

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์”
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
พฤษภาคม 2559

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์”
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
พฤษภาคม 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์”
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
พฤษภาคม 2559

นันทพล มีying. (2559). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย.

ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาณิพนธ์ อาจารย์ ดร.สุณิสา สุมิตรณะ.

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 2) ศึกษาผลของการใช้หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” ซึ่งกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้อง 32 คนที่ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ขั้นตอนดำเนินการวิจัยมี 2 ระยะ ระยะที่ 1 การสร้างและพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ ระยะที่ 2 การทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ 2) แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 หน่วยย่อย 20 คาบ 3) แบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ สถิติทดสอบ t- test for Dependent Samples และ t- test for One Sample

ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

ผลการสำรวจความคิดเห็นและสัมภาษณ์เกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนรู้ และความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ จากคณะกรรมการบริหารหลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย พบว่า ต้องการให้มีการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้หลักสูตรคณิตศาสตร์เพิ่มเติมอยู่ในระดับมาก

หน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่า มีความเหมาะสมของโครงสร้าง ระยะเวลา รายละเอียดของหน่วยการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการจัดการเรียนรู้ แหล่งการเรียนรู้ และสามารถพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผลการวิจัยจากระยะที่ 1 จึงได้หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” ซึ่งมีจำนวน 3 หน่วยย่อย 20 คาบ ได้แก่ หน่วยย่อยที่ 1 การแก้ปัญหาและยุทธวิธีในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หน่วยย่อยที่ 2 คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด และหน่วยย่อยที่ 3 สนุกกับคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการใช้หน่วยการเรียนรู้สูงกว่าก่อนใช้หน่วยการเรียนรู้ และทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการใช้หน่วยการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

THE DEVELOPMENT OF A LEARNING UNIT "FUN WITH THINKING: SOLVING
MATHEMATICS PROBLEMS THROUGH MATHEMATICAL SKILLS AND PROCESSES"
FOR GRADE NINE STUDENTS AT WATTANA WITTAYA ACADEMY



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Educational Science and Learning Management
at Srinakharinwirot University
November 2016

NunthaphonMeeyang. (2016). *The Development of a Learning Unit "Fun with thinking: Solving Mathematics Problems Through Mathematical Skills and Processes" for Grade Nine Students at Wattana Wittaya Academy*. Master's Thesis, M.Ed. (Science and Learning Management). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor: Dr.Sunisa Sumirattana.

The purposes of this research were 1) To create and develop a learning unit, entitled "Fun with thinking: solving Mathematical problems through Mathematical Skills and Processes" with for grade nine students and to compare the results of using a learning unit; 2) This study compared the performance of students both before and after studying with the learning unit and to compare all aspects of the criteria (70%). The subjects of this study consisted of thirty two Grade Nine students in the first semester of the 2016 academic year at Wattana Wittaya Academy. They were randomly selected by using Cluster Random Sampling. The duration of the experiment was twenty five minute periods. The One-group Pretest-Posttest design was employed in this. The instruments used for data collection included the Mathematical Skills and Processes test, lesson plans, a questionnaire and an interview. This research had two phases, the creation and development of learning unit as the first phase and trying out the learning unit in the second phase. The data were statistically analyzed using a t-test for Dependent Samples and One Sample.

The results of this study revealed the following:

It was deemed necessary by the mathematics department and the academic board that it was necessary to improve a learning unit on a large scale and emphasize Mathematical skills and processes.

The experts specified the suitability of aspects including time period, contents, learning processes, materials, and learning sources in the unit, as well as an emphasis on Mathematical skills and processes. The results of Phase One revealed that the learning unit, "Fun with thinking : solving mathematics problem through Mathematical Skills and Processes", consisted of three sub-units for twenty periods of teaching such as Sub-unit 1: Problem solving and strategies to solve math problems, Sub-unit 2 : Mathematics to improve mathematical thinking and Sub-unit 3 : Fun with Maths in daily life.

The results of Phase Two revealed that the Mathematical skills and processes of grade nine students after using "Fun with thinking: solving mathematics problem through Mathematical Skills and Processes" was statistically higher than before using the learning unit and statistically higher than the 70% criteria at a .05 level of significance.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์”
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย
ของ
นนทพล มียิ่ง

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ.ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
วันที่..... เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาประธาน
(อาจารย์ ดร.สุณิสา สุมิตรณะ) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิศจรา เลิศอมรพงษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สุณิสา สุมิตรณะ)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย
จาก
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยความกรุณา และการให้คำปรึกษาจากอาจารย์ ดร.สุณิสา สุมิตรณะ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ให้ความเมตตาอนุเคราะห์ดูแลเอาใจใส่และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิจัย ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชูชาติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิศรรา เลิศอมรพงษ์ อาจารย์ ดร.รุ่งทิวา แยมรุ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัช มีชาญ คณะกรรมการสอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์และสอบปากเปล่าทุกท่าน ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้ปริญญานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์พรจันทร์ ล่องสกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยศักดิ์ สีลาจรัสกุล อาจารย์ ดร.รุ่งทิวา แยมรุ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย อักษรคิด อาจารย์เกติษฐ จันทรขจร และ อาจารย์อวยพร แสงหิรัญ ที่กรุณาอุทิศเวลาในการเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอบคุณพระเจ้าที่ทรงเมตตาจัดเตรียมทุกสิ่งในชีวิตของผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้บริหาร คณะครูโรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย ที่ได้อำนวยความสะดวกในการให้ข้อมูลเบื้องต้น การให้ความช่วยเหลือ และการเก็บข้อมูล รวมทั้งขอขอบใจนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สำหรับการเก็บข้อมูล และการทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้ ให้ผู้วิจัยทำการวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วง คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นสิ่งที่สะท้อนถึงการอบรมของครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทั้งปวงแก่ผู้วิจัยรวมทั้งการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้อันเป็นประโยชน์ ต่อการพัฒนาการเรียนรู้คณิตศาสตร์ การจัดหลักสูตรที่มีประสิทธิภาพ ตลอดจนแนวทางการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เป็นหัวใจในการจัดการเรียนรู้เพื่อเยาวชนต่อไป

นนทพล มียิ่ง

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความมุ่งหมายในการทำวิจัย.....	6
ความสำคัญของการวิจัย.....	6
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	7
ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา.....	7
เนื้อหา.....	7
ระยะเวลาในการทดลอง.....	9
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	11
สมมติฐานการวิจัย.....	11
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
หลักสูตร หน่วยการเรียนรู้และการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้.....	14
ความหมายของหลักสูตรและความสำคัญของหลักสูตร.....	14
หน่วยการเรียนรู้ และการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้.....	18
การประเมินหลักสูตร และการประเมินหน่วยการเรียนรู้.....	23
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้.....	27
ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	31
ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	40
ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์.....	54
ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	67
ทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	89
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	102
ระยะที่ 1 การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้.....	104
ระยะที่ 2 การทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้.....	109

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	115
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้.....	115
ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้.....	126
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	130
สรุปผลการวิจัย.....	133
การอภิปรายผล.....	134
ข้อสังเกตที่ได้จากการวิจัย.....	139
ข้อเสนอแนะ.....	140
ข้อเสนอแนะทั่วไป.....	140
ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป.....	141
บรรณานุกรม.....	142
ภาคผนวก.....	155
ภาคผนวก ก.....	156
ภาคผนวก ข.....	158
ภาคผนวก ค.....	193
ภาคผนวก ง.....	202
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	209

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	เนื้อหาหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์”	8
2	เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	34
3	รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของโพลยา...	49
4	รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามรูปแบบของชาร์ลส์และเลสเทอร์.....	52
5	เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามรูปแบบของจินดิษฐ์ ละออบักษิณ.....	65
6	เกณฑ์ให้คะแนนแบบรูบริคเพื่อประเมินเกี่ยวกับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	76
7	การให้คะแนนความคิดริเริ่มของทอแรนซ์.....	98
8	ลำดับของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้.....	108
9	แบบแผนการทดลอง.....	110
10	ผลของแบบสอบถามความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้หลักสูตรคณิตศาสตร์.....	116
11	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้.....	119
12	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเหมาะสมและความสอดคล้อง ของรายละเอียดของหน่วยการเรียนรู้.....	120
13	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบต่างๆ ในแผนการจัดการเรียนรู้.....	121
14	หน่วยการเรียนรู้ก่อนและหลังการปรับปรุงจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ.....	123
15	หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์”.....	125
16	การเปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้.....	126
17	การเปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังใช้หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” เทียบกับเกณฑ์ (ร้อยละ 70).....	127

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
18 การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำแนกตามรายทักษะที่ต้องการวัดจากข้อที่คัดเลือกไว้ตามเกณฑ์ จำนวน 7 ข้อ.....	178
19 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	194
20 ค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	195
21 ค่า $\sum X_i$, $\sum X_i^2$, s_i^2 ที่ใช้ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	196
22 ค่า $\sum X_i$, $\sum X_i^2$ ทั้งฉบับ เพื่อใช้ในการหาค่า s_i^2 ที่ใช้ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	196
23 คะแนนทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยใช้หน่วยการเรียนรู้.....	199
24 เนื้อหาหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” และทักษะเป้าหมายที่ต้องการพัฒนา.....	203
25 การออกแบบโครงสร้างการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์”	205

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	11
2 ลำดับขั้นการคิดของครูฝึกและเทคนิค.....	55
3 แผนภาพแสดงขั้นตอนการวิจัย 2 ระยะ.....	103



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

สังคมโลกในปัจจุบันได้ก้าวเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจฐานความรู้ (Knowledge based economy) ความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการสื่อสาร ทำให้แต่ละประเทศมีการติดต่อและแลกเปลี่ยนระหว่างวัฒนธรรมมากขึ้น ประเทศไทยจะมีความสัมพันธ์กับชุมชนบนโลกบนพื้นฐานของความเท่าเทียม โดยสามารถในการแข่งขันและร่วมมือกับประชาคมโลกได้ จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนแนวทางการจัดการศึกษาให้สามารถพัฒนาคนและสังคมไทยให้มีสมรรถนะในการแข่งขันและมีคุณภาพสูงขึ้น ซึ่งต้องเลือกรับกระแสวัฒนธรรมต่างชาติในส่วนที่ดี รวมถึงยังคงความภาคภูมิใจในความเป็นไทย ตลอดจนกระจายอำนาจในการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้ทันต่อสถานการณ์โลก (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2553: ส่วนนำ) การจัดการศึกษาใช้กระบวนการเรียนรู้เป็นเครื่องมือในการสร้างคนให้มีคุณภาพบรรลุตามเป้าหมายผลผลิตที่ต้องการคือคุณภาพของผู้เรียนเช่นมีความรู้ควบคู่กับคุณธรรม มีทักษะชีวิตเป็นคนดีคนเก่งและมีความสุขหรือมีผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาสูงเป็นต้นการจัดการศึกษาเพื่อมุ่งให้เกิดคุณลักษณะของผู้เรียนตามที่กำหนดไว้ต้องมีการวิเคราะห์และออกแบบวิธีการสู่การปฏิบัติให้เกิดสัมฤทธิ์ผลนั้นต้องมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันระหว่างหลักสูตรการจัดกระบวนการเรียนรู้และการวัดผลประเมินผล การเรียนรู้ของผู้เรียนหากมองปัญหาการศึกษาสิ่งที่มองข้ามไม่ได้คือกระบวนการเรียนรู้ซึ่งเป็นเครื่องมือในการสร้างคุณภาพของคนองค์ประกอบแรกที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการเรียนรู้ในระบบการศึกษาคือหลักสูตรการศึกษา และเป็นที่ทราบกันว่ากฎหมายการศึกษากำหนดให้กระทรวงศึกษาธิการจัดทำหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานและให้อำนาจสถานศึกษาหรือโรงเรียนในการจัดทำสาระของหลักสูตรสถานศึกษาให้สอดคล้องกับบริบทของการจัดการศึกษาในแต่ละสถานศึกษา โดยกำหนดสัดส่วนเป็นหลักสูตรแกนกลางร้อยละ 70 และหลักสูตรที่กำหนดโดยสถานศึกษาร้อยละ 30 ซึ่งแต่ละแห่งอาจเพิ่มจุดเน้นตามความต้องการจำเป็นของพื้นที่ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. 2558: 34-35) การศึกษาจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญในการพัฒนาประเทศให้มีความเจริญก้าวหน้าทันต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทั้งด้านเศรษฐกิจ การเมือง และสังคมทั้งยังเป็นเครื่องมือในการสร้างกำลังคนของประเทศให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพตามที่มุ่งหวัง เพราะฉะนั้นกำลังคนจะมีประสิทธิภาพเพียงใดนั้น ย่อมขึ้นกับประสิทธิภาพในการจัดการศึกษาเป็นสำคัญ (สุนีย์ ภูพันธ์. 2546: 3)

เพราะการศึกษาช่วยวางรากฐานทางความคิดของคนอันจะส่งผลต่อการประพฤติปฏิบัติ เจตคติ และอุปนิสัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเยาวชนที่จะเจริญเติบโตขึ้นมาเป็นกำลังสำคัญของประเทศในอนาคต จึงควรได้รับการศึกษาที่ดี มีคุณภาพ ดังพระบรมราโชวาทของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว พระราชทานในพิธีพระราชทานปริญญาบัตรแก่บัณฑิตวิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร เมื่อวันที่ 29 พฤศจิกายน 2514 ความว่า

...การให้การศึกษาอีกชั้นหนึ่ง คือ การสอนและการฝึกฝนให้เรียนรู้วิทยาการที่ก้าวหน้าขึ้นไป พร้อมทั้งการฝึกฝนให้รู้จักใช้เหตุผล สติปัญญา และหาหลักการชีวิต เพื่อให้สามารถสร้างสรรค์ ความเจริญงอกงาม ทั้งทางกายและทางความคิด ผู้ทำงานด้านการศึกษาจึงมีความสำคัญเป็นพิเศษ และได้รับความยกย่องเป็นอย่างสูงตลอดมา ในฐานะที่เป็นผู้ให้ชีวิตจิตใจตลอดจนความเจริญทุกอย่าง แก่ผู้อื่น...

