  $\frac{60}{30}$
 จะได้ $120 \times 30 = 360$ และ $60 \times 60 = 360$
 ดังนั้น $360 = 360$

และ

ตรวจคำตอบว่า $\frac{120}{60}$ และ $\frac{30}{15}$
 โดยใช้การคูณไขว้ $\frac{120}{60}$  $\frac{30}{15}$
 จะได้ $120 \times 15 = 1800$ และ $30 \times 60 = 1800$
 ดังนั้น $1800 = 1800$

ตัวอย่างที่ 3 ให้นักเรียนตอบคำถาม ดังต่อไปนี้ (ข้อที่ 1 ในแบบฝึกหัดที่ 2.1)

3.1) อัตราส่วน $25 : 50$ $50 : 100$ และ $100 : 200$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากันหรือไม่ โดยให้นักเรียนแสดงวิธีทำโดยใช้หลักการคูณ หลักการหาร และการตรวจคำตอบโดยการคูณไขว้

วิธีที่ 1 หาอัตราส่วนที่เท่ากันโดยใช้หลักการคูณ

เมื่อใช้หลักการคูณจะได้ว่า $\frac{25}{50} = \frac{25 \times 2}{50 \times 2} = \frac{50}{100}$

คือ $25 : 50$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากับ $50 : 100$

$$\frac{25}{50} = \frac{25 \times 4}{50 \times 4} = \frac{100}{200}$$

คือ $25 : 50$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากับ $100 : 200$

ดังนั้น $25 : 50 = 50 : 100 = 100 : 200$

วิธีที่ 2 หาอัตราส่วนที่เท่ากันโดยใช้หลักการหาร

เมื่อใช้หลักการหารได้ว่า $\frac{100}{200} = \frac{100 \div 2}{200 \div 2} = \frac{50}{100}$

คือ $100 : 200$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากับ $50 : 100$

$$\frac{100}{200} = \frac{100 \div 4}{200 \div 4} = \frac{25}{50}$$

คือ $100 : 200$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากับ $25 : 50$

$$\text{ดังนั้น } 100 : 200 = 50 : 100 = 25 : 50$$

วิธีที่ 3 การตรวจคำตอบโดยใช้การคูณไขว้

ตรวจคำตอบว่า

$$\frac{25}{50} \quad \text{และ} \quad \frac{50}{100}$$

โดยใช้การคูณไขว้

$$\frac{25}{50} \quad \times \quad \frac{50}{100}$$

จะได้

$$25 \times 100 = 2500 \quad \text{และ} \quad 50 \times 50 = 2500$$

ดังนั้น

$$2500 = 2500$$

และ

ตรวจคำตอบว่า

$$\frac{25}{50} \quad \text{และ} \quad \frac{100}{200}$$

โดยใช้การคูณไขว้

$$\frac{25}{50} \quad \times \quad \frac{100}{200}$$

จะได้

$$25 \times 200 = 5000 \quad \text{และ} \quad 100 \times 50 = 5000$$

ดังนั้น

$$5000 = 5000$$

3.2) ให้นักเรียนเขียนอัตราส่วนที่เท่ากับ $25 : 50$ $50 : 100$ และ $100 : 200$ เพิ่มอีก 3 อัตราส่วนว่ามีอัตราส่วนใดบ้าง

ตอบ $1 : 2$, $5 : 10$, $200 : 400$, $300 : 600$, $400 : 800$

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นเตรียมความพร้อม (5 นาที)

1. (ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) : E_1) ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดการคิด วิเคราะห์และแสดงออกถึงความรู้เดิม เกี่ยวกับบทเรียน เรื่อง ความหมายของอัตราส่วน โดยใช้คำถาม ดังนี้

- ความหมายของอัตราส่วนหมายถึงอะไร (ความสัมพันธ์ที่แสดงการเปรียบเทียบสองปริมาณ ซึ่งอาจมีหน่วยเดียวกันหรือหน่วยต่างกันได้)
- ในการทำเค้กต้องใช้ส่วนผสม คือ แป้งต่อน้ำตาลในอัตราส่วน $10 : 5$ หมายถึงอะไร (ในการทำเค้กต้องใช้ส่วนผสม คือ แป้ง 10 ถ้วย ต่อน้ำตาล 5 ถ้วย)

- สรุปได้ไหมว่า ในการทำเค้กต้องใช้ส่วนผสม คือ แป้งต่อน้ำตาลในอัตราส่วน 10 : 5 แปลว่า ต้องใช้ส่วนผสมทั้งหมด 15 ถัง ถูกต้องหรือไม่ (ถูก ในกรณีที่ส่วนผสมทั้งหมดมี 15 ถัง หรือ ไม่ถูก ในกรณีที่อาจมีส่วนผสมทั้งหมดมี 30 ถัง)

ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (25 นาที)

2. (ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) : E_2) ครูชวนนักเรียนคุยหรือใช้คำถามเพื่อสร้างความสนใจในเรื่องที่จะเรียน โดยพูดถึงสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับอุปกรณ์การเรียน และราคาอุปกรณ์การเรียน โดยใช้คำถาม ดังนี้

- นักเรียนใช้อย่างละกี่ห่ออะไร (สแตดเลอร์ เพนเทล ซากุระ ควอนดั้ม)
- นักเรียนมีปัจจัยอะไรบ้างในการเลือกซื้ออย่างละ (ราคา ยี่ห้อ ขนาด)
- มีวิธีการเลือกอย่างไร (คุ้มค่า สวย คุณภาพดี ราคาถูก)
- ซื้อมาราคาเท่าไร (7 บาท 10 บาท 20 บาท 40 บาท)