นอกจากนี้ พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ปีพุทธศักราช 2542 ฉบับปรับปรุงแก้ไข เพิ่มเติมปี พุทธศักราช 2545 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2546: 2) ได้ระบุใน มาตรา 4 ว่า การศึกษา หมายถึง กระบวนการเรียนรู้เพื่อความเจริญ งอกงามของบุคคลและสังคม โดยการถ่ายทอดความรู้ การฝึกการอบรม การสืบสานทางวัฒนธรรม การสร้างสรรค์จรรโลง ความก้าวหน้าทางวิชาการ การสร้างองค์ความรู้อันเกิดจากการจัดสภาพแวดล้อม สังคม การเรียนรู้ และปัจจัยเกื้อหนุนให้บุคคลเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต และในมาตรา 22 ระบุว่า การจัดการศึกษา ต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนา ตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญ ที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ ดังนั้นการศึกษาที่ดี มีคุณภาพ ต้องส่งเสริมให้คนมีความรู้ ความสามารถ ทักษะ และประสบการณ์ ต่างๆ ในการดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุขและ เจริญก้าวหน้าตามศักยภาพของแต่ละบุคคล ดังที่ จินตนาสุจจันท์ (2554: 64) ได้กล่าวถึงการศึกษา หมายถึง กิจกรรมที่จัดขึ้นเพื่อพัฒนาความรู้ และทักษะของผู้เรียนเพื่อให้สามารถปรับตัวและใช้ชีวิตได้อย่างมีความสุขจะเน้นการจัดการศึกษา จึงต้องมีการวางแผนที่ดี การกำหนดกรอบงาน ภารกิจที่แน่นอนและมีทิศทางชัดเจน

แรมสมร อยู่สถาพร (2534: 4) ที่ได้กล่าวไว้ว่า หลักสูตรเป็นหัวใจสำคัญของการจัดการศึกษา ถือเป็นแม่บทที่เป็นตัวชี้้นำสู่ความสำเร็จและเป็นตัวกำหนดทิศทางในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา หลักสูตรที่ดีจึงต้องสอดคล้องกับนโยบายการจัดการศึกษาของประเทศ เศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ตลอดจนลักษณะความต้องการของผู้เรียน สามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถและทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิตดังนั้นหลักสูตรที่ดีจึงควรมีการวิเคราะห์ สภาพแวดล้อมทางสังคม ความต้องการของชุมชน เป้าหมายการจัดการศึกษาของสถานศึกษา และความต้องการของผู้เรียน เพื่อนำมาประกอบการพิจารณาวางแผนออกแบบหลักสูตรด้วยรวมทั้ง

พินสุดา สิริธรรังศรี (2557: 28) กล่าวว่า หลักสูตรควรเป็นหลักสูตรที่หลากหลาย และสอดคล้องกับผู้เรียนที่คำนึงถึงศักยภาพ และตัวตนของผู้เรียน มุ่งการเรียนรู้เพื่อการเรียนรู้ตามศักยภาพ ให้ความสำคัญของการเรียนรู้มากกว่าการศึกษา โดยไม่ขึ้นกับรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ให้อิสระกับหน่วยจัดการศึกษา การเรียนรู้สามารถจัดและพัฒนาได้ด้วยตนเอง มีความยืดหยุ่นทั้งด้านเวลา สารการเรียนรู้ และสถานที่ ซึ่งหลักสูตรในสถานศึกษา ควรเป็นหลักสูตรที่เสริมสร้างสมรรถนะทั้งสองซีกในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน และบูรณาการเรื่องห้องเรียนกับวิถีชีวิตเข้าด้วยกัน

คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่บรรจุอยู่ในหลักสูตรทุกระดับการศึกษา ทั้งการศึกษาขั้นพื้นฐาน อาชีวศึกษา การศึกษานอกระบบ และอุดมศึกษา โดยเฉพาะการศึกษาขั้นพื้นฐานที่ระบุไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 อย่างชัดเจน ให้ผู้เรียนต้องเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในทุกชั้นปี เพราะคณิตศาสตร์ช่วยพัฒนาความคิดของมนุษย์ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้การคาดการณ์วางแผน ตัดสินใจแก้ปัญหาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 56) สอดคล้องกับ ยุพิน พิพิษฐกุล (2546: 1) ที่กล่าวว่า วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับความคิด การคิดของมนุษย์ มีรูปแบบ มีโครงสร้าง กระบวนการและเหตุผล คณิตศาสตร์ฝึกให้คนคิดอย่างมีระเบียบ เป็นศิลปะแขนงหนึ่ง และเป็นรากฐานของวิทยาการหลายๆ สาขา ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ทั้งหลายนี้ล้วนแล้วแต่อาศัยคณิตศาสตร์ทั้งสิ้นนอกจากนี้ อัมพร ม้าคนอง (2558: 4-5) ได้ระบุว่าคณิตศาสตร์มีความสำคัญทั้งในแง่ของการใช้งานในชีวิตจริง และการพัฒนาการด้านการศึกษาให้กับคนในสังคม มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการพัฒนาความเจริญก้าวหน้า คณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญในมุมมองของศาสตร์แห่งการพัฒนาความคิด ความเป็นเหตุเป็นผล และการมีส่วนร่วมในการพัฒนาทักษะชีวิตหลักสูตรคณิตศาสตร์จึงควรได้รับการออกแบบอย่างเป็นระบบ พิถีพิถันมีความละเอียด เรียงลำดับความยากง่าย เนื้อหาต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน มีการใช้ ภาษาและสัญลักษณ์ที่ถูกต้องชัดเจน สอดคล้องกับบริบทและความต้องการของแต่ละระดับการศึกษา

จากรายงานคะแนนผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ตั้งแต่ปีการศึกษา 2555-2557 ของโรงเรียนในสังกัดมูลนิธิการิสต์จักรในประเทศไทย (สำนักงานพันธกิจการศึกษา. 2557: 28-35) ปรากฏว่าผลคะแนนการทดสอบคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 สถิติคะแนนวิชาคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยเลขคณิต ตั้งแต่ปีการศึกษา 2555-2557 คะแนนในระดับประเทศมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็น 27.35 คะแนน สำหรับระดับโรงเรียนนั้นโรงเรียนวัฒนาวิทยาลัยมีคะแนนเฉลี่ยเลขคณิตเป็น 41.11 คะแนน เมื่อวิเคราะห์คะแนนจำแนกรายมาตรฐานและมาตรฐานย่อย พบว่า มาตรฐานที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยตลอด 3 ปีเป็น 24.35 คะแนน และมีคะแนนต่ำกว่าทุกมาตรฐานของทุกปีการศึกษา

มาตรฐานนี้เกี่ยวข้องกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์นั้นมีความสำคัญต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นอย่างยิ่งและยังช่วยทำให้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มีความหมาย แม้ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นนามธรรม และการใช้สัญลักษณ์ในการสื่อความหมาย มีความยากและซับซ้อนต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ฉะนั้นการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ผู้สอนจึงต้องส่งเสริมและพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ให้เกิดขึ้นกับนักเรียนไปพร้อมกับเนื้อหาสาระทางคณิตศาสตร์ ด้วยการให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรม ตั้งคำถาม กระตุ้นให้เกิดการคิด อธิบาย ให้เหตุผล โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์การอธิบายสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน รวมทั้งการกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการสร้างสรรค์ผลงานที่หลากหลาย หรือให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากคนอื่น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555: 76) สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพนั้น จะต้องมีความสมดุลระหว่างสาระด้านความรู้ ทักษะและกระบวนการ ควบคู่ไปกับคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมอันพึงประสงค์สำหรับสาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้กำหนดมาตรฐานที่สำคัญไว้ดังนี้มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ถึงศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 60) การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุมาตรฐานด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ผู้สอนจะต้องให้โอกาสผู้เรียนได้ฝึกคิดด้วยตนเองให้มากจัดสถานการณ์หรือปัญหาให้เหมาะสมกับศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคนหรือผู้เรียนแต่ละกลุ่มอาจจะเริ่มต้นด้วยปัญหาที่ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้ที่เรียนมาแล้วมาประยุกต์ก่อนต่อจากนั้นจึงเพิ่มสถานการณ์หรือปัญหาที่แตกต่างจากที่เคยพบมาปัจจุบันถือว่าเป็นสาระสำคัญที่ครูต้องพัฒนาและส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

การจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย ทำอย่างไรให้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนดีขึ้นทำอย่างไรให้นักเรียนเป็นคนคิดอย่างมีเหตุผล มีระบบมีแบบแผนสามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ จะทำอย่างไรให้นักเรียนคาดการณ์วางแผนตัดสินใจแก้ปัญหาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้อง ดังเช่นเรย์และคณะ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555: 14-25; อ้างอิงจากเรย์; และคณะ. 2003: unpagged) กล่าวถึง 11 หลักการในการสอนคณิตศาสตร์ในแนวใหม่ ได้แก่

1)การให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้น 2)การเรียนรู้คือการพัฒนา 3)การเรียนรู้เกิดจากการเรียนรู้ที่มีมาอยู่ก่อนแล้ว 4)การสื่อสารมีส่วนสำคัญในการสร้างความเข้าใจ 5)คำถามที่ดีช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ 6)สื่อปฏิบัติช่วยในการเรียนรู้ 7)อภิปรายมีผลต่อการเรียนรู้ 8)เจตคติของครูมีความสำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์ 9) ประสบการณ์มีอิทธิพลต่อความวิตกกังวล 10)ความถนัดตามธรรมชาติของแต่ละเพศนั้นมีความสำคัญ 11)ความทรงจำสามารถทำให้ดีขึ้นได้ โดยครูผู้สอนควรนำแนวความคิดเหล่านี้มาปรับใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความสมดุลในการพัฒนาการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนได้รับความรู้ทางคณิตศาสตร์ และมีประสบการณ์ที่มุ่งพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

การออกแบบหน่วยการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับความต้องการของสถานศึกษาความต้องการของผู้ปกครองและสังคม เป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะหน่วยการเรียนรู้เป็นหัวใจที่สำคัญในการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนรู้ เจกเซนเดียวกับธำรงค์ศักดิ์ ธำรงเลิศฤทธิ์ (2553: 41-51) ได้ระบุว่าหน่วยการเรียนรู้เป็นขั้นตอนที่สำคัญของการนำหลักสูตรสถานศึกษาเข้าสู่ชั้นเรียน และนาตยาปิลันธนาพันธ์ (2546: 51-52) ได้กล่าวถึงหน่วยการเรียนรู้ที่ดีนั้นควรมีลักษณะที่น่าสนใจท้าทายผู้เรียนให้อยากเรียนรู้ เรียนแล้วสนุก มีกิจกรรมที่หลากหลายทำให้ผู้เรียนอยากแสวงหาคำตอบ ซึ่งหน่วยการเรียนรู้นั้นควรสอดคล้องกับชีวิตประจำวัน ให้ความรู้ดีกว่าหน่วยการเรียนรู้ที่มีชีวิต สัมผัสได้ สามารถนำความรู้จากหน่วยการเรียนรู้ไปใช้ได้ทันที เรียนแล้วได้ความรู้และความสนุกสนานไปในเวลาเดียวกัน มีความเหมาะสมกับวัย วุฒิภาวะ ความสนใจ รวมทั้งเอื้อต่อการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยวิธีการประเมินที่หลากหลายการจัดการเรียนรู้จึงต้องใช้กระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการมีหลายรูปแบบ เช่นรูปแบบการเรียนการสอนกระบวนการสืบเสาะ 5Es แสวงหาความรู้เป็นกลุ่ม รูปแบบการเรียนการสอนแบบอธิบายและแสดงเหตุผล รูปแบบการเรียนการสอนกระบวนการคิดแก้ปัญหา รูปแบบการเรียนการสอนกระบวนการระดมสมอง รูปแบบการเรียนการสอนแบบค้นพบ และการเรียนการสอนแบบทดลอง ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะทำให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้มีความเข้มข้นมากขึ้น น่าจะเป็นส่วนเสริมสร้างให้ผู้เรียนมีทักษะและประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ให้ถึงพร้อมต่อการเรียนในระดับสูงขึ้น และเกิดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้มากขึ้นเช่นกัน

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยตระหนักถึงความสำคัญของทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนจึงมีความสนใจในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ ซึ่งเป็นกลุ่มรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยสร้างและพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย บูรณาการเนื้อหาการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงคณิตศาสตร์รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมและเสริมสร้างทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน โดยจัดการเรียนรู้ที่คำนึงถึงรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน เน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแก้ไขปัญหาและจุดบกพร่องต่างๆ ของตนเอง และกลุ่มของตน สะท้อนผลการเรียนรู้ด้วยการนำเสนอแนวคิด ผลงานด้วยการสื่อสาร และยึดถือหลักการการเรียนรู้ ต้องเกิดจากการเชื่อมโยงองค์ความรู้ของผู้เรียนเองเป็นไปตามความแตกต่างระหว่างบุคคล ที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” โดย
 - 2.1 เปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังใช้หน่วยการเรียนรู้
 - 2.2 เปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังใช้หน่วยการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้หน่วยการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย
2. เป็นแนวทางให้สถานศึกษาสามารถนำหน่วยการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการ ไปใช้ในการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและนำไปดำเนินการจัดการเรียนรู้และปรับใช้กับบริบทของสถานศึกษา

3. ได้ข้อมูลสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ของสถานศึกษาในการพัฒนา และปรับปรุง รายวิชาคณิตศาสตร์อื่นให้มีประสิทธิภาพและช่วยส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์การสอบ O-NET ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีคะแนนในมาตรฐานที่ 6 สูงขึ้น

4. ได้หน่วยการเรียนรู้ ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการหลักสูตรคณิตศาสตร์ย่อยๆ ให้กับสถานศึกษาในกลุ่มโรงเรียนในสังกัดสภาคณิศตจักรแห่งประเทศไทย นำเป็นข้อมูลเปรียบเทียบหน่วยการเรียนรู้ หลักสูตร พัฒนาหลักสูตรในรายวิชาอื่นๆที่แต่โรงเรียนสามารถพัฒนาให้เหมาะสมกับบริบทของสถานศึกษาของตน

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร

ประชากรของการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 6 ห้องเรียนรวม 238 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องจำนวน 32 คน ที่ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยวิธีจับสลากห้องเรียน

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

1. ตัวแปรอิสระได้แก่หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์”
2. ตัวแปรตามได้แก่ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

เนื้อหา

หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ ที่เน้นส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ผู้วิจัยสนใจพัฒนาครั้งนี้ มีเนื้อหาความรู้เกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ที่เน้นการบูรณาความรู้ภายในวิชาคณิตศาสตร์ การนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ เนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาสาระ โดยนำหัวเรื่องเนื้อหาที่กำหนดไว้ในหน่วยการเรียนรู้ นำมาจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อทำการทดลอง มีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 1 เนื้อหาหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับคิด พิชิตด้วยทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์”

ลำดับ	หน่วยย่อย	จำนวนคาบ
1	ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 1.1 กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา 1.2 ยุทธวิธีการแก้ปัญหาคือการแก้ปัญหา เช่น ยุทธวิธีแก้ปัญหาโดยการเขียนและแก้สมการการแก้ปัญหาโดยใช้การเดา-ตรวจสอบ-ปรับปรุงการแก้ปัญหาโดยการดำเนินการย้อนกลับการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ฯ	8
2	คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด 2.1 พัฒนาการคิดด้วยเกม - เกมคณิตศาสตร์ เกมBoard Game - Hide&Seek Game - Beads Puzzle - Divously Difficult Mind-Bending Puzzle 2.2 คณิตคิดสร้างสรรค์ - TetrahedronActivity - Pattern Block หรรษา	6
3	สนุกกับคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน - สนุกกับคณิตศาสตร์ PISA และTEDET - สถานการณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ - กิจกรรมออกแบบลายกระเบื้องหรรษา - การเรียนรู้ด้วย STEM : Rethink before eat & drink	6
รวม		20 คาบ