3. ครูแสดงรูปป้ายราคายางลบและถามคำถามเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ โดยให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม โดยใช้คำถาม ดังนี้

- ถ้าราคายางลบก้อนละ 20 บาท นักเรียนมีวิธีเขียนอัตราส่วนแสดงจำนวนยางลบ 1 ก้อน ต่อราคาอย่างไร (1 : 20)
- ถ้านักเรียนต้องการซื้อยางลบ 2 ก้อน นักเรียนมีวิธีเขียนอัตราส่วนแสดงจำนวนยางลบต่อราคาอย่างไร จะต้องจ่ายเงินเท่าไร มีวิธีคิดได้อย่างไร (2 : 40 จ่ายเงิน 40 บาท มีวิธีคิด คือ จำนวนยางลบ 1 ก้อน ราคา 20 บาท ดังนั้น ถ้าต้องการซื้อยางลบ 2 ก้อน จะต้องจ่ายเงิน 2×20 บาท)
- ถ้านักเรียนต้องการซื้อยางลบ 4 ก้อน นักเรียนมีวิธีเขียนอัตราส่วนแสดงจำนวนยางลบต่อราคาอย่างไร จะต้องจ่ายเงินเท่าไร มีวิธีคิดได้อย่างไร (4 : 80 จ่ายเงิน 80 บาท มีวิธีคิด คือ จำนวนยางลบ 1 ก้อน ราคา 20 บาท ดังนั้น ถ้าต้องการซื้อยางลบ 4 ก้อน จะต้องจ่ายเงิน 4×20 บาท)
- แต่ละคำตอบนักเรียนสามารถเขียนในรูปเศษส่วนได้อย่างไร ($\frac{1}{20}, \frac{2}{40}, \frac{4}{80}$)

4. ครูแจกใบกิจกรรมให้นักเรียน

5. (ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) : E_3) จากตัวอย่างบนกระดานเกี่ยวกับราคายางลบ ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนยางลบและราคายางลบ โดยใช้คำถาม ดังนี้

- จากตัวอย่างอัตราส่วนบนกระดาน นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร (อัตราส่วนมีการเพิ่มขึ้น)

- จำนวนยางลบและราคารายยางลบมีความสัมพันธ์กันอย่างไร และมีวิธีการคิดอย่างไร (ถ้าจำนวนยางลบเพิ่มขึ้น ราคารายยางลบก็จะเพิ่มขึ้น วิธีคิด คือ จำนวนยางลบ 1 ก้อน ราคา 20 บาท จำนวนยางลบ 2 ก้อน ราคา 2×20 บาท จำนวนยางลบ 4 ก้อน ราคา 4×20 บาท

6. จากตัวอย่างอัตราส่วนบนกระดาน 1 : 20 2 : 40 และ 4 : 80 ครูให้นักเรียนจับกลุ่ม 2-4 คนโดยคละระดับความสามารถ เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น พิจารณาความสัมพันธ์ของอัตราส่วนแต่ละคู่ และให้นักเรียนอธิบายเหตุผลของตนเองลงในใบกิจกรรมที่ 2.1 ข้อ 1.1 โดยครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นนักเรียนให้เกิดการคิดวิเคราะห์ ดังนี้

- จากอัตราส่วนคู่ที่ 1 (1 : 20 และ 2 : 40) มีความสัมพันธ์กันอย่างไร (อัตราส่วนเพิ่มขึ้น)
- เพิ่มขึ้นอย่างไร มีวิธีการคิดอย่างไร (เพิ่มขึ้นโดยการคูณ 2 วิธีคิด คือ $1:20 = 1 \times 2:20 \times 2 = 2:40$)
- ถ้ามอัตราส่วนคู่ที่ 2 และ 3 ในทำนองเดียวกันกับอัตราส่วนคู่ที่ 1

7. ครูยกตัวอย่างอัตราส่วน 4 : 8 และ 8 : 16 บนกระดาน แล้วใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์หาความสัมพันธ์หรือวิธีการคิด ว่ามีจำนวนใดบ้างที่เท่ากับอัตราส่วนที่อยู่บนกระดาน โดยใช้คำถาม ดังนี้

- มีจำนวนใดบ้างที่เท่ากับอัตราส่วนบนกระดาน (12 : 24 , 16 : 24 , 20 : 32)
- นักเรียนมีวิธีการคิดอย่างไร (เอามาคูณ)
- มีวิธีอื่นนอกเหนือจากนี้หรือไม่ ถ้ามีคือวิธีอะไร (มี วิธีหาร)

8. ครูให้นักเรียนทำข้อ 1.2 ในใบกิจกรรมที่ 2.1

9. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายคำตอบข้อ 1.1 และ 1.2 ในใบกิจกรรมที่ 2.1

10. ครูยกตัวอย่างที่ 1 โดยเขียนอัตราส่วนลงบนกระดาน อธิบายวิธีที่ 1 โดยใช้หลักการคูณ และใช้คำถามเพื่อให้คิดวิเคราะห์และสังเกตความสัมพันธ์ของอัตราส่วน เพื่อนำไปสู่วิธีที่ 2 ซึ่งเป็นวิธีการตรวจคำตอบโดยใช้วิธีการคูณไขว้ โดยใช้คำถาม ดังนี้

- อัตราส่วนแต่ละอัตราส่วนมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ให้อธิบาย (อัตราส่วนแต่ละอัตราส่วน เพิ่มขึ้น มีคำอธิบาย คือ อัตราส่วน 5 : 7 คูณ 2 ทั้งอัตราส่วนจะได้อัตราส่วน 10 : 14 และ คูณ 3 ทั้งอัตราส่วนจะได้อัตราส่วน 15 : 21)