ระยะเวลาในการทดลอง

ผู้วิจัยได้กำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้นี้ ใช้เวลาในการทดลอง 24 คาบแบ่งเป็น

เวลาทดสอบก่อนเรียน	2	คาบ
เวลาในการจัดการเรียนรู้	20	คาบ
เวลาทดสอบหลังเรียน	2	คาบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. หน่วยการเรียนรู้“สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” หมายถึงหน่วยการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยจัดกิจกรรมที่มุ่งเน้นพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ปฏิบัติกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการ เช่นรูปแบบการเรียนการสอนกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้เป็นกลุ่ม รูปแบบการเรียนการสอนแบบอธิบายและแสดงเหตุผลแบบการเรียนการสอนกระบวนการคิดแก้ปัญหา รูปแบบการเรียนการสอนกระบวนการคิดสร้างสรรค์รูปแบบการเรียนการสอนแบบค้นพบ และการเรียนการสอนแบบทดลองประกอบด้วย หน่วยการเรียนรู้ย่อย 3 หน่วยย่อย ดังนี้

หน่วยย่อยที่ 1 การแก้ปัญหาและยุทธวิธีในการแก้ปัญหา

หน่วยย่อยที่ 2 คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด

หน่วยย่อยที่ 3 สนุกกับคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

2. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์หมายถึง ความสามารถที่จะนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และการประยุกต์ใช้สิ่งต่างๆ ในชีวิตประจำวันอย่างมีประสิทธิภาพโดยที่ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

2.1 ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หมายถึงความสามารถและความชำนาญในการใช้กระบวนการทางสติปัญญา ประสบการณ์ การเข้าใจถึงปัญหา รวมทั้งความพยายามเพื่อแสวงหาคำตอบ โดยใช้ยุทธวิธีแก้ปัญหาสำเร็จและมีประสิทธิภาพ การนำความรู้ ทักษะ และมวลประสบการณ์มาใช้เป็นกระบวนการ อธิบายเหตุผลและแสดงรายละเอียดได้ชัดเจน

2.2 ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หมายถึง กระบวนการทางการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ และ/หรือความคิดสร้างสรรค์ ในการรวบรวมข้อเท็จจริง/ข้อความ/แนวคิด/สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่างๆ แจกแจงความสัมพันธ์ หรือการเชื่อมโยงเพื่อทำให้เกิดข้อเท็จจริงหรือสถานการณ์ใหม่โดยยืนยันข้อสรุปหรือสร้างข้อความคาดการณ์ได้อย่างชัดเจน สมเหตุสมผล ด้วยการคำนวณ การวาดภาพ และอ้างอิงได้อย่างถูกต้อง

2.3 ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หมายถึง กระบวนการที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และหลักการทางคณิตศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผล ระหว่างความรู้และทักษะกระบวนการที่มีในเนื้อหา คณิตศาสตร์กับงานที่เกี่ยวข้องทั้งในสาระอื่น หรือในชีวิตประจำวัน เพื่อนำสู่การแก้ปัญหา และการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนหรือสมบูรณ์ขึ้นโดยการประยุกต์ใช้อย่างสอดคล้องกัน

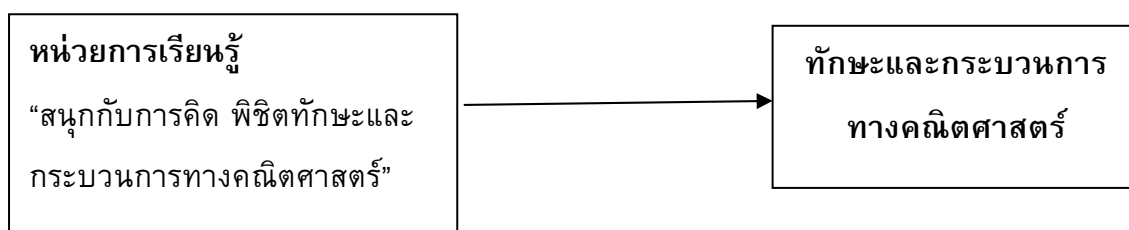
2.4 ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หมายถึง กระบวนการถ่ายทอดข่าวสารจากผู้ส่งสารไปยังผู้รับสาร โดยนำเสนอโดย การฟัง การพูด การอ่าน การเขียน การดู และการแสดงท่าทาง รวมทั้งมีการสื่อสารโดยการใช้สัญลักษณ์ ตัวแปร ตารางกราฟ สมการ อสมการ ฟังก์ชัน หรือแบบจำลอง โดยการนำเสนอให้เห็นถึง แนวคิด หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์รวมทั้งยกตัวอย่างประกอบได้

2.5 ทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึงความสามารถทางการคิดของบุคคลที่จะนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่แปลกใหม่มีการดัดแปลงต่อเติมหาความสัมพันธ์ของสิ่งเร้าในแง่มุมต่าง ๆ มีความยืดหยุ่นและมีความหลากหลายโดยมีสถานการณ์ปัญหาต่างๆ เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดสร้างสรรค์ออกมาโดยแสดงคำตอบที่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนด โดยเป็นไปด้วยวิธีคิดที่แตกต่างกัน หรือมีแนวทางในการคิดที่แตกต่างจากผู้อื่น

โดยทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์นี้วัดจากแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 5 ทักษะ เป็นแบบทดสอบอัตนัย ชนิดแสดงวิธีคิด จำนวน 7 ข้อ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำหลักการวัดและเกณฑ์ต่างๆมาประยุกต์ใช้ให้มีความเหมาะสมกับลักษณะงานของผู้วิจัย โดยปรับปรุงจากเกณฑ์รูปรีควัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ การให้คะแนนเป็น 5 ระดับ

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังใช้หน่วยการเรียนรู้สูงกว่าก่อนใช้หน่วยการเรียนรู้
2. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังใช้หน่วยการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้“สนุกกับคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” วิชาคณิตศาสตร์ เพิ่มพูนประสบการณ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัยลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรหน่วยการเรียนรู้และการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้
 - 1.1 ความหมายของหลักสูตรและความสำคัญของหลักสูตร
 - 1.2 หน่วยการเรียนรู้ และการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้
 - 1.3 การประเมินหลักสูตร และการประเมินหน่วยการเรียนรู้
 - 1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้
2. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
 - 2.1 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
 - 2.1.1 ความหมายของทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
 - 2.1.2 ความสำคัญของทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
 - 2.1.3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์
 - 2.1.4 รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นพัฒนาทักษะและกระบวนการ
 - 2.1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
 - 2.2 ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.2.1 แนวคิดความหมายของการแก้ปัญหาและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.2.2 การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.2.3 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.2.4 กระบวนการแก้ปัญหา
 - 2.2.5 กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา
 - 2.2.6 องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.2.7 การประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.2.8 งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

- 2.3 ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
 - 2.3.1 ความหมายของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
 - 2.3.2 ความสำคัญของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
 - 2.3.3 รูปแบบของการให้เหตุผล
 - 2.3.4 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล
 - 2.3.5 บทบาทของครูในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล
 - 2.3.6 การประเมินทักษะการให้เหตุผล
 - 2.3.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
- 2.4 ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
 - 2.4.1 ความหมายของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
 - 2.4.2 ความสำคัญและวัตถุประสงค์ของการสื่อสาร
 - 2.4.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่ใช้ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
 - 2.4.4 การส่งเสริมการสื่อสารในการเรียนคณิตศาสตร์
 - 2.4.5 การประเมินการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
 - 2.4.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
- 2.5 ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
 - 2.5.1 ความหมายของการเชื่อมโยง
 - 2.5.2 มาตรฐานการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
 - 2.5.3 ลักษณะของการเชื่อมโยงในรูปแบบต่างๆ
 - 2.5.4 แนวทางการพัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยง
 - 2.5.5 การประเมินทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
 - 2.5.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
- 2.6 ทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 2.6.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 2.6.2 แนวคิดที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 2.6.3 การพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 2.6.4 การประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 2.6.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

1. หลักสูตรหน่วยการเรียนรู้และการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้

1.1 ความหมายของหลักสูตรและความสำคัญของหลักสูตร

การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ซึ่งถือว่าเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่ามากที่สุดในการพัฒนาสังคมและประเทศชาติในด้านต่าง ๆ การบรรลุเป้าหมายของการจัดการศึกษาชาตินั้นหลักสูตรถือว่ามีความสำคัญต่อการจัดการศึกษาเนื่องจากหลักสูตรเป็นหลักและเป็นแนวทางในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพสอดคล้องกับนโยบายการจัดการศึกษาและแนวโน้มความต้องการของสังคมหลักสูตรช่วยให้บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาได้มองเห็นองค์ประกอบต่างๆ และแนวทางของการกำหนดเนื้อหาสาระแนวทางในการจัดกิจกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้และผลที่จะเกิดขึ้นจากการเรียนรู้นั้นรวมทั้งแนวทางการประเมินหลักสูตรทั้งระบบ (Armstrong. 2003: 4) ดังนั้น จึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งที่บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาจะต้องศึกษาเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักสูตรและการพัฒนาหลักสูตรเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาการดำเนินงานด้านการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพก่อประโยชน์สูงสุดกับผู้เรียนซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาสังคมและประเทศชาติต่อไป

นักศึกษาให้ความหมายของหลักสูตรไว้มากมาย โดยไม่สามารถทำให้ทุกคนเห็นพ้องกับความหมายใดเพียงความหมายเดียว เพราะหลักสูตรเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาแต่อาจแบ่งกลุ่มความหมายของหลักสูตรได้เป็น 3 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มความหมายที่เน้นถึงเนื้อหาสาระที่จะต้องเรียนรู้ 2) กลุ่มความหมายที่เน้นความหมายสำคัญของจุดหมายที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน และ 3) กลุ่มความหมายที่เน้นกระบวนการที่จะพัฒนาผู้เรียน

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2537: 12) ได้ให้แนวคิดที่ว่า หลักสูตร คือ มวลประสบการณ์ทั้งปวงที่จัดให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ครบถ้วนตามมาตรฐานคุณภาพสากล มาตรฐานความเป็นชาติไทยและมาตรฐานที่ชุมชนท้องถิ่นต้องการ

ใจทิพย์ เชื้อรัตนพงษ์ (2539: 9) ให้ความหมายหลักสูตรว่า คือ SOPEA ประกอบด้วย

S คือ Subject matter ได้แก่ เนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอน

O คือ Object ได้แก่ วัตถุประสงค์

P คือ Plans ได้แก่ แผนสำหรับจัดการเรียนรู้หรือประสบการณ์แก่นักเรียน

E คือ Learner's Experience ได้แก่ ประสบการณ์ทั้งปวงของผู้เรียนมาจัดโดยโรงเรียน

A คือ Education Activities ได้แก่ กิจกรรมทางการศึกษาที่จัดให้กับผู้เรียน

กิตติคุณ รุ่งเรือง (2557: 1) กล่าวว่า หลักสูตร หมายถึง มวลความรู้และประสบการณ์ที่โรงเรียนจัดให้กับผู้เรียน เพื่อพัฒนาความรู้ ความสามารถด้านต่างๆ ให้กับผู้เรียน ไปตามจุดหมายของการศึกษา สาระการเรียนรู้ เวลาเรียน กิจกรรม และประสบการณ์ที่จัดให้กับผู้เรียน รวมทั้งการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ไทเลอร์ (Tyler. 1949: 10-11,79) ได้ให้แนวคิดในการวางโครงสร้างหลักสูตรโดยใช้วิธี Means-Ends Approach เป็นหลักการและเหตุผลในการสร้างหลักสูตรที่เรียกว่า “หลักการของไทเลอร์” (Tyler's rationale) ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการจัดหลักสูตรและการสอนที่เน้นการตอบคำถามที่เป็นพื้นฐาน 4 ประการ

1. มีจุดมุ่งหมายทางการศึกษาอะไร ที่สถาบันการศึกษาต้องกำหนดให้เกิดผู้เรียน
2. มีประสบการณ์ทางการศึกษาอะไร ที่สถาบันการศึกษาควรจัดขึ้นเพื่อช่วยให้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้
3. จัดประสบการณ์ทางการศึกษาอย่างไร จึงทำให้การสอนมีประสิทธิภาพ
4. ประเมินผลประสิทธิภาพของประสบการณ์ในการศึกษาอย่างไรจึงตัดสินได้ว่าบรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้

โดยไทเลอร์เน้นว่าคำถามทั้ง 4 ข้อนี้ต้องเรียงลำดับกันลงมา เพราะฉะนั้นการกำหนดจุดมุ่งหมายจึงเป็นขั้นที่สำคัญที่สุด เพราะคำตอบอีก 3 ข้อที่เหลืออยู่นั้นขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้สรุปได้ว่าหลักสูตรเป็นสิ่งที่เด็กจะต้องเรียนรู้ทั้งหมด โดยมีโรงเรียนหรือสถานศึกษาเป็นผู้วางแผนและกำกับเพื่อให้บรรลุถึงจุดหมายของการศึกษา

ทาบา (Taba. 1962: 10) กล่าวว่าหลักสูตรเป็นแผนการเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่เขียนขึ้นประกอบด้วย เป้าหมาย วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ เนื้อหาสาระกิจกรรมหรือประสบการณ์การเรียนรู้และการประเมินผลการเรียนรู้ แนวความคิดของทาบามีขั้นตอนในการพัฒนาหลักสูตร 7 ขั้นตอนดังนี้

1. การวินิจฉัยความต้องการ (Diagnosis of needs) ผู้พัฒนาหลักสูตรต้องวินิจฉัยประสบการณ์ ความต้องการและความสนใจของผู้เรียนเพื่อกำหนดเนื้อหาของหลักสูตร
2. การกำหนดวัตถุประสงค์ (Formulation of objectives) ผู้พัฒนาหลักสูตรต้องกำหนดวัตถุประสงค์ของหลักสูตร ซึ่งจะใช้กำหนดเนื้อหาว่าจะมีความเฉพาะเจาะจงเพียงใดและวิธีการจัดประสบการณ์การเรียนรู้
3. การเลือกเนื้อหา (Selection of content) ผู้พัฒนาหลักสูตรเลือกเนื้อหาสาระ โดยพิจารณาจากวัตถุประสงค์ เนื้อหาที่เลือกมานั้นจะต้องมีความเที่ยงตรง (Validity) ตามวัตถุประสงค์ และมีนัยสำคัญ (Significance) ต่อผู้เรียน
4. การจัดองค์ประกอบของเนื้อหา (Organization of content) เนื้อหาที่คัดเลือกมาได้นั้น ผู้พัฒนาหลักสูตรต้องนำมาจัดลำดับ (Sequence) โดยใช้เกณฑ์หรือระบบบางอย่าง ทั้งยังจะต้องคำนึงถึงความเชื่อมโยงและการเน้น (Focus) ให้เหมาะกับวัตถุประสงค์ที่จะสอนและระดับของผู้เรียน

5. การเลือกประสบการณ์การเรียนรู้ (Selection of learning experiences) ผู้พัฒนาหลักสูตรต้องพิจารณาเรื่องของการจัดเรียงลำดับประสบการณ์ และต้องเลือกวิธีการจัดการเรียนการสอนที่สามารถสร้างประสบการณ์เกี่ยวกับเนื้อหาตามวัตถุประสงค์

6. การจัดองค์ประกอบของประสบการณ์การเรียนรู้ (Organization of learning experiences) การจัดองค์ประกอบของประสบการณ์การเรียนรู้ ผู้พัฒนาหลักสูตรต้องคำนึงถึงยุทธศาสตร์การสอนที่สำคัญคือการพัฒนากระบวนการสร้างมโนทัศน์ (Strategic of concept attainment) และคำนึงถึงการทำให้เนื้อหาสาระสอดคล้องกับประสบการณ์และความสนใจของผู้เรียน จัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้เกิดความสอดคล้องและตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคล

7. กำหนดสิ่งใดที่ต้องประเมิน วิธีการและเครื่องมือการประเมิน (Determination of what to evaluate and of the ways and means of doing it) นักหลักสูตรต้องประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตร โดยจะต้องตอบคำถามว่า จะประเมินคุณภาพของการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นได้อย่างไรและจะใช้เครื่องมือและวิธีการใดในการประเมิน

โอลิวา (Oliva. 1992: 8-9) ได้ให้นิยามความหมายของหลักสูตรโดยแบ่งเป็นการให้นิยามโดยยึดจุดประสงค์ บริบทหรือสภาพแวดล้อม และวิธีดำเนินการหรือยุทธศาสตร์ ดังนี้

1. การให้นิยามโดยยึดจุดประสงค์ (Purpose) หลักสูตรจึงมีภาระหน้าที่ที่จะทำให้ผู้เรียนควรจะเป็นอย่างไร หรือมีลักษณะอย่างไร หลักสูตรในแนวคิดนี้จึงมีความหมายในลักษณะที่เป็นวิธีการที่นำไปสู่ความสำเร็จตามจุดประสงค์หรือจุดมุ่งหมายนั้นๆ

2. การให้นิยามโดยยึดบริบทหรือสภาพแวดล้อม (Contexts) นิยามของหลักสูตร ในลักษณะนี้จึงเป็นการอธิบายถึงลักษณะทั่วไปของหลักสูตรซึ่งแล้วแต่ว่าเนื้อหาสาระของหลักสูตรนั้นมีลักษณะเป็นอย่างไร เช่น หลักสูตรที่ยึดเนื้อหาวิชา หรือหลักสูตรที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง หรือหลักสูตรที่เน้นกระบวนการ เป็นต้น

3. การให้นิยามโดยยึดวิธีการดำเนินการหรือยุทธศาสตร์ (Strategies) เป็นการนิยามในเชิงวิธีดำเนินการที่เป็นกระบวนการ ยุทธศาสตร์หรือเทคนิควิธีการในการจัดการเรียนการสอน เช่น หลักสูตร คือ กระบวนการแก้ปัญหา หลักสูตร คือ การอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่ม การทำงานกลุ่ม หลักสูตร คือ การเรียนรู้เป็นรายบุคคล หลักสูตร คือ โครงการหรือแผนการจัดการเรียนการสอน เป็นต้น

หลักสูตรตามแนวคิดโอลิวา หลักสูตร คือ แผนงานหรือโครงการที่จัดประสบการณ์ทั้งหมดให้แก่ผู้เรียน ภายใต้การดำเนินงานของโรงเรียน และในทางปฏิบัติหลักสูตรประกอบด้วยจำนวนของแผนการต่างๆ ที่เขียนเป็นลายลักษณ์อักษร และมีขอบเขตกว้างหลายหลาย เป็นแนวทางของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่ต้องการ ดังนั้น หลักสูตรอาจเป็นหน่วย (Unit) เป็นรายวิชา (Course) หรือเป็นรายวิชาย่อยต่างๆ (Sequence of courses) แผนงานหรือโครงการทางการศึกษาดังกล่าวนี้อาจจัดขึ้นได้ทั้งในและนอกชั้นเรียนหรือโรงเรียนก็ได้

นักการศึกษาหลายท่านได้แสดงทัศนะและความคิดเห็นที่เกี่ยวกับความสำคัญของหลักสูตรว่าหลักสูตรมีความสำคัญอย่างไรต่อการจัดการศึกษา ซึ่งส่วนใหญ่เห็นตรงกันว่าหลักสูตรมีความสำคัญต่อการกำหนดมาตรฐานและคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน ทั้งนี้ เพื่อให้แน่ใจว่าผู้เรียนในแต่ละวัย แต่ละระดับการศึกษาได้รับการศึกษาที่มีคุณภาพทัดเทียมกันหรือไม่ อย่างไร ซึ่งจะมีผลกระทบต่อผู้เรียนว่าควรเรียนรู้สาระการเรียนรู้อะไร มีเนื้อหาสาระมากน้อยเพียงใด จากการศึกษาเอกสารพบว่าผู้ที่กล่าวถึงความสำคัญของหลักสูตรว่าหลักสูตรเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการศึกษา 3 ระดับ คือ 1) ระดับประเทศ เป็นการชี้ให้เห็นถึงแนวทางการจัดการศึกษาโดยภาพและเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นแนวโน้มสังคมกับการจัดการศึกษาในอนาคต 2) ระดับสถานศึกษาซึ่งนับได้ว่าหลักสูตรเป็นหัวใจและจุดเด่นของการจัดการเรียนการสอนในสถานศึกษานั้น 3) ระดับห้องเรียนซึ่งมีความสำคัญต่อการนำไปสู่การปฏิบัติ เพื่อจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนโดยตรง โดยมีรายละเอียดและเอกสารประกอบที่กำหนดแนวทางว่าจะสอนใคร เรื่องใด เพื่ออะไร

องค์ประกอบของหลักสูตรถือว่ามีความสำคัญซึ่งจะส่งผลถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของหลักสูตรด้วยดังที่ธารังบัวศรี (2542: 8 – 9) กล่าวว่าหลักสูตรจะต้องมีองค์ประกอบครบถ้วนหาไม่แล้วผู้ใช้หลักสูตรจะไม่สามารถนำหลักสูตรไปใช้อย่างได้ผลนักการศึกษาจึงได้พยายามกำหนดองค์ประกอบที่สำคัญของหลักสูตรไว้หลายท่าน แต่แนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของหลักสูตรนั้นมาจากแนวคิดเดิมของไทเลอร์เพียงแต่นักการศึกษาคนอื่น ๆ ได้ขยายความคิดจากกรอบความคิดของไทเลอร์เพื่อให้แต่ละหัวข้อละเอียดและชัดเจนเท่านั้นการพัฒนาหลักสูตรจึงมี 4 องค์ประกอบหลักคือ จุดประสงค์เนื้อหาวิชาวิธีการและการจัดประสบการณ์การประเมินผลเพื่อให้หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญครบถ้วนซึ่งจะทำให้หลักสูตรมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

ส่วนรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรสังคูลุทธานันท์ (2528: 30) ได้ให้ความหมายของการพัฒนาหลักสูตรมีความหมายได้ 2 ลักษณะคือประการแรกหมายถึงการทำหลักสูตรที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้นหรือสมบูรณ์ยิ่งขึ้นอีกประการหนึ่ง หมายถึง การสร้างหลักสูตรขึ้นมาใหม่โดยไม่มีหลักสูตรเดิมเป็นพื้นฐานอยู่เลยการพัฒนาหลักสูตรจะประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญต่างๆ หลายขั้นตอนซึ่งบุคลากรทางการศึกษาควรจะต้องศึกษาให้มีความรู้ความเข้าใจเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาหลักสูตรให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษา พุทธศักราช 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545 และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 นั้น ระบุหน้าที่ของสถานศึกษาจะต้องดำเนินการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษาเพื่อใช้จัดการเรียนการสอนให้บรรลุเป้าหมายของการศึกษาชาติผู้บริหารครูและมีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาควรมีความรู้ความเข้าใจกระบวนการพัฒนาหลักสูตรเป็นอย่างดีเพื่อจะได้พัฒนาหลักสูตรได้สอดคล้องกับเป้าหมายการศึกษาชาติต่อไป

จากที่กล่าวมาแล้วสามารถสรุปได้ว่า หลักสูตร หมายถึงมวลงประสพการณ์ความรู้ต่างๆ ที่จัดให้ผู้เรียนทั้งในและนอกห้องเรียน ซึ่งมีลักษณะเป็นกิจกรรม โครงการหรือแผน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียน ได้พัฒนาและมีคุณลักษณะตามความมุ่งหมายที่ได้กำหนดไว้

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยนำแนวทางของหลักสูตร และการพัฒนาหลักสูตร ยึดกรอบของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มาเป็นแนวทางพัฒนาหน่วยการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นหลักสูตรคณิตศาสตร์ย่อยๆ สร้างขึ้นเพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์

1.2 หน่วยการเรียนรู้ และการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้

การจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษา พุทธศักราช 2542 ได้เปิดโอกาสให้สถานศึกษาทุกแห่งจัดทำหลักสูตรสถานศึกษาได้ สถานศึกษามีอิสระในการกำหนดรูปแบบของหลักสูตร โครงสร้างหลักสูตร การจัดทำรายวิชา การเขียนคำอธิบายรายวิชา และการออกแบบการเรียนรู้ ซึ่งจะเป็นแบบใด ขึ้นอยู่กับวิสัยทัศน์ของสถานศึกษาว่าจะออกแบบหลักสูตรสถานศึกษาในรูปแบบใด เครื่องมือที่เป็นรูปธรรม มีความสำคัญกับผู้เรียนผู้สอนมากที่สุด คือ “หน่วยการเรียนรู้” (เดชา จินดาพันธ์. 2547: 1) สอดคล้องกับ พิมพ์พันธ์เดชะคุปต์ และเพียว ยินดีสุข (2555: 22) กล่าวว่าหน่วยการเรียนรู้ (Unit of Learning) เป็นขั้นตอนสำคัญที่สุดในการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษาในแบบหลักสูตรอิงมาตรฐานเพราะเป็นส่วนที่จะนำมาตรฐานไปสู่การปฏิบัติในการเรียนการสอนอย่างแท้จริงทุกองค์ประกอบของหน่วยการเรียนรู้ต้องเชื่อมโยงกับมาตรฐานการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้เป็นองค์ประกอบหลักที่แสดงถึงการเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรม ประกอบด้วย ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายที่แท้จริงของการเรียนรู้บทบาทของครู และบทบาทของผู้เรียน โดยหลักสูตรอิงมาตรฐาน เป็นหลักสูตรที่มีมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมาย หรือเป็นกรอบทิศทางในการกำหนดเนื้อหา ทักษะและกระบวนการ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และการวัดประเมินผล เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถบรรลุมาตรฐานที่กำหนด

1.2.1 ความหมายของหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ คือ การวางแผนและออกแบบไว้เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามเป้าหมาย นอกจากนี้ หน่วยการเรียนรู้ หมายถึง หน่วยการเรียนการสอนจะต้องประกอบด้วยเนื้อหาวิชาจำนวนหนึ่งที่ถูกคัดเลือกมาภายใต้หัวข้อหนึ่งและมีจุดประสงค์ร่วมกันอย่างหนึ่งจะต้องใช้กิจกรรมและประสบการณ์หลายอย่างในการที่จะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ สิ่งสำคัญที่หน่วยการเรียนการสอนจะต้องมีนอกเหนือจากที่กล่าวมาคือ ผู้เรียนจะต้องมีปัญหาร่วมกันเนื้อหาและวิธีการจัดต้องมีความหมายต่อผู้เรียน และร่วมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง (ธารง บัวศรี. 2531: 253-254)

หน่วยการเรียนรู้อิงมาตรฐาน (Standard – based Unit) คือ หน่วยการเรียนรู้ที่มีมาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด เป็นเป้าหมายของหน่วยและองค์ประกอบภายในหน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ ชิ้นงานหรือภาระงานที่กำหนดให้ผู้เรียนปฏิบัติ กิจกรรมการเรียนการสอนและเกณฑ์การประเมินครบทุกองค์ประกอบของหน่วยการเรียนรู้ จะต้องเชื่อมโยงมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัดเป็นเป้าหมายของหน่วย (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. 2551: 7)

นุสรากลนุกรกิจ (2554: 2) หน่วยการเรียนรู้หมายถึงความรู้ที่ครบวงจรในเรื่องหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการนำสภาพปัญหาความต้องการเรียนรู้ของผู้เรียนชุมชนสังคมมาจัดเป็นหน่วยการเรียนรู้ย่อยๆ แล้วนำเนื้อหาและตัวชี้วัดจากรายวิชาต่างๆ ที่สอดคล้องกับสภาพปัญหาความต้องการมาจัดการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาของผู้เรียนชุมชนสังคมโดยต้องบรรลุมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง

สรุปได้ว่า หน่วยการเรียนรู้ หมายถึง สาระการเรียนรู้ย่อยของรายวิชา อาจเป็นชุดหรือเป็นกลุ่ม หรือเนื้อหาของบทเรียนที่สามารถเรียนจบในบทเรียนนั้น โดยสามารถนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และประสบการณ์หลากหลายเพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยหน่วยการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นครั้งนี้ประกอบด้วยองค์ประกอบเช่นเดียวกับหลักสูตร