- มีวิธีการทำให้เป็นอัตราส่วนที่เท่ากันได้อย่างไร (อัตราส่วน $5 : 7 = 5 \times 2 : 7 \times 2 = 10 : 14$ และ อัตราส่วน $5 : 7 = 5 \times 3 : 7 \times 3 = 15 : 21$)

11. ครูนำเสนอวิธีที่ 2 วิธีการตรวจคำตอบโดยใช้วิธีการคูณไขว้

12. ครูยกตัวอย่างที่ 2 โดยเขียนอัตราส่วนลงบนกระดาน อธิบายวิธีที่ 1 โดยใช้หลักการหาร และใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าอัตราส่วนในตัวอย่าง 2 เป็นอัตราส่วนที่เท่ากันหรือไม่ (ในทำนองเดียวกับข้อ 7) โดยใช้คำถาม ดังนี้

- อัตราส่วนแต่ละอัตราส่วนมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ให้อธิบาย (อัตราส่วนแต่ละอัตราส่วน ลดลง มีค่าอธิบาย คือ อัตราส่วน $120 : 60$ หาร 2 ทั้งอัตราส่วนตัวแรกและตัวหลังจะได้ อัตราส่วน $60 : 30$ และหาร 4 ทั้งอัตราส่วนตัวแรกและตัวหลังจะได้อัตราส่วน $30 : 15$)
- อัตราส่วนต่อไปนี้เท่ากันหรือไม่ เพราะอะไร (เท่ากัน เพราะอัตราส่วน $120 : 60 = 120 \div 2 : 60 \div 2 = 60 : 30$ และ อัตราส่วน $120 : 60 = 120 \div 4 : 60 \div 4 = 30 : 15$)
- นักเรียนมีวิธีการตรวจสอบอย่างไร (วิธีการตรวจคำตอบโดยใช้วิธีการคูณไขว้)

13. ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบอัตราส่วนในตัวอย่าง 1 และ 2 ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร (ในตัวอย่าง 1 ใช้หลักการคูณ และในตัวอย่าง 2 ใช้หลักการหาร)

14. (ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase) : E_4) ครูให้นักเรียนทำข้อ 1.3 ในใบกิจกรรมที่ 2.1 โดยการเขียนความหมายของอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วน $a : b$ เป็นภาษาของตนเอง

15. ครูและนักเรียนร่วมกันตอบคำถามข้อ 1.3 ในใบกิจกรรมที่ 2.1 และครูใช้คำถามเพื่อประเมินความเข้าใจของนักเรียน ดังนี้

- ให้นักเรียนอธิบายความหมายของอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วน $a : b$ ว่ามีความหมายว่าอย่างไร (อัตราส่วนที่ได้จากการคูณหรือหารจำนวนแรกและจำนวนหลังของอัตราส่วน $a : b$ ด้วยจำนวนเดียวกันที่ไม่ใช่ศูนย์)
- หลักการหาอัตราส่วนที่เท่ากันมีกี่หลักการ อะไรบ้าง (มี 2 หลักการ คือ หลักการคูณ และ หลักการหาร)
- มีวิธีการตรวจสอบว่าเป็นอัตราส่วนที่เท่ากันอย่างไร (วิธีการตรวจคำตอบโดยใช้วิธีการคูณไขว้)

ขั้นฝึกทักษะ (10 นาที)

16. (ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase/Elaboration Phase) : E_5) ครูแจกแบบฝึกหัดที่ 2.1 และให้นักเรียนทำข้อ 1 ในแบบฝึกหัดที่ 2.1 เพื่อประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะที่ได้จากขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป เพื่อเป็นการขยายกรอบความคิดให้กว้างขึ้นและเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วนที่เท่ากัน

17. ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาข้อ 1 ในแบบฝึกหัดที่ 2.1

ขั้นสรุปบทเรียน (10 นาที)

18. (ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) : E_6) ครูให้นักเรียนทำข้อ 2 ในใบกิจกรรมที่ 2.1 ครูอาจจะใช้คำถามระดับสูงลักษณะอื่นตามความเหมาะสม เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียน โดยใช้คำถาม ดังนี้

- นักเรียนมีวิธีการอย่างไรบ้าง ในการทำให้เป็นอัตราส่วนที่เท่ากัน (ใช้หลักการคูณและหลักการหาร)
- ในข้อ 2 โจทย์ให้อะไรมา (สูตรการทำสมทตี่เนื้อสับปะรด)
- ในข้อย่อยที่ 1 โจทย์ถามหาอะไร (อัตราของปริมาณของส่วนผสมการทำสมทตี่เนื้อสับปะรด ว่าแตกต่างกันเท่าไร)
- ในข้อย่อยที่ 2 โจทย์ถามหาอะไร (ถ้าต้องการสมทตี่เนื้อสับปะรดลดปริมาณลงครึ่งหนึ่ง จะต้องใช้ส่วนผสมอย่างละเท่าใด)
- นักเรียนมีวิธีการคิดอย่างไรในข้อย่อยที่ 2 ให้อธิบาย (ลดส่วนผสมทุกอย่างลงครึ่งหนึ่ง)
- ในข้อย่อยที่ 3 โจทย์ถามหาอะไร (ถ้าต้องการสมทตี่เนื้อสับปะรดเพิ่มปริมาณขึ้นเป็น 2 เท่า จะต้องใช้ส่วนผสมอย่างละเท่าใด)
- นักเรียนมีวิธีการคิดอย่างไรในข้อย่อยที่ 3 ให้อธิบาย (เพิ่มส่วนผสมทุกอย่างเป็น 2 เท่า)