1.2.2 ความสำคัญของหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ เป็นหัวใจสำคัญของหลักสูตร จำเป็นต้องมีการออกแบบให้เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้จึงจำเป็นต้องมีความรู้ที่ครบวงจรในเรื่องหนึ่งที่เกิดจากการบูรณาการสาระต่างๆ ของกลุ่มสาระการเรียนรู้หนึ่งๆ แล้ว จัดเป็นเรื่องหรือหน่วยย่อย ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า หน่วยการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนสำคัญที่สุดในการจัดทำหลักสูตร เพราะเป็นส่วนที่จะนำมาตรฐานไปสู่การปฏิบัติในการเรียนการสอนอย่างแท้จริง ทุกองค์ประกอบของหน่วยการเรียนรู้ต้องเชื่อมโยงกับมาตรฐานการเรียนรู้ สอดคล้องกับ ชำรงศักดิ์ ชำรงเลิศฤทธิ์ (2553: 41-51) หน่วยการเรียนรู้เป็นขั้นตอนที่สำคัญของการนำหลักสูตรสถานศึกษาเข้าสู่ชั้นเรียน การออกแบบหน่วยการเรียนรู้จะต้องเป็นหน่วยการเรียนรู้ที่อิงมาตรฐาน ในการออกแบบการเรียนรู้ ครูผู้สอนสามารถพิจารณาเลือกแบบได้หลายวิธี เช่น หน่วยการเรียนรู้อิงมาตรฐาน ยึดหลักสำคัญ คือ มาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมาย มีการกำหนดหลักฐานการเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนการสอน การออกแบบที่ยึดมาตรฐานเป็นเป้าหมายในความสำเร็จก่อนแล้วจึงหาร่องรอยหลักฐานของความสามารถนั้น สำหรับแนวคิดหนึ่งที่สามารถนำไปสู่แนวทางการออกแบบหน่วยการเรียนรู้คือ การออกแบบย้อนกลับ (Backward Understanding) ซึ่งเป็นความรู้ความเข้าใจที่ฝังติดตัวผู้เรียนเมื่อได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมโดยครูเป็นผู้ออกแบบหน่วยการเรียนรู้ โดยการวิเคราะห์มาตรฐาน และตัวชี้วัด มาเป็นเป้าหมายให้เกิดบรรลุ

โดยหน่วยควมมือประกอบสำคัญ ดังนี้ ชื่อหน่วยการเรียนรู้ มาตรฐานและตัวชี้วัด สาระสำคัญหรือความคิดรวบยอด สารการเรียนรู้ ทั้งด้านความรู้/ทักษะกระบวนการ/คุณลักษณะอันพึงประสงค์ ชิ้นงานหรือภาระงาน การวัดผลประเมินผล กิจกรรมการเรียนการสอน และเวลาเรียน จากความสำคัญดังกล่าว สรุปได้ว่าจากหน่วยการเรียนรู้นี้เองครูผู้สอนสามารถจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นตามความเหมาะสมและสอดคล้องกับมาตรฐานและตัวชี้วัดของหน่วยการเรียนรู้

1.2.3 องค์ประกอบของหน่วยการเรียนรู้

เกษมา วรวรรณ ณ อยุธยา (2552: 59-61) กล่าวถึงการจัดทำหน่วยการเรียนรู้อิงมาตรฐาน โดยใช้การออกแบบย้อนกลับ (Backward design) เป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถช่วยให้การจัดการเรียนการสอนของครูมีประสิทธิภาพ สามารถนำพานักเรียนให้บรรลุมาตรฐาน/ตัวชี้วัดได้ การออกแบบหน่วยการเรียนรู้อิงมาตรฐานตามแนว Backward Design ของ Wiggins และ McTighe ที่เชื่อว่าจะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งได้ จึงมีอยู่ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้

เป้าหมายของหน่วยการเรียนรู้ คือ มาตรฐานและตัวชี้วัด ซึ่งแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะมีมาตรฐาน/ตัวชี้วัดตั้งแต่ 1 ตัวชี้วัดขึ้นไป แต่ไม่ควรมากเกินไป ควรมีตัวชี้วัดที่หลากหลายทั้งมาตรฐานที่มีลักษณะของเนื้อหา และกระบวนการเรียนรู้ เพื่อช่วยให้การจัดการเรียนการสอนมีความหมายต่อนักเรียน สามารถสร้างความคิดรวบยอดได้ ซึ่งมาตรฐาน/ตัวชี้วัดอาจเป็นกลุ่มเดียวกันหรือต่างกลุ่มสาระได้

เมื่อครูผู้สอนเลือกมาตรฐาน/ตัวชี้วัดที่จะสอนในหน่วยการเรียนรู้ได้แล้ว ก็แสดงว่าได้กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ของหน่วยนั้นแล้ว ต่อมาครูต้องวิเคราะห์หาคำสำคัญในตัวชี้วัดว่าต้องการให้นักเรียนรู้อะไร ทำอะไรได้ แล้วทำการสังเคราะห์เป็นแก่นความรู้หรือเรียกว่า Concept ของหน่วยนั้นในลักษณะที่นักเรียนเข้าใจ

องค์ประกอบของเป้าหมายการเรียนรู้ ได้แก่ ความคิดรวบยอด (สาระสำคัญ) มาตรฐาน/ตัวชี้วัด สารการเรียนรู้ สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดหลักฐาน/ร่องรอยการเรียนรู้

การกำหนดหลักฐาน/ร่องรอยการเรียนรู้ ก็คือกำหนดชิ้นงาน/ภาระงานและการประเมิน ซึ่งครูผู้สอนจะต้องนำมาตรฐาน/ตัวชี้วัด จากเป้าหมายการเรียนรู้ในหน่วยมากำหนดชิ้นงาน/ภาระงานที่จะให้นักเรียนได้แสดงออกตามเป้าหมายที่กำหนด หรืออาจให้นักเรียนร่วมกำหนดขึ้นได้ ซึ่งต้องสอดคล้องกับมาตรฐาน/ตัวชี้วัด ครูผู้สอนต้องทำการประเมินว่าชิ้นงาน/ภาระงานที่ผู้เรียนแสดงออกมีคุณภาพหรือไม่ โดยกำหนดประเด็นการประเมินเป็นมิติ หรือเป็นระดับคุณภาพว่าผู้เรียนมีคุณภาพในระดับใด

ชิ้นงาน มีลักษณะเป็นผลงานที่ผู้เรียนแสดงออกมาโดยผ่านงานเขียนต่างๆ เช่น คัดลายมือ เรียงความ จดหมาย บทความ สารคดี โคลง/กลอน คำขวัญ บรรยายภาพ เขียนสร้างสรรค์ รายงาน บันทึกการทดลอง หรือบันทึกต่างๆ หนังสือเล่มเล็ก แผนภูมิ แผนภาพ ภาพวาด กราฟ ตาราง ประติมากรรม สิ่งประดิษฐ์ (งานประดิษฐ์) งานแสดงนิทรรศการ หุ่นจำลอง แฟ้มสะสมงาน เป็นต้น

ภาระงาน มีลักษณะเป็นการแสดงออกหรือพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงออกมา โดยผ่านการพูด การแสดง การเล่น เช่น การพูดในลักษณะในโอกาสต่างๆ การรายงานปากเปล่า การนำเสนอ การอภิปราย การอ่าน การกล่าวรายงาน โต้เวที การร้องเพลง เล่นดนตรี การแสดงละคร แสดงนาฏศิลป์ การเคลื่อนไหวร่างกาย การเล่นเกม การแสดงบทบาทสมมุติ การทดลอง เป็นต้น และยังมีงานในลักษณะผสมผสานกันระหว่างชิ้นงาน/ภาระงาน เช่น โครงงาน การทดลอง การสาธิต ละคร ทัศนศิลป์ เป็นต้น

การประเมิน เป็นการตัดสินว่าเมื่อผู้เรียนสร้างชิ้นงาน/ภาระงานในลักษณะที่เกิดจากการปฏิบัติกิจกรรม (Performance tasks) ในขณะที่เรียนรู้ว่าชิ้นงาน/ภาระงานนั้นมีคุณภาพหรือไม่ การประเมินดังกล่าวจึงต้องใช้เกณฑ์ที่กำหนดตามธรรมชาติของงานที่ปฏิบัติจึงเรียกว่า เกณฑ์การประเมิน หรือ ระดับคุณภาพ (Rubric) ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1. มีเกณฑ์ประเมินที่เชื่อมโยงกับตัวชี้วัดที่กำหนดในหน่วยการเรียนรู้
2. อธิบายลักษณะชิ้นงานหรือภาระงานที่คาดหวังได้อย่างชัดเจน
3. มีคำอธิบายคุณภาพชิ้นงานที่ชัดเจนและบ่งบอกคุณภาพงานในแต่ละระดับ

ทุกครั้งที่จบการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ครูผู้สอนจะต้องมีการบันทึกของตนเองว่า มีมาตรฐาน/ตัวชี้วัดในรายวิชาที่ครูสอนนั้น มีตัวชี้วัดใดบ้างที่สอนแล้วหรือยังไม่ได้สอน และถ้าสอนแล้วมีตัวชี้วัดใดบ้างที่นักเรียนผ่านหรือไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน ครูผู้สอนก็จะสามารถควบคุมหรือมองเห็นภาพการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้ชัดเจนขึ้นว่า นักเรียนในชั้นมีความสามารถ หรือจะต้องพัฒนาในตัวชี้วัดใดเพิ่มเติม

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้ ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนา ทำให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะตามมาตรฐานและตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ รวมทั้งช่วยในการปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมอันพึงประสงค์ที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน ซึ่งครูผู้สอนอาจจัดขั้นตอนการเรียนการสอนตามรูปแบบทฤษฎี วิธีสอน กระบวนการเรียนรู้ เทคนิคการสอน เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายได้ตามความประสงค์ ถ้าวิธีการดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนบรรลุมาตรฐานและตัวชี้วัดที่กำหนดได้ หลักสำคัญในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนพึงคำนึง คือ

1. เป็นกิจกรรมที่พัฒนาผู้เรียนไปสู่มาตรฐานและตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ในหน่วยการเรียนรู้
2. เป็นกิจกรรมที่นำไปสู่การสร้างชิ้นงาน/ภาระงาน ที่แสดงถึงการบรรลุมาตรฐานและตัวชี้วัดของผู้เรียน
3. สอดคล้องกับความสามารถและธรรมชาติของผู้เรียนเป็นกลุ่ม หรือรายบุคคล หรือนักเรียนพิเศษ
4. เป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบและจัดกิจกรรม
5. กิจกรรมควรมีความหลากหลาย เหมาะสมกับนักเรียนและเนื้อหาสาระ
6. มีการสอดแทรกคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมอันพึงประสงค์
7. ควรจัดกิจกรรมที่เชื่อมโยงไปสู่ชีวิตจริง/ ท้องถิ่น
8. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง
9. ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าสู่แหล่งเรียนรู้และเครือข่ายการเรียนรู้
10. ใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นการเรียนรู้ให้กับนักเรียน
11. การสรุปความรู้ สร้างความรู้และขยายความรู้ได้ด้วยตนเอง

เมื่อครูผู้สอนคิดและออกแบบการเรียนรู้ครบทั้ง 3 ขั้นตอนแล้ว ครูจึงต้องนำสิ่งที่คิดออกแบบไว้แล้วนำมาเขียนเรียบเรียงเป็นเอกสารหน่วยการเรียนรู้ที่ชัดเจน เพื่อสะดวกต่อการนำไปใช้ ซึ่งมีลักษณะสำคัญขององค์ประกอบหน่วยการเรียนรู้

รูปแบบ แนวทางการจัดทำหน่วยการเรียนรู้เริ่มจากการกำหนดปัญหาสำคัญในท้องถิ่น หรือสิ่งที่นักเรียนสนใจขั้นตอนที่นำเสนอเป็นแนวทาง เป็นขั้นตอนคิดในการออกแบบหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบอิงมาตรฐานมีความยืดหยุ่น ไม่จำเป็นต้องเริ่มจากมาตรฐานก่อนเสมอ และในกระบวนการแต่ละขั้นนั้น อาจไม่จำเป็นต้องเรียงลำดับตามที่เห็นในแผนผังครูสามารถปรับเปลี่ยนนำขึ้นได้ขึ้นก่อนก็ได้ตามความถนัดและความเหมาะสมของแต่ละเรื่องที่จะสอนแต่ในที่สุดต้องสามารถบอกได้ว่า เมื่อเรียนจบหน่วยนั้นแล้วนักเรียนมาตรฐานอะไรหลังจากกระบวนการคิดออกแบบหน่วยเสร็จเรียบร้อยแล้ว เมื่อครูจะเขียนหน่วยนั้นเป็นเอกสารก็อาจจะเขียนจัดลำดับหัวข้อตามรูปแบบที่คุ้นเคยซึ่งเราพบกันทั่วๆ ไป เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้ในการสอน คือ เริ่มจากชื่อหน่วยการเรียนรู้ เวลาเรียน ประเด็นปัญหา/สิ่งที่นักเรียนสนใจ มาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนด สาระสำคัญ ชิ้นงาน เกณฑ์การประเมินและกิจกรรมการเรียนรู้ตัวอย่างโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ จากลักษณะสำคัญขององค์ประกอบหน่วยการเรียนรู้ องค์ประกอบของหน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วยชื่อหน่วยการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัดสาระสำคัญ / ความคิดรวบยอด สาระการเรียนรู้ สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ชิ้นงาน / ภาระงาน การวัดและประเมินผล กิจกรรมการเรียนรู้ เวลาเรียน / จำนวนชั่วโมง

การสร้างหน่วยการเรียนรู้อาจทำได้ 2 ลักษณะ คือ ลักษณะแรกใช้ประเด็นหัวข้อเป็นชื่อหน่วยการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้หรือการออกแบบหน่วยเรียนต้องเน้นให้ผู้เรียนสะท้อนเห็นความชัดเจนของประเด็นหัวข้อ การจัดกิจกรรมให้นักเรียนปรากฏประเด็นหัวข้ออย่างชัดเจน ส่วนลักษณะที่สองปรับประเด็นหัวข้อให้เป็นหน่วยการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ที่ปรับแล้วควรเป็นหน่วยที่เป็นกรณีตัวอย่างที่ผู้เรียนเรียนแล้วได้ความคิดรวบยอดตามประเด็นหัวข้อ หน่วยการเรียนรู้ควรสะท้อนกิจกรรมที่มีลักษณะสอดคล้องต่อเนื่องกันที่ส่งผลให้ผู้เรียนบรรลุถึงจุดเน้นรายวิชา

1.3 การประเมินหลักสูตร และการประเมินหน่วยการเรียนรู้

การประเมินหลักสูตรเป็นกระบวนการในการวัดและเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์พิจารณาตัดสินคุณค่าของหลักสูตรว่า หลักสูตรนั้นๆ มีประสิทธิภาพแค่ไหน เมื่อนำไปใช้แล้ว บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดหรือไม่ ควรแก้ไขปรับปรุงในส่วนใดบ้าง เพื่อนำผลมาใช้ในการตัดสินใจหาทางเลือกที่ดีกว่าสอดคล้องกับ กิตติคุณ รุ่งเรือง (2557: 1) ว่า การประเมินผลหลักสูตร หมายถึง การประเมินผลกระบวนการจัดการเรียนรู้ภายในขอบข่ายของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นเฉพาะเพื่อจุดประสงค์ของการตัดสินใจในความถูกต้องของจุดมุ่งหมาย ความสัมพันธ์และความต่อเนื่องของเนื้อหา และผลสัมฤทธิ์ของเป้าหมายเฉพาะที่จะนำไปสู่การตัดสินใจ ที่จะวางแผน การจัดโครงการ และการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้ดีขึ้น