19. (ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) : E_7) ให้นักเรียนยกตัวอย่างส่วนผสมของอาหารที่คล้ายคลึงกับข้อ 2 ในใบกิจกรรมที่ 2.1 พร้อมทั้งตอบคำถามลงในข้อ 2 ในแบบฝึกหัดที่ 2.1

20. ครูสรุปบทเรียน

7. สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

2. ใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง อัตราส่วนที่เท่ากัน

3. แบบฝึกหัดที่ 2.1 เรื่อง อัตราส่วนที่เท่ากัน

4. แหล่งข้อมูลต่างในห้องสมุด เช่น หนังสือเสริมทักษะ เอกสารและวารสารคณิตศาสตร์

5. ภาพยางลบที่ใช้ในการอภิปราย ในขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) : E_2)

8. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์การประเมิน	ผลการประเมิน (ผ่าน/ไม่ผ่าน)
ด้านความรู้				
1. อธิบายลักษณะของอัตราส่วนที่เท่ากันได้	1.สังเกตจากการตอบคำถามและการร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน 2.การทำใบกิจกรรมที่ 2.1 3.การทำแบบฝึกหัดที่ 2.1 4.การตรวจแบบฝึกหัดที่ 2.1	1.คำถามของครู 2.ใบกิจกรรมที่ 2.1 3.แบบฝึกหัดที่ 2.1	นักเรียนร้อยละ 70 ของทั้งหมดสามารถอธิบายลักษณะของอัตราส่วนที่เท่ากันได้ถูกต้อง ถือว่าผ่าน	
2. แสดงตัวอย่างอัตราส่วนที่เท่ากันในจำนวนอื่นๆ ได้อย่างถูกต้อง	1.สังเกตจากการตอบคำถามและการร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน 2.การทำใบกิจกรรมที่ 2.1 3.การทำแบบฝึกหัดที่ 2.1 4.การตรวจแบบฝึกหัดที่ 2.1	1. คำถามของครู 2.ใบกิจกรรมที่ 2.1 3.แบบฝึกหัดที่ 2.1	นักเรียนร้อยละ 70 ของทั้งหมดสามารถแสดงตัวอย่างอัตราที่เท่ากันในจำนวนอื่น ได้ถูกต้องถือว่าผ่าน	
3. บอกขั้นตอนของการแก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนที่เท่ากันได้ อย่างถูกต้อง	1.สังเกตจากการตอบคำถามและการร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน 2.การทำใบกิจกรรมที่ 2.1 3.การทำแบบฝึกหัดที่ 2.1 4.การตรวจแบบฝึกหัดที่ 2.1	1.คำถามของครู 2.ใบกิจกรรมที่ 2.1 3.แบบฝึกหัดที่ 2.1	นักเรียนร้อยละ 70 ของทั้งหมดสามารถบอกขั้นตอนของการแก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนที่เท่ากันได้ อย่างถูกต้องถือว่าผ่าน	

ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์				
1. แก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนที่เท่ากันได้ อย่างถูกต้องและสมบูรณ์	1.สังเกตจากการตอบคำถาม และการร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน 2.การทำใบกิจกรรมที่ 2.1 3.การทำแบบฝึกหัดที่ 2.1 4.การตรวจแบบฝึกหัดที่ 2.1	1.คำถามของครู 2.ใบกิจกรรมที่ 2.1 3.แบบฝึกหัดที่ 2.1	นักเรียนร้อยละ 70 ของทั้งหมดสามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนที่เท่ากันได้ อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ถือว่าผ่าน	
2. สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และนำเสนอได้อย่างถูกต้อง และชัดเจน	1.สังเกตจากการตอบคำถาม และการร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน 2.การทำใบกิจกรรมที่ 2.1 3.การทำแบบฝึกหัดที่ 2.1 4.การตรวจแบบฝึกหัดที่ 2.1	1. คำถามของครู 2.ใบกิจกรรมที่ 2.1 3.แบบฝึกหัดที่ 2.1	นักเรียนร้อยละ 70 ของทั้งหมดสามารถสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอได้ถูกต้องและชัดเจนถือว่าผ่าน	
ด้านคุณสมบัติที่พึงประสงค์				
1. มีความละเอียดรอบคอบในการคำนวณแก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนที่เท่ากัน	1.การทำใบกิจกรรมที่ 2.1 2.การทำแบบฝึกหัดที่ 2.1	1.ใบกิจกรรมที่ 2.1 2.แบบฝึกหัดที่ 2.1	นักเรียนร้อยละ 80 ของทั้งหมดมีความละเอียดรอบคอบในการคำนวณแก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนที่เท่ากันถือว่าผ่าน	
2. มีความรับผิดชอบตรงต่อเวลา และซื่อสัตย์ในการทำงาน	1.การทำใบกิจกรรมที่ 2.1 2.การทำแบบฝึกหัดที่ 2.1	1.ใบกิจกรรมที่ 2.1 2.แบบฝึกหัดที่ 2.1	นักเรียนร้อยละ 80 ของทั้งหมดมีความรับผิดชอบตรงต่อเวลา และซื่อสัตย์ในการทำงานถือว่าผ่าน	
3. มีความกล้าที่จะแสดงออก และการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน	1.การทำใบกิจกรรมที่ 2.1 2.การทำแบบฝึกหัดที่ 2.1	1.ใบกิจกรรมที่ 2.1 2.แบบฝึกหัดที่ 2.1	นักเรียนร้อยละ 80 ของทั้งหมดมีความกล้าแสดงออกและมีส่วนร่วมในชั้นเรียนถือว่าผ่าน	