1.3.1 จุดมุ่งหมายของการประเมินหลักสูตร

สุนีย์ ภูพันธ์ (2546: 250-251) กล่าวถึงจุดมุ่งหมายในการประเมินหลักสูตรไว้ดังนี้

1. เพื่อหาคคุณค่าของหลักสูตรนั้น โดยดูว่า หลักสูตรที่จัดทำขึ้นนั้นสามารถสนองวัตถุประสงค์ ที่หลักสูตรนั้นต้องการหรือไม่ สมองความต้องการของผู้เรียนและสังคมอย่างไร
2. เพื่ออธิบายและพิจารณาว่าลักษณะของส่วนประกอบต่างๆ ของหลักสูตรในแง่ต่างๆ เช่น หลักการ จุดมุ่งหมาย เนื้อหาสาระ การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอนและการวัดผลว่าสอดคล้องต้องกันหรือไม่ หรือสนองความต้องการหรือไม่
3. เพื่อตัดสินว่าหลักสูตรมีคุณภาพดีหรือไม่ เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้ มีข้อบกพร่องที่จะต้องปรับปรุงแก้ไขอะไรบ้าง การประเมินผลในลักษณะนี้ มักจะดำเนินไปในช่วงที่ขณะใช้หลักสูตร
4. เพื่อตัดสินว่า การบริหารงานด้านวิชาการและบริหารงานด้านหลักสูตร เป็นไปในทางที่ถูกต้องหรือไม่ เพื่อหาทางแก้ไขระบบการบริหารหลักสูตร การนำหลักสูตรไปใช้ให้มีประสิทธิภาพ

5. เพื่อติดตามผลผลิตจากหลักสูตร คือผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมหลังจากการผ่านกระบวนการทางการศึกษามาแล้วตามหลักสูตรว่าเป็นไปตามความมุ่งหวังหรือไม่
6. เพื่อหาทางปรับปรุงแก้ไขสิ่งบกพร่องที่พบในองค์ประกอบต่างๆ ในหลักสูตร
7. เพื่อช่วยในการตัดสินใจว่าควรใช้หลักสูตรต่อไปหรือควรปรับปรุงพัฒนาหรือเพื่อยกเลิกการใช้หลักสูตรนั้นหมด การประเมินผลในลักษณะนี้ จะดำเนินการหลังจากที่ใช้หลักสูตรไปแล้วระยะหนึ่ง แล้วจึงประเมินเพื่อสรุปผลตัดสินใจว่าหลักสูตรมีคุณภาพดีหรือไม่ดี บรรลุตามเป้าหมายที่หลักสูตรกำหนดไว้มากน้อยเพียงใด สอดคล้องความต้องการของสังคมเพียงใด เหมาะสมกับการนำไปใช้ต่อไปหรือไม่

1.3.2 ประโยชน์ของการประเมินหลักสูตร

การประเมินผลหลักสูตร เป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้เราทราบถึงคุณภาพและประสิทธิภาพของหลักสูตร การประเมินผลมีประโยชน์ในการจัดการศึกษา การจัดทำหรือพัฒนาหลักสูตรต้องอาศัยผลจากการประเมินผลเป็นสำคัญ ประโยชน์ของการประเมินผลหลักสูตรมีดังนี้

1. ทำให้ทราบว่าหลักสูตรที่สร้างหรือพัฒนาขึ้นนั้น มีจุดดีหรือจุดเสียตรงไหน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนปรับปรุงให้ถูกจุด ส่งผลให้หลักสูตรมีคุณภาพดียิ่งขึ้น
2. สร้างความน่าเชื่อถือ ความมั่นใจ และค่านิยมที่มีต่อโรงเรียนให้เกิดในหมู่ประชาชน
3. ช่วยในการบริหารทางด้านวิชาการ ผู้บริหารจะได้รู้ว่าควรจะต้องตัดสินใจและสนับสนุนช่วยเหลือหรือบริการทางใดบ้าง
4. ส่งเสริมให้ประชาชนมีความเข้าใจในความสำคัญของการศึกษา
5. ส่งเสริมให้ผู้ปกครองมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับโรงเรียนมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้การเรียนการสอนนักเรียนได้ผลดี ด้วยความร่วมมือกันทั้งทางโรงเรียนและที่บ้าน
6. ให้ผู้ปกครองทราบความเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เพื่อหาทางปรับปรุงแก้ไขร่วมกันระหว่างผู้ปกครองนักเรียนกับทางโรงเรียน
7. ช่วยให้การประเมินผลเป็นระบบระเบียบ เพราะมีเครื่องมือและหลักเกณฑ์ทำให้เป็นเหตุผลในทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น
8. ช่วยชี้ให้เห็นคุณค่าของหลักสูตร
9. ช่วยให้เห็นสามารถวางแผนการเรียนในอนาคตได้ ข้อมูลของการประเมินผลหลักสูตร ทำให้ทราบเป้าหมายแนวทางและขอบเขตในการดำเนินการศึกษาของโรงเรียน

1.3.3 ขั้นตอนการประเมินหลักสูตร

สุนีย์ ภูพันธ์ (2546: 251-155) ได้สรุปขั้นตอนการประเมินหลักสูตรไว้ ดังนี้

1. ขั้นกำหนดวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายในการประเมิน การกำหนดจุดมุ่งหมายในการประเมินเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการในการดำเนินการประเมินหลักสูตร ผู้ประเมินต้องกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการประเมินให้ชัดเจนว่าจะประเมินอะไรในส่วนใด ด้วยวัตถุประสงค์อย่างไร และขั้นตอนในการประเมินได้อย่างถูกต้องและทำให้การประเมินหลักสูตรดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพและได้ผลถูกต้องเป็นที่เชื่อถือได้
2. ขั้นกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการที่จะใช้ในการประเมินผล เกณฑ์การประเมินจะเป็นเครื่องบ่งชี้คุณภาพในส่วนของหลักสูตรที่ถูกประเมิน
3. ขั้นการสร้างเครื่องมือและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินหรือเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่จะมีผลทำให้การประเมินนั้นน่าเชื่อถือมากน้อยแค่ไหน เครื่องมือที่ใช้มีหลายอย่างซึ่งผู้ประเมินจะต้องเลือกใช้และสร้างอย่างมีคุณภาพ เชื่อถือได้และมีความเที่ยงตรงสูง
4. ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล ในขั้นนี้ผู้ประเมินต้องเก็บรวบรวมข้อมูลตามขอบเขตและระยะเวลาที่กำหนดไว้
5. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล ในขั้นนี้ผู้ประเมินจะต้องกำหนดวิธีการจัดระบบข้อมูล พิจารณาเลือกใช้สถิติในการวิเคราะห์ที่เหมาะสม แล้วจึงวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้นโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้
6. ขั้นสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลและรายงานผลการประเมิน
7. ขั้นนำผลที่ได้จากการประเมินไปพัฒนาหลักสูตร

1.3.4 รูปแบบการประเมินหลักสูตร

รูปแบบการประเมินหลักสูตรมีหลายรูปแบบแตกต่างกันไปตามลักษณะของแต่ละรูปแบบ ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้นำเสนอเพียงแนวทางหรือขั้นตอนการประเมินที่เกี่ยวข้อง

ไทเลอร์ (ไจทิพย์ เชื้อรัตนพงษ์. 2539: 27; อ้างอิงจาก Tyler. n.d.) เป็นผู้วางรากฐานการประเมินหลักสูตรไทเลอร์ (Tyler) ได้ให้นิยามว่าการศึกษาคือการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ดังนั้นการประเมินคือการเปรียบเทียบว่าพฤติกรรมที่เปลี่ยนไปนั้นเป็นไปตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ รูปแบบการประเมินหลักสูตรของไทเลอร์ เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุเป็นผลต่อกันขององค์ประกอบหลักสูตร 3 ส่วนคือจุดมุ่งหมายทางการศึกษาประสบการณ์การเรียนรู้และสัมฤทธิ์ผลของการเรียนหลักในการประเมินผลสัมฤทธิ์ของหลักสูตรโดยพิจารณาตัดสินจากการบรรลุผลสำเร็จของจุดมุ่งหมายทางการศึกษาที่ตั้งไว้จากแนวคิดการประเมินผลหลักสูตรข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการประเมินผลหลักสูตรมีแนวปฏิบัติ 4 ประการใหญ่ คือ

1. การกำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตรให้ชัดเจน
2. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาประสบการณ์ผู้เรียน
3. การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการประเมินหลักสูตร
4. การประเมินประสิทธิผลหลักสูตร

เดชกุล มัทวานุกุล (ม.ป.ป.) กล่าวถึง การประเมินผลก่อนนำหลักสูตรไปใช้ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความเหมาะสม ความเป็นไปได้ในการนำหลักสูตรไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย เป็นการประเมินก่อนที่จะมีการใช้หลักสูตร การประเมินก่อนนำหลักสูตรไปใช้ วัตถุประสงค์ของการประเมินก่อนนำหลักสูตรไปใช้ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับ จุดอ่อนของหลักสูตร ความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า และระยะเวลาในการดำเนินการ ส่วนประกอบครบถ้วนหรือไม่ คุณภาพของส่วนประกอบ ความสอดคล้องและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ และการสนองความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย มากน้อยเพียงใด เทคนิคและวิธีการประเมินผลก่อนนำหลักสูตรไปใช้มีหลายวิธี เช่น แบบตรวจสอบรายการ (Checklist) เทคนิคการวิเคราะห์แบบปุยซองค์ (Puissance analysis technique) การพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ (Expert judgement) การประเมินความต้องการจำเป็น (Needs assessment) การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility study) การทดลองนำร่อง (Pilot study) เป็นต้นสอดคล้องกับ กิตติคุณ รุ่งเรือง (2557: 2) กล่าวว่า การประเมินผลตัวหลักสูตรเป็นการวิเคราะห์จุดมุ่งหมาย สาระ การเรียนรู้และประสบการณ์ที่จัดไว้ในหลักสูตรว่ามีความเหมาะสม โดยการประเมินผลหลักสูตรแบ่งได้ 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 เมื่อสร้างหลักสูตรเสร็จแล้ว ผู้สร้างหลักสูตรควรประเมินหลักสูตรว่าหลักสูตรที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด และเป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้แต่เดิมหรือไม่ ส่วนระยะที่ 2 เป็นการประเมินผลหลังจากทดลองใช้ไประยะหนึ่ง เพื่อประเมินดูว่าหลักสูตรที่ได้ทดลองใช้ไปนั้นให้ผลอย่างไร เพื่อที่จะตัดสินใจได้ว่า ควรใช้หลักสูตรนั้นต่อไปหรือไม่ หรือปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแก้ไขในส่วนใด และอย่างไร

1.3.5 การประเมินหน่วยการเรียนรู้

การออกแบบการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและมีคุณภาพตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาระดับพื้นฐานพุทธศักราช 2551 นั้นต้องยึดมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดในการออกแบบ การจัดการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาตามที่กำหนดผู้เรียนพึงรู้อะไรและทำอะไรได้ ความรู้ความเข้าใจกับ การเชื่อมประสานการจัดการเรียนรู้ตามเป้าหมายการจัดการเรียนรู้ จึงเป็นหัวใจของการนำหลักสูตรสู่การปฏิบัติ ขั้นตอนที่แสดงให้เห็นได้ว่าเป็นรูปธรรมคือ หน่วยการเรียนรู้โดยภายในหน่วยการเรียนรู้จึงต้องมีหลักฐานและร่องรอยที่ผู้เรียนปฏิบัติ มีเครื่องมือวัดประเมินผล เครื่องมือในการพัฒนาปรับปรุง และตัดสินควบคู่กันไป (ธำรงค์ศักดิ์ ธำรงค์เลิศฤทธิ์. 2553: 41-42)

เฉลิม พักอ่อน (2552: 9-11) ระบุว่าเมื่อครูผู้สอนออกแบบการจัดการเรียนรู้เรียบร้อยแล้ว ควรให้ผู้เชี่ยวชาญ หรือครูสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้เดียวกันอย่างน้อย 3 คน ช่วยกันตรวจสอบ ความถูกต้อง เหมาะสมของหน่วยการจัดการเรียนรู้ที่จะนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน

เนื่องจากการประเมินหลักสูตร เป็นการประเมินเพื่อตรวจสอบ ก่อนนำหลักสูตรที่สร้างขึ้น ไปใช้จริงว่ามีคุณภาพมากน้อยเพียงใด การวิจัยครั้งนี้จึงเลือกการประเมินหน่วยการเรียนรู้ โดย

1. การตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นผลของการประเมินประสิทธิภาพของหน่วย การเรียนรู้ ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยพิจารณา 2 ด้าน ดังนี้

1.1 ด้านความเหมาะสมของโครงสร้างของหน่วยการเรียนรู้ และส่วนประกอบของ หน่วยการเรียนรู้ จุดมุ่งหมายของหน่วยการเรียนรู้ เนื้อหาของหน่วยการเรียนรู้ เนื้อหาของหน่วย การเรียนรู้คณิตศาสตร์ การบูรณาการความรู้คณิตศาสตร์ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและการประเมินผล

1.2 ด้านความสอดคล้องของโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ ความสอดคล้องของ จุดมุ่งหมายของหน่วยการเรียนรู้ ชื่อหน่วยการเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้และการ ประเมินผล การเรียนรู้ ความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้กับการวัดผลและการประเมินผล ความสอดคล้องของเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้กับเวลา กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและการ ประเมินผล ความสอดคล้องระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ เอกสาร ประกอบการเรียนรู้

2.การนำหน่วยการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มทดลองเพื่อประเมิน ความบกพร่องทั้งด้านเนื้อหา เวลาการจัดกิจกรรม คุณภาพในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในตัวผู้เรียน

เมื่อหน่วยการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบมีคุณภาพผ่านเกณฑ์การประเมินแล้ว ครูผู้สอนจึงนำไป จัดการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถตามที่หลักสูตรสถานศึกษากำหนด และมีคุณภาพตามที่ได้มุ่งหมายไว้

1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้

งานวิจัยที่ใช้กระบวนการพัฒนาหลักสูตรตามทฤษฎีโดยมีการนำไปทดสอบหรือทดลองใช้ เพื่อหาประสิทธิภาพของหลักสูตรพร้อมทั้งปรับปรุงหลักสูตรให้มีความเหมาะสมมากขึ้น ซึ่งหลักสูตรเหล่านั้นมีทั้งเป็นหลักสูตรฝึกอบรมหลักสูตรระยะสั้นและระยะยาวโดยมีขั้นตอนหลักๆ 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การสำรวจข้อมูลพื้นฐานเพื่อที่จะนำมาเป็นโครงร่างหลักสูตรโดยพิจารณาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของผู้เรียนโดยการศึกษาเอกสารงานวิจัยและสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้อง
2. สร้างโครงร่างหลักสูตรโดยนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มากำหนดเป็นจุดมุ่งหมายของหลักสูตรเนื้อหาวิชากิจกรรมการเรียนการสอนและการประเมินผลแล้วทำการประเมินโครงร่างหลักสูตรโดยผู้เชี่ยวชาญ
3. ทดลองใช้หลักสูตรและประเมินผลหลักสูตรเป็นการดำเนินการประเมินเพื่อหาประสิทธิภาพของหลักสูตรโดยการทดลองใช้กับผู้เรียน
4. พัฒนาและปรับปรุงหลักสูตรเป็นการนำผลที่ได้จากการทดลองใช้หลักสูตรมาปรับปรุงหลักสูตรให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
5. การติดตามผลเป็นการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการทดลองใช้หลักสูตรซึ่งถือว่าเป็นการประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรอีกขั้นตอนหนึ่งผลการวิจัยที่ได้จะเป็นหลักสูตรที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่สำคัญคือสภาพปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตรจุดมุ่งหมายของหลักสูตรจุดมุ่งหมายเฉพาะเนื้อหาสาระกิจกรรมและวิธีการดำเนินการวิธีการประเมินผลซึ่งแต่ละหลักสูตรได้มีรายละเอียดขององค์ประกอบต่างๆครอบคลุมความรู้ที่แต่ละหลักสูตรมุ่งหวังให้เกิดกับผู้เรียน

ดังเช่นยุพร ริมชลการ (2543: 92-93) ได้วิจัยและพัฒนาหลักสูตรพีชคณิตสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ได้หลักสูตรเสริมการเรียนให้นักเรียนได้เรียนรู้เพิ่มเติมนอกเหนือจากหลักสูตรปกติ รูปแบบการเรียนการสอนเน้นการแก้ปัญหา การระดมความคิด การลงมือปฏิบัติจริง ส่งเสริมให้เด็กพัฒนาทักษะในการแก้ปัญหาต่างๆ โดยใช้ความรู้ความสามารถ และความคิดสร้างสรรค์ ผูกพันความคิดและการสร้างความเข้าใจ โดยหลักสูตรที่สร้างขึ้นนี้ทำให้นักเรียนมีความรอบรู้และมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางพีชคณิตได้ตามเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้

สมพร หลิมเจริญ (2552: 159-161) ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาหลักสูตรเสริมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์สูงกว่าก่อนการทดลอง นักเรียนมีความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตรเสริมมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อการเรียนรู้ และด้านการวัดผลและประเมินผล ส่วน ยกด้านเจตคติต่อหลักสูตรเสริมอยู่ในระดับมากที่สุด

สงกรานต์พรหมวงศ์ (2550: 134-141) ได้วิจัยเพื่อสร้างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะการสอนที่ส่งเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการความรู้และการวิจัยเชิงปฏิบัติการการดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนคือขั้นตอนที่ 1 ขั้นการพัฒนากรอบแนวคิดการพัฒนาสมรรถนะการสอนที่ส่งเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ขั้นตอนที่ 2 ขั้นออกแบบการพัฒนาขั้นตอนที่ 3 ขั้นทดลองใช้รูปแบบและขั้นตอนที่ 4 ขั้นประเมินและปรับปรุง

พัฒนารูปแบบการพัฒนาสมรรถนะการสอนที่ส่งเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น 3 กลุ่มได้แก่ 1) แบบบันทึกการพัฒนาสมรรถนะการสอนตามรูปแบบที่สร้างขึ้นเป็นการบันทึกปัญหาอุปสรรคและการพัฒนาปรับปรุง การดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนโดยใช้ควบคู่ไปกับการสังเกตและการสัมภาษณ์ 2) แบบประเมินสมรรถนะการสอนที่ส่งเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์แบบบันทึกการสัมภาษณ์ครูแบบบันทึกการตรวจแบบฝึกหัดหรือชิ้นงานแบบประเมินแผนการสอนแบบบันทึกการสะท้อนข้อมูลหลังการสอนแบบรายงานการปฏิบัติงานในชั้นเรียน แบบประเมินทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ 3) แบบสอบถามความคิดเห็นของครูกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะการสอนผลการสร้างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะการสอนที่ส่งเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ทำให้ได้รูปแบบการพัฒนาที่บูรณาการแนวคิดหลักการของการจัดการความรู้และการวิจัยเชิงปฏิบัติการมากำหนดเป็นขั้นตอนการพัฒนา 5 ขั้นตอนได้แก่การกำหนดเป้าหมายการพัฒนาสมรรถนะการสอนการตรวจสอบสมรรถนะการสอนการพัฒนาสมรรถนะการสอนการประเมินสมรรถนะการสอนและการสรุปผลการพัฒนาสมรรถนะการสอนโดยในขั้นการพัฒนาสมรรถนะการสอนครูกลุ่มเป้าหมายจะร่วมกันค้นหาแลกเปลี่ยนเรียนรู้แล้วครูแต่ละคนจะดัดแปลงและสร้างความรู้ของตนเองนำความรู้ไปปฏิบัติโดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการมีการบันทึกความรู้ นำความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อนำความรู้ไปปฏิบัติต่อไป

นันทน์ ทิพยกุลพันธ์ (2558: 101-102) ได้วิจัยเชิงทดลอง มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาหน่วยการเรียนรู้สาระประวัติศาสตร์แบบบูรณาการเรื่อง “เสรีไทยแพร” เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้และเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สาระประวัติศาสตร์แบบบูรณาการเรื่อง “เสรีไทยแพร” เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดผลการวิจัย พบว่า ผลการประเมินหน่วยการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีคุณภาพผ่านตามเกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและผ่านเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จารีพร ผลมูล (2558: 84-92) ได้ศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM สำหรับนักเรียนชั้นปีที่ 3: กรณีศึกษาชุมชนวังตะกอกจังหวัดชุมพรและผลการใช้หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและผ่านเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จิตสำนึกอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ผ่านเกณฑ์ผ่านเกณฑ์ระดับดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.65/78.33

ศิริลักษณ์ชาวลุ่มบัว (2558: 145-146) ได้วิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทาง สะเต็มศึกษาเรื่องอ้อยสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาและ กระบวนการเข้ากับหัวเรื่องของพืชเศรษฐกิจในท้องถิ่นโดยใช้รูปแบบการบูรณาการ (Integrated model) มาใช้ในการบูรณาการโครงสร้างของหลักสูตรประกอบด้วยสภาพปัญหาและความจำเป็น หลักการของหลักสูตรจุดมุ่งหมายของหลักสูตรโครงสร้างหลักสูตรแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อและแหล่งเรียนรู้และการวัดและประเมินผลมีรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนการนำหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับ กลุ่มตัวอย่างปรากฏผลในภาพรวมดังนี้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความตระหนักต่อ สิ่งแวดล้อม และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนหลังการใช้ หลักสูตรอยู่ในระดับมากทุกด้านและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และครูมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อหลักสูตร ที่พัฒนาขึ้นในด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหาด้านสื่อ/แหล่งเรียนรู้และด้านการวัดและ ประเมินผล

จากการศึกษาการพัฒนาหลักสูตรและหน่วยการเรียนรู้จากงานวิจัย สรุปได้ว่า การพัฒนา หลักสูตรคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยเน้นการพัฒนาทักษะและ กระบวนการแก้ปัญหา ทักษะการคิดสร้างสรรค์ และการบูรณาการเนื้อหา เพื่อพัฒนาสมรรถนะ ของผู้เรียน โดยมักใช้ในหลักสูตรเสริม หรือรายวิชาเพิ่มเติม โดยสร้างชิ้นมืองค์ประกอบและ โครงสร้างของหลักสูตร สอดคล้องกันทั้งกระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผล และ ผลการวิจัยได้ค้นพบว่าผู้เรียนมีความสามารถและพัฒนาทักษะได้มากยิ่งขึ้น

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจในการพัฒนาหลักสูตรในลักษณะการพัฒนา หน่วยการเรียนรู้ วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ ที่เน้นส่งเสริมทักษะและกระบวนการทาง คณิตศาสตร์ โดยจัดกิจกรรมที่เน้นพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยปฏิบัติ กิจกรรมที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ และการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยกระบวนการจัดการ เรียนรู้แบบสืบเสาะแสวงหาความรู้การเรียนรู้แบบร่วมมือ การเรียนรู้ด้วยวิธีการค้นพบ

2. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.1 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพตามเป้าหมายของการศึกษาแห่งชาติ พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ได้ให้แนวทางการจัดกระบวนการเรียนรู้ สำหรับสถานศึกษา ให้ดำเนินการตามมาตรา 24 ว่าด้วยการจัดกระบวนการเรียนรู้ ให้สถานศึกษา และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการดังต่อไปนี้

1. จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
2. ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้ มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา
3. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่าน และเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง
4. จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา
5. ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และ อำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอน และแหล่งวิทยาการประเภทต่างๆ
6. จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลาทุกสถานที่ มีการประสานความร่วมมือกับผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่าย เพื่อร่วมกันพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ

จากหลักการดังกล่าวหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้สนับสนุน การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีกรอบสาระ มาตรฐานและตัวชี้วัดชั้นปีสำหรับคณิตศาสตร์ที่จำเป็น สำหรับผู้เรียนทุกคน มาตรฐานตัวชี้วัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญไว้ดังนี้ มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมาย ทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยง คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์สอดคล้องกับ สมศักดิ์ สินธุระเวชัญ (2545: 78-79) ได้กล่าวถึงมาตรฐานการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการเป็นมาตรฐานที่ผู้เรียน เมื่อผ่านกระบวนการเรียนรู้แล้วควรทำได้

ทักษะ (Skill) หมายถึง ระดับความคล่องแคล่วในการประกอบกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งให้ดำเนินต่อไปอย่างต่อเนื่องตามลำดับ ลักษณะของทักษะจะต้องมีการตอบสนองต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ มีการเคลื่อนไหวผสมผสานกัน และรูปแบบการตอบสนองของบุคคลถึงขั้นเป็นทักษะหรือไม่นั้น พิจารณาจากองค์ประกอบ ได้แก่ ความถูกต้องและรวดเร็วในการกระทำการประสานสัมพันธ์กัน อย่างดีโดยในการพัฒนาทักษะการปฏิบัติ ผู้สอนอาจเริ่มพัฒนาเรียงตามลำดับได้ดังนี้

1. ขั้นทำตามแบบ จัดแบบอย่างทีแสดงกระบวนการทีละขั้น ให้ทำตามขั้นตอนและฝึกซ้ำจนชำนาญ
2. ขั้นทำเอง โดยไม่มีแบบ ระบุสิ่งที่ต้องการ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ ให้ทำตามคำสั่งตามใบงาน และฝึกซ้ำจนชำนาญ
3. ขั้นทำโดยอัตโนมัติ เปลี่ยนสถานการณ์ เปลี่ยนงานให้ต่างจากเดิม แล้วให้วางแผน และปฏิบัติด้วยตนเองจนเกิดความชำนาญ

2.1.1 ความหมายของทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

นริศราภรณ์ ศรีพงษ์ชัย (2548: 4) กล่าวว่า ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนจนเกิดความชำนาญ ด้วยระบบทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 5 ทักษะ คือ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการให้เหตุผล ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ทักษะการเชื่อมโยง และทักษะด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

พงศธร มหาวิจิตร (2550: 16) กล่าวว่า ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถหรือความชำนาญในการปฏิบัติงานหรือกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ โดยสามารถได้อย่างดี มีคุณภาพ ถูกต้อง แม่นยำและรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลมาจากการฝึกปฏิบัติอย่างมีระบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ทักษะ/กระบวนการ คือ ทักษะ/กระบวนการด้านการแก้ปัญหา ทักษะ/กระบวนการด้านการให้เหตุผล ทักษะ/กระบวนการด้านการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ และทักษะ/กระบวนการด้านการเชื่อมโยง ทักษะ/กระบวนการด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

สนฤดี ศรีสวัสดิ์ (2551: 43) กล่าวว่า ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถ หรือความชำนาญในการปฏิบัติงานหรือกิจกรรม ที่เกิดขึ้นในการเรียนคณิตศาสตร์ โดยสามารถปฏิบัติได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำ ตามหลักคณิตศาสตร์ได้อย่างมีระบบ นั่นคือ พัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะ/กระบวนการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถที่จะนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และการประยุกต์ใช้สิ่งต่างๆ ในชีวิตประจำวันอย่างมีประสิทธิภาพเน้นที่ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ทักษะการสื่อสารและการนำเสนอ และทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

2.1.2 ความสำคัญของทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างอย่างมีประสิทธิภาพ สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 76-77) กล่าวถึง ความสำคัญของทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ว่า ช่วยทำให้การเรียนรู้คณิตศาสตร์มีความหมาย เนื่องจากความรู้คณิตศาสตร์มีความเป็นนามธรรม และใช้สัญลักษณ์เพื่อการสื่อความหมาย จึงมีความซับซ้อนต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้งานหรือการแก้ปัญหา จะช่วยให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าและประโยชน์ของความรู้ทางคณิตศาสตร์

2.1.3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

กรมวิชาการ (2546ก: 137-139) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนผลการทำข้อสอบแบบอัตนัยที่พิจารณาจากการแสดงวิธีการในการหาคำตอบและความถูกต้องของคำตอบผู้วิจัย จึงได้นำเกณฑ์นั้นมาเป็นแนวทางแล้วปรับปรุงในการให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทั้งแบบทดสอบก่อนและแบบทดสอบหลังเรียนโดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะ/กระบวนการ	คะแนน	พฤติกรรมที่ปรากฏให้เห็น
ด้าน การแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์	5	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ คำตอบที่ได้จากวิธีดำเนินการแก้ปัญหาอธิบายถึงเหตุผลและ แสดงรายละเอียดปลีกย่อยที่สำคัญถึงขั้นตอนวิธีการได้อย่าง ละเอียดเข้าใจอย่างชัดเจน
	4	คำตอบที่ได้จากวิธีดำเนินการแก้ปัญหาอธิบายถึงเหตุผลและ แสดงขั้นตอนวิธีการได้อย่างเข้าใจแต่แสดงรายละเอียด ปลีกย่อยเพียงบางส่วน
	3	คำตอบที่ได้จากวิธีดำเนินการแก้ปัญหาอธิบายถึงเหตุผลและ แสดงขั้นตอนวิธีการได้เพียงบางส่วน
	2	คำตอบที่ได้จากวิธีดำเนินการแก้ปัญหายังไม่ถูกต้องแต่ สามารถอธิบายถึงเหตุผลและแสดงขั้นตอนวิธีการได้เพียง บางส่วน
	1	มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหาบางส่วนเริ่มคิดว่าทำไมจึง ต้องใช้วิธีการนั้นแล้วแต่อธิบายต่อไม่ได้แก้ปัญหาไม่สำเร็จ
	0	ทำได้ไม่ถึงเกณฑ์ หรือไม่มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหา
ด้านการให้เหตุผลทาง คณิตศาสตร์	5	บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดและต้องการได้อย่างถูกต้องมีการ อ้างอิงเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล
	4	บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดและต้องการได้อย่างถูกต้องมีการ อ้างอิงเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผลแต่ ยังไม่ค่อยชัดเจน
	3	บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดและต้องการได้อย่างถูกต้องมีการอ้างอิง เสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจแต่ไม่สำเร็จ