9. บันทึกหลังการสอน

ผลการสอน

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

แนวทางการแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(นางสาว สุสิริยา จิรากุลนันท์ชัย)

ผู้สอน



ใบกิจกรรมที่ 2.1

ข้อที่ 1.1

1 : 20

2 : 40

4 : 80

จากอัตราส่วนเกี่ยวกับจำนวนยางลบและราคายางลบ บนกระดาน นักเรียนสามารถ
พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนแต่ละคู่ได้อย่างไร

คู่ที่ 1 อัตราส่วน 1 : 20 และ 2 : 40

คู่ที่ 2 อัตราส่วน 1 : 20 และ 4 : 80

คู่ที่ 3 อัตราส่วน 4 : 80 และ 2 : 40



ข้อ 1.2

8 : 16

ให้นักเรียนยกตัวอย่างอัตราส่วนที่มีความสัมพันธ์เหมือนกับอัตราส่วนข้างต้น (ในข้อ 1.1)

มา 2 อัตราส่วน

นักเรียนมีวิธีการหาอย่างไร

ข้อ 1.3 ให้นักเรียนบอกความหมายของอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วน $a : b$ เป็นภาษาของตนเอง

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

ข้อที่ 2 จากสูตรการทำ สมูทตี้เนื้อสับปะรด มีส่วนผสม ดังนี้

เนื้อสับปะรด 8 ช้อนโต๊ะ

นมข้นหวาน 3 ช้อนโต๊ะ

นมสด $\frac{1}{4}$ ช้อนโต๊ะ

น้ำเชื่อม $\frac{1}{2}$ ช้อนโต๊ะ

น้ำแข็ง 5 ช้อนโต๊ะ

นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ลงในเครื่องปั่น ปั่นจนเนื้อส่วนผสมเนียนละเอียด

ให้นักเรียนตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. จงหาอัตราส่วนของปริมาณของส่วนผสมต่าง ๆ จากสูตร สมูทตี้เนื้อสับปะรด ข้างต้น

1.1 เนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม

1.2 นมสดต่อนมข้นหวาน

1.3 น้ำเชื่อมต่อน้ำแข็ง

2. ถ้าต้องการสมูทตี้เนื้อสับปะรดลดปริมาณลงครึ่งหนึ่ง จะต้องใช้ส่วนผสมอย่างละเท่าใด

.....

3. ถ้าต้องการสมูทตี้เนื้อสับปะรดเพิ่มปริมาณขึ้นเป็น 4 เท่า จะต้องใช้ส่วนผสมอย่างละเท่าใด

.....

เฉลยใบกิจกรรมที่ 2.1

ข้อที่ 1.1

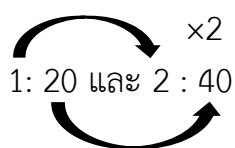
1: 20

2 : 40

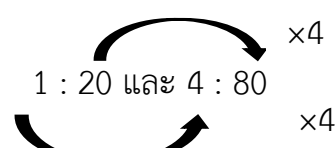
4 : 80

จากอัตราส่วนเกี่ยวกับจำนวนยางลบและราคายางลบ บนกระดาน นักเรียนสามารถ
พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนแต่ละคู่ได้อย่างไร

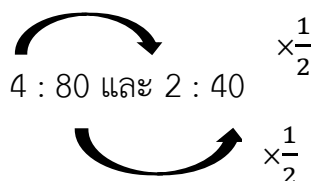
คู่มือ 1 อัตราส่วน 1 : 20 และ 2 : 40



คู่ที่ 2 อัตราส่วน 1 : 20 และ 4 : 8



คู่ที่ 3 อัตราส่วน 4 : 80 และ 2 : 40



ข้อ 1.2

8 : 16

จงยกตัวอย่างอัตราส่วนที่มีความสัมพันธ์เหมือนกันกับอัตราส่วนข้างต้น (ในข้อ 1.1) มา 2 อัตราส่วน

มีวิธีการหาอย่างไร ตัวหน้าของอัตราส่วนแรกและตัวหน้าของอัตราส่วนหลังเพิ่มขึ้นโดยการคูณ 2 และตัวหลังของอัตราส่วนแรกและตัวหลังของอัตราส่วนหลังเพิ่มขึ้นโดยการคูณ 2

ข้อ 1.3 ให้นักเรียนบอกความหมายของอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วน $a : b$ เป็นภาษาของตนเอง

อัตราส่วนที่ได้จากการคูณหรือหารจำนวนแรกและจำนวนหลังของอัตราส่วน $a : b$ ด้วยจำนวนเดียวกันที่ไม่ใช่ศูนย์

ข้อที่ 2 จากสูตรการทำ สมูทตี้เนื้อสับปะรด มีส่วนผสม ดังนี้

เนื้อสับปะรด 8 ช้อนโต๊ะ	นมข้นหวาน 3 ช้อนโต๊ะ	นมสด $\frac{1}{4}$ ช้อนโต๊ะ
น้ำเชื่อม $\frac{1}{2}$ ช้อนโต๊ะ	น้ำแข็ง 5 ช้อนโต๊ะ	

นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ลงในเครื่องปั่น ปั่นจนเนื้อส่วนผสมเนียนละเอียด

ให้นักเรียนตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. จงหาอัตราส่วนของปริมาณของส่วนผสมต่าง ๆ จากสูตร สมูทตี้เนื้อสับปะรด ข้างต้น

1.1 เนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม $8 : \frac{1}{2}$

1.2 นมสดต่อนมข้นหวาน $\frac{1}{4} : 3$

1.3 น้ำเชื่อมต่อน้ำแข็ง $\frac{1}{2} : 5$

2. ถ้าต้องการสมูทตี้เนื้อสับปะรดลดปริมาณลงครึ่งหนึ่ง จะต้องใช้ส่วนผสมอย่างละเท่าใด

..... ลดปริมาณส่วนผสมทั้งหมดลงครึ่งหนึ่ง ดังนี้

เนื้อสับปะรด 4 ช้อนโต๊ะ นมข้นหวาน $\frac{3}{2}$ ช้อนโต๊ะ นมสด $\frac{1}{2}$ ช้อนโต๊ะ

น้ำเชื่อม $\frac{1}{4}$ ช้อนโต๊ะ น้ำแข็ง $\frac{5}{2}$ ช้อนโต๊ะ

3. ถ้าต้องการสมูทตี้เนื้อสับปะรดเพิ่มปริมาณขึ้นเป็น 4 เท่า จะต้องใช้ส่วนผสมอย่างละเท่าใด

..... เพิ่มปริมาณส่วนผสมทั้งหมดเป็น 4 เท่า ดังนี้

เนื้อสับปะรด 32 ช้อนโต๊ะ นมข้นหวาน 12 ช้อนโต๊ะ นมสด 1 ช้อนโต๊ะ

น้ำเชื่อม 2 ช้อนโต๊ะ น้ำแข็ง 20 ช้อนโต๊ะ

แบบฝึกหัดที่ 2.1

ข้อที่ 1 ให้นักเรียนตอบคำถาม ดังต่อไปนี้

1.1) อัตราส่วน 25 : 50 50 : 100 และ 100 : 200 เป็นอัตราส่วนที่เท่ากันหรือไม่ โดยให้นักเรียนแสดงวิธีทำโดยใช้หลักการคูณ หลักการหาร และการตรวจคำตอบโดยใช้การคูณไขว้

วิธีที่ 1 หาอัตราส่วนที่เท่ากันโดยใช้หลักการคูณ

อัตราส่วน 25 : 50 และ 50 : 100

เมื่อใช้หลักการคูณ จะได้ว่า

.....

.....

.....

.....

.....

อัตราส่วน 25 : 50 และ 100 : 200

เมื่อใช้หลักการคูณ จะได้ว่า

.....

.....

.....

.....

.....

ดังนั้น

.....

.....

วิธีที่ 2 หาอัตราส่วนที่เท่ากันโดยใช้หลักการหาร

อัตราส่วน 100 : 200 และ 50 : 100

เมื่อใช้หลักการหาร จะได้ว่า

.....

.....

.....

.....

.....

อัตราส่วน 100 : 200 และ 25 : 50

เมื่อใช้หลักการหาร จะได้ว่า

.....

.....

.....

.....

ดังนั้น

.....

.....

วิธีที่ 3 การตรวจคำตอบโดยใช้การคูณไขว้

จากอัตราส่วน 25 : 50 50 : 100 และ 100 : 200 สามารถเขียนในรูปเศษส่วนได้เป็น $\frac{25}{50}$ $\frac{50}{100}$

และ $\frac{100}{200}$ ตามลำดับ

ตรวจคำตอบว่า $\frac{25}{50}$ และ $\frac{50}{100}$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากันหรือไม่

.....

.....

.....

.....

ตรวจคำตอบว่า $\frac{50}{100}$ และ $\frac{100}{200}$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากันหรือไม่

.....

.....

.....

.....

1.2) ให้นักเรียนเขียนอัตราส่วนที่เท่ากับ 25 : 50 50 : 100 และ 100 : 200 เพิ่มอีก 3 อัตราส่วน ว่า มีอัตราส่วนใดบ้าง

ตอบ

.....

.....

ข้อที่ 2 ให้นักเรียนยกตัวอย่างส่วนผสมของอาหารที่คล้ายคลึงกับข้อ 2 ในใบกิจกรรมที่ 2.1 พร้อมทั้งตอบคำถาม

สูตร..... (ชื่ออาหาร) มีส่วนผสม ดังนี้

.....

.....

.....

ให้นักเรียนตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. จงเขียนอัตราส่วนของปริมาณของส่วนผสมต่าง ๆ จากสูตร..... (ชื่ออาหาร) มา 5 อัตราส่วนให้ชัดเจน

ตอบ

.....

.....

.....

.....

2. ถ้าต้องการทำ..... (ชื่ออาหาร) ในปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า จะต้องใช้ส่วนผสมอย่างละเท่าใด

ตอบ

.....

.....

.....

.....

3. ถ้าต้องการทำ..... (ชื่ออาหาร) ในปริมาณเป็น $\frac{1}{4}$ เท่า จะต้องใช้ส่วนผสมอย่างละเท่าใด

ตอบ

.....

.....

.....

.....