ตาราง 2 (ต่อ)

ทักษะ/กระบวนการ	คะแนน	พฤติกรรมที่ปรากฏให้เห็น
	2	บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดและต้องการไม่ครบมีความพยายามที่จะเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจแต่ยังไม่ค่อยสมเหตุสมผล
	1	บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดและต้องการไม่ครบมีความพยายามเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ
	0	ไม่มีแนวคิดประกอบการตัดสินใจ
ด้านการสื่อสารการสื่อ ความหมายทาง คณิตศาสตร์ และการนำเสนอ	5	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องนำเสนอโดยใช้กราฟแผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอนได้เป็นระบบกระชับชัดเจนและมีรายละเอียดสมบูรณ์
	4	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องนำเสนอโดยใช้กราฟแผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอนได้เป็นระบบกระชับชัดเจนแต่ขาดรายละเอียดบางส่วน
	3	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์นำเสนอโดยใช้กราฟแผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอนได้ถูกต้องขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์
	2	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย ๆ หรือพยายามนำเสนอโดยใช้กราฟแผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบได้ชัดเจนบางส่วน
	1	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้องแต่มีความพยายามในการนำเสนอโดยใช้กราฟแผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูล
	0	ไม่มีร่องรอยในการนำเสนอใดๆ
ด้านการเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์	5	นำความรู้หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ / สาระอื่นในชีวิตประจำวันเพื่อช่วยในการแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ได้อย่างสอดคล้องและเหมาะสม
	4	นำความรู้หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ / สาระอื่นในชีวิตประจำวันเพื่อช่วยในการแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ได้แต่ขาดความสมบูรณ์บางส่วน

ตาราง 2 (ต่อ)

ทักษะ/กระบวนการ	คะแนน	พฤติกรรมที่ปรากฏให้เห็น
	3	เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ได้บางส่วนนำความรู้หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ / สาระอื่น/ในชีวิตประจำวัน
	2	นำความรู้หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ได้บางส่วนหรือเชื่อมโยงยังไม่เหมาะสม
	1	นำความรู้หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ได้บางส่วนหรือเชื่อมโยงยังไม่เหมาะสมแต่มีความพยายามในการเขียนอธิบายด้านการเชื่อมโยง
	0	ไม่มีการเชื่อมโยงกับสาระอื่น
ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	5	มีแนวคิด/แปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์
	4	มีแนวคิด/แปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องแต่ยังขาดความสมบูรณ์
	3	มีแนวคิด/แปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องแต่นำไปปฏิบัติแล้วไม่ถูกต้องสมบูรณ์
	2	มีแนวคิด/วิธีการแปลกใหม่แต่นำไปปฏิบัติแล้วยังไม่สมบูรณ์
	1	มีแนวคิด/วิธีการไม่แปลกใหม่แต่มีความพยายามในการนำเสนอแนวคิดด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
	0	ไม่มีผลงาน

ที่มา: ปรับปรุงจากกรมวิชาการ. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544. หน้า 137-139.

2.1.4 รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

ยุพิน พิพิธกุล และ ปรีชา เนาว์เย็นผล (2556: หน่วยที่ 7: 15-28) กล่าวถึง การเรียนการสอนแบบสืบสอบ เป็นการจัดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย เมื่อผู้เรียนสังเกตพบปัญหานั้นก็พยายามค้นหาสาเหตุด้วยการตั้งคำถาม และรวบรวมข้อมูลมาอธิบาย เป็นการวิเคราะห์จากปัญหามาหาสาเหตุ ผู้เรียนใช้คำถามสืบสอบจนกระทั่งแก้ปัญหาหรือหาข้อสรุปได้

กระบวนการสืบสอบเริ่มต้นจากการให้ผู้เรียนค้นพบปัญหาด้วยตนเองจากการสังเกตผู้เรียน จะช่วยกันตั้งคำถามเพื่อรวบรวมข้อมูลมาอธิบายและนำไปสู่ข้อสรุป หลังจากการแก้ปัญหาได้ก็จะมี การวิเคราะห์และประเมินกระบวนการสืบสอบ และนำผลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในสถานการณ์อื่นๆ

จุดประสงค์ของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

1. พัฒนาทักษะทางสมองในการค้นหาและพัฒนากระบวนการแสวงหาความรู้
2. เรียนหลักการต่างๆ ทางตรรกศาสตร์
3. เข้าใจเหตุและผลที่สัมพันธ์กัน
4. เรียนวิธีการถามหรือสืบสอบอย่างเป็นอิสระ
5. ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ซึ่งนำไปสู่แนวโน้มทั่วไปทางคณิตศาสตร์
6. ให้คุณค่าแก่กลวิธีการสืบสอบเสมือนเป็นวิธีการนำไปสู่การค้นพบ และแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

7. เข้าใจวิธีการต่างๆ ของการพิสูจน์และการดำเนินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
การเรียนการสอนแบบค้นพบ (Discovery Method)

ยุพิน พิพิธกุล (2556: หน่วยที่ 6:15-32) การเรียนการสอนแบบค้นพบ หมายถึง วิธีการใดๆ ที่ทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถสรุปโน้มนำ หลักการ หรือข้อเท็จจริงได้ ก็อาจใช้วิธีการได้หลายวิธี เช่น ยกตัวอย่างหลายๆ ตัวอย่าง ให้ผู้เรียนพิจารณา รูปแบบนำไปสู่ข้อสรุป การค้นพบมี 2 ประการ คือ ผู้เรียนค้นพบด้วยตนเอง และค้นพบด้วยตนเอง ภายใต้การวางแผนและแนะนำทางของผู้สอน

จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนแบบค้นพบ

1. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เมื่อเป็นการค้นพบแบบมีผู้สอนเป็นผู้วางแผน
2. เพื่อให้ผู้เรียนพบรูปแบบทั้งรูปธรรมและนามธรรม และได้เรียนเนื้อหาเพิ่มขึ้นจาก ข้อมูลที่กำหนดให้
3. เพื่อช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาการทำงานร่วมกับผู้อื่น และรู้จักฟังความคิดเห็นของคนอื่น
4. เพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างคงทน เพราะมีโน้มนำและหลักการเรียนรู้จากการค้นพบ ตลอดจนการพัฒนาทักษะจนทำให้จดจำได้นาน
5. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถถ่ายทอดการเรียนรู้ และสามารถประยุกต์ใช้ในกิจกรรมใหม่ๆ และสถานการณ์อื่นๆ
6. เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้กระบวนการ และกิจกรรมบางอย่างที่จำเป็นในการคิด สิ่งใหม่ๆ ออกมา
7. เพื่อเพิ่มความสามารถของการเรียนในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินเนื้อหาหรือ ข้อความนั้นอย่างมีเหตุผล

8. เพื่อช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะผู้เรียนเกิดความพอใจในการค้นพบก็จะสนใจการเรียนรู้มากขึ้น

9. เพื่อพัฒนาเจตคติ และฝึกวิธีการแก้ปัญหา การสืบสอบและการวิจัย

สำหรับการหน่วยการเรียนรู้นี้ ใช้รูปกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบที่ผสมผสานจากการทำกิจกรรมซึ่งมีหลายกิจกรรม ได้แก่ การค้นพบโดยใช้คำถาม การค้นพบโดยการสาธิต การค้นพบโดยการทดลอง การค้นพบโดยกระบวนการอุปนัย-นิรนัยการค้นพบโดยการทำทเรียนกิจกรรมเพื่อทำให้ผู้เรียนมีความสุขในการเรียนรู้ และสามารถเรียนรู้ได้ดี

รูปแบบการเรียนการสอนแบบทดลอง (Experimental Method)

ยุพิน พิพิธกุล และ ปรีชา เนาว์เย็นผล (2556: หน่วยที่ 7:5-14) กล่าวถึง ความหมายของการเรียนการสอนแบบทดลอง หมายถึง การเรียนการสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง หรือปฏิบัติจริง เป็นการนำรูปธรรมมาอธิบายนามธรรม เพื่อหาข้อสรุปจากการทดลองนั้นๆ หรืออีกแบบหนึ่งอาจใช้การสังเกต โดยผู้เรียนสังเกตจากสิ่งที่เป็นรูปธรรมหรือนามธรรมแล้วพิจารณาเป็นข้อสรุป สามารถจัดเป็นกลุ่มหรือรายบุคคลโดยพิจารณาจากความเหมาะสมของเนื้อหา

จุดประสงค์ของการเรียนการสอนแบบทดลอง มีดังนี้

1. เพื่อให้ผู้เรียนค้นหาข้อสรุปด้วยตนเอง
2. เพื่อใช้สำรวจหรือตรวจดูงานที่ทำไปแล้ว
3. เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มในการทำงาน
4. เพื่อฝึกให้ผู้เรียนคิดอย่างอิสระ
5. เพื่อฝึกให้ผู้เรียนเป็นคนช่างสังเกตและรู้จักบันทึกผล
6. เพื่อฝึกการทำงานแบบประชาธิปไตย
7. เพื่อสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์

บทบาทของครูผู้สอนในการเรียนการสอนแบบทดลองนี้ ครูผู้สอนต้องเตรียมคำแนะนำเพื่อให้ให้นักเรียนทราบว่าต้องใช้วัสดุใด จะทดลองอะไร เตรียมวัสดุให้เพียงพอและเหมาะสม เตรียมห้องทดลอง อาจเป็นห้องเรียนหรือห้องปฏิบัติการคณิตศาสตร์ ครูสามารถให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวก และเป็นผู้สังเกตที่ดี โดยการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกกิจกรรมการสอนแบบทดลองเป็นกิจกรรมเกี่ยวกับ STEM และกิจกรรมบูรณาการสร้างว่าจากรูปทรงเรขาคณิต เช่นรูป Tetrahedron กิจกรรมออกแบบลายกระเบื้อง โดยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและสามารถทำงานด้วยกระบวนการกลุ่มอย่างเหมาะสมเพื่อเสริมสร้างทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในด้านทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ รวมทั้ง ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอได้

รูปแบบการเรียนการสอนแบบกระบวนการกลุ่ม

ยุพิน พิพิธกุล และ ปรีชา เนาว์เย็นผล (2556: หน่วยที่ 7: 29-37) กล่าวถึง การจัดการเรียนการสอนแบบกระบวนการกลุ่ม หมายถึง การทำกิจกรรมร่วมกันตามแบบประชาธิปไตย โดยการ การสำรวจปัญหา การตั้งจุดประสงค์ การวางแผน และการดำเนินการตามแผน มีความรับผิดชอบและการตัดสินใจปัญหาาร่วมกัน หลังจากบรรลุวัตถุประสงค์แล้วมีการประเมินร่วมกัน

กระบวนการกลุ่มช่วยสร้างสังคมให้กับผู้เรียนยังทำให้ผู้เรียนเกิดการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ แก้ปัญหา และรู้จักยอมรับซึ่งกันและกัน มีความรู้สึกเป็นเจ้าของผลงานร่วมกัน ซึ่งกระบวนการกลุ่มสามารถสอดแทรกเข้าไปในการเรียนการสอนแบบค้นพบ แบบทดลอง หรือแบบสืบสอบ โดยผู้สอนเป็นผู้พิจารณา

รูปแบบการสอนทางคณิตศาสตร์มีหลากหลายรูปแบบ สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ใช้รูปแบบการสอนที่กล่าวมาข้างต้น รวมทั้งการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดด้วยเกมทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนประกอบในการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ต่อไป

2.1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ชัยรัตน์ ลุลำนาจ (2547: 110-130) ได้ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังปฏิบัติการกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนปฏิบัติการกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.01และมีความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี

นริศราภรณ์ ศรีพงษ์ชัย (2548: 77-110) ได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนาแม่แตร์เดอีวิทยาลัย โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนแผนการเรียนแตกต่างกันจะมีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สนฤดี ศรีสวัสดิ์ (2551: 101-136) การศึกษาครั้งนี้เพื่อพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้หลักการเรียนรู้แบบไตรสิกขาเรื่องการเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการศึกษาพบว่าชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้หลักการเรียนรู้แบบไตรสิกขาเรื่องการเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ย 87.23/86.58 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการสอนด้วยชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้หลักการเรียนรู้แบบกระบวนการไตรสิกขาส่งกว่าก่อนได้รับการสอนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เน้นวัดทักษะที่เกิดขึ้น ภายหลังการจัดกระทำ เช่น การสอนโดยใช้โครงงาน การสอนโดยใช้ชุดการเรียนรู้ เป็นต้น ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าทำให้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น

2.2 ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2.2.1 แนวคิดความหมายของการแก้ปัญหาและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การแก้ปัญหามีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

โพลยา (Polya. 1985: 1) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นการหาวิถีทางที่จะหาสิ่งที่ไม่รู้ในปัญหาเป็นการหาวิธีการที่จะนำสิ่งที่ยุ่งยากออกไปหาวิธีการที่จะเอาชนะอุปสรรคที่เผชิญอยู่เพื่อให้ได้ข้อลงเอยหรือคำตอบที่มีความชัดเจนแต่สิ่งที่เหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นในทันทีทันใด

ครูลิคและรูดนิค (Krulik; & Rudnick. 1996: 3) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่าเป็นวิธีการเฉพาะของแต่ละคนที่จะใช้ความรู้ทักษะและความเข้าใจที่สะสมมาก่อนเพื่อนำมาสนองความต้องการของสถานการณ์ที่แตกต่าง

บรังคา (Branca. 1980: 3- 8) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาไว้ 3 ประการดังนี้

1. การแก้ปัญหาในฐานะที่เป็นเป้าหมายของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (Problem Solving as a Goal) ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นเหตุผลหนึ่งที่สำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์ดังนั้นในการแก้ปัญหาจึงเป็นอิสระจากคำถามหรือปัญหาเฉพาะเจาะจงใดๆหรือวิธีการและเนื้อหาสาระใดๆ

2. การแก้ปัญหาในฐานะที่เป็นกระบวนการ (Problem Solving as a Process) สิ่งที่สำคัญเมื่อการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการคือวิธีการยุทธวิธีหรือเทคนิคเฉพาะต่างๆที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาแบบต่างๆกระบวนการแก้ปัญหาเหล่านี้จึงเป็นสาระสำคัญและเป็นเป้าหมายหลักของหลักสูตรคณิตศาสตร์

3. การแก้ปัญหาในฐานะเป็นทักษะพื้นฐาน (Problem Solving as a Basic Skill) เมื่อการแก้ปัญหาจัดเป็นทักษะพื้นฐานการเรียนการสอนคณิตศาสตร์จึงให้ความสำคัญกับลักษณะเฉพาะของโจทย์ปัญหาแบบของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาต่างๆที่ควรจัดเน้นอยู่ที่สาระสำคัญของการแก้ปัญหาที