เฉลยแบบฝึกหัดที่ 2.1

ข้อที่ 1 ให้นักเรียนตอบคำถาม ดังต่อไปนี้

1.1) อัตราส่วน 25 : 50 50 : 100 และ 100 : 200 เป็นอัตราส่วนที่เท่ากันหรือไม่ โดยให้นักเรียนแสดงวิธีทำโดยใช้หลักการคูณ หลักการหาร และการตรวจคำตอบโดยใช้การคูณไขว้

วิธีที่ 1 หาอัตราส่วนที่เท่ากันโดยใช้หลักการคูณ

อัตราส่วน 25 : 50 และ 50 : 100

เมื่อใช้หลักการคูณ จะได้ว่า

.....จะได้ว่า..... $25 : 50 = 25 \times 2 : 50 \times 2 = 50 : 100$

.....ทำให้..... $25 : 50$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากัน..... $50 : 100$

อัตราส่วน 25 : 50 และ 100 : 200

เมื่อใช้หลักการคูณ จะได้ว่า

.....จะได้ว่า..... $25 : 50 = 25 \times 4 : 50 \times 4 = 100 : 200$

.....ทำให้..... $25 : 50$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากัน..... $100 : 200$

ดังนั้น $25 : 50$ $50 : 100$ $100 : 200$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากัน.....

วิธีที่ 2 หาอัตราส่วนที่เท่ากันโดยใช้หลักการหาร

อัตราส่วน 100 : 200 และ 50 : 100

เมื่อใช้หลักการหาร จะได้ว่า

.....จะได้ว่า..... $100 : 200 = 100 \div 2 : 200 \div 2 = 50 : 100$

.....ทำให้..... $100 : 200$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากัน..... $50 : 100$

อัตราส่วน 100 : 200 และ 25 : 50

เมื่อใช้หลักการหาร จะได้ว่า

.....จะได้ว่า..... $100 : 200 = 100 \div 4 : 200 \div 4 = 25 : 50$

.....ทำให้..... $100 : 200$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากัน..... $25 : 50$

ดังนั้น $100 : 200$ $50 : 100$ $25 : 50$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากัน.....

วิธีที่ 3 การตรวจคำตอบโดยใช้การคูณไขว้

จากอัตราส่วน $25 : 50$ $50 : 100$ และ $100 : 200$ สามารถเขียนในรูปเศษส่วนได้เป็น $\frac{25}{50}$ $\frac{50}{100}$

และ $\frac{100}{200}$ ตามลำดับ

ตรวจคำตอบว่า $\frac{25}{50}$ และ $\frac{50}{100}$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากันหรือไม่

โดยใช้การคูณไขว้ $\frac{25}{50} \times \frac{50}{100}$

จะได้ $25 \times 100 = 2500$ และ $50 \times 50 = 2500$

ดังนั้น $2500 = 2500$

ตรวจคำตอบว่า $\frac{25}{50}$ และ $\frac{100}{200}$ เป็นอัตราส่วนที่เท่ากันหรือไม่

โดยใช้การคูณไขว้ $\frac{25}{50} \times \frac{100}{200}$

จะได้ $25 \times 200 = 5000$ และ $100 \times 50 = 5000$

ดังนั้น $5000 = 5000$

1.2) ให้นักเรียนเขียนอัตราส่วนที่เท่ากับ $25 : 50$ $50 : 100$ และ $100 : 200$ เพิ่มอีก 3 อัตราส่วน ว่า มีอัตราส่วนใดบ้าง

ตอบ $1 : 2$, $5 : 10$, $200 : 400$, $300 : 600$, $400 : 800$

ข้อที่ 2 ให้นักเรียนยกตัวอย่างสูตรอาหารและส่วนผสมของอาหาร (คล้ายคลึงกับข้อ 2 ในใบกิจกรรมที่ 2.1 พร้อมทั้งตอบคำถาม

สูตร.....ไข่เจียวหอยหลอด..... (ชื่ออาหาร) มีส่วนผสม ดังนี้

.....ไข่ไก่ 3 ฟอง..... ขอสปรุงรส 3 ช้อนโต๊ะ..... ขอสหอยนางรม 1 ช้อนโต๊ะ.....
พริกชี้หูสวน 4 เมล็ด..... ใบหอมซอย 1 ช้อนโต๊ะ..... ใบโหระพา 20 ใบ.....
น้ำมันพืช สำหรับทอด 10 ช้อนโต๊ะ.....

ให้นักเรียนตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. จงเขียนอัตราส่วนของปริมาณของส่วนผสมต่าง ๆ จากสูตร.....ไข่เจียวหอยหลอด..... (ชื่ออาหาร) มา 5 อัตราส่วนให้ชัดเจน

ตอบ อัตราส่วนของจำนวนไข่ไก่ต่อปริมาณขอสปรุงรส เป็น 3 ฟอง : 3 ช้อนโต๊ะ.....

.....อัตราส่วนของปริมาณขอสหอยนางรมต่อจำนวนใบโหระพา เป็น 1 ช้อนโต๊ะ : 20 ใบ

อัตราส่วนของปริมาณขอสปรุงรสต่อจำนวนพริกชี้หูสวน เป็น 3 ช้อนโต๊ะ : พริกชี้หูสวน 4

เมล็ดยี่.....อัตราส่วนของปริมาณน้ำมันพืชต่อจำนวนใบหอมซอย เป็น 10 ช้อนโต๊ะ : 1 ช้อนโต๊ะ

.....อัตราส่วนของจำนวนใบโหระพาต่อจำนวนไข่ไก่ เป็น 20 ใบ : 3 ฟอง.....

2. ถ้าต้องการทำ.....ไข่เจียวหอยหลอด..... (ชื่ออาหาร) ในปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า จะต้องใช้ส่วนผสมอย่างละเท่าใด

ตอบเพิ่มปริมาณส่วนผสมทั้งหมดเป็น 4 เท่า..... ดังนี้

.....ไข่ไก่ 12 ฟอง..... ขอสปรุงรส 12 ช้อนโต๊ะ..... ขอสหอยนางรม 4 ช้อนโต๊ะ.....

.....พริกชี้หูสวน 16 เมล็ด..... ใบหอมซอย 4 ช้อนโต๊ะ..... ใบโหระพา 80 ใบ.....

.....น้ำมันพืช สำหรับทอด 40 ช้อนโต๊ะ.....

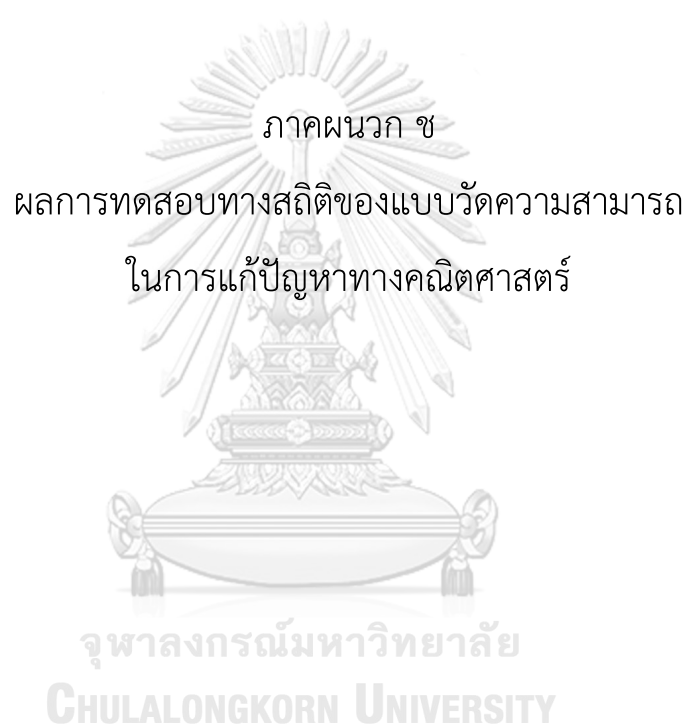
3. ถ้าต้องการทำ.....ไข่เจียวหอยหลอด..... (ชื่ออาหาร) จะลดปริมาณลงครึ่งหนึ่ง จะต้องใช้ส่วนผสมอย่างละเท่าใด

ตอบลดปริมาณส่วนผสมทั้งหมดลงครึ่งหนึ่ง..... ดังนี้

.....ไข่ไก่ 1.5 ฟอง..... ขอสปรุงรส 1.5 ช้อนโต๊ะ..... ขอสหอยนางรม 100 ช้อนโต๊ะ.....

.....พริกชี้หูสวน 8 เมล็ด..... ใบหอมซอย 1 ช้อนโต๊ะ..... ใบโหระพา 10 ใบ.....

.....น้ำมันพืช สำหรับทอด 10 ช้อนโต๊ะ.....



สำหรับการทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่ว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในการ
แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

สมมติฐานการทดลอง คือ

H_0 : ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียน \leq ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียน $>$ ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียน

ตารางที่ 25 ผลการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างก่อน
เรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (คะแนนเต็มฉบับละ 96 คะแนน)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
ด้านที่ 1	หลังเรียน	20.86	35	1.768	.299
	ก่อนเรียน	14.80	35	3.856	.652
ด้านที่ 2	หลังเรียน	14.80	35	3.288	.556
	ก่อนเรียน	10.26	35	4.111	.695
ด้านที่ 3	หลังเรียน	13.23	35	3.703	.626
	ก่อนเรียน	8.43	35	3.829	.647
ด้านที่ 4	หลังเรียน	9.80	35	3.341	.565
	ก่อนเรียน	4.89	35	3.724	.629
แก้ปัญหา	หลังเรียน	58.49	35	9.457	1.599
	ก่อนเรียน	38.51	35	11.215	1.896

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig.(2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95%Confidence interval of the Difference				
				Lower	Upper			
ด้านที่ 1 หลังเรียน – ก่อนเรียน	6.057	4.690	0.793	4.446	7.668	7.641	34	0.000
ด้านที่ 2 หลังเรียน – ก่อนเรียน	4.543	4.859	0.821	2.874	6.212	5.531	34	0.000
ด้านที่ 3 หลังเรียน – ก่อนเรียน	4.800	5.301	0.896	2.979	6.621	5.356	34	0.000
ด้านที่ 4 หลังเรียน – ก่อนเรียน	4.914	5.238	0.885	3.115	6.714	5.551	34	0.000
แก้ปัญหา หลังเรียน – ก่อนเรียน	19.971	16.120	2.725	14.434	25.509	7.330	34	0.000

จากตารางที่ 24 ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตหลังเรียนและก่อนเรียนเท่ากับ 58.49 และ 38.51 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 9.457 และ 11.215 และจากการทดสอบค่าที (t-test) ที่ $t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 34} = 1.69$ พบว่า $t = 7.330$ ซึ่ง $t > t_{\alpha, n-1}$ จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาว สุสิริยา ธีรากุลนันทชัย
วัน เดือน ปี เกิด	28 สิงหาคม 2533
สถานที่เกิด	กรุงเทพฯ
วุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษาปริญญาบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาการบัญชี มหาวิทยาลัยรามคำแหง ในปีการศึกษา 2558 และในปีการศึกษา 2560 ได้ เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา คณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 44 ซอยรามคำแหง 52/2 ถนนรามคำแหง เขตหัวหมาก อำเภอ บางกะปิ จังหวัดกรุงเทพฯ 10240



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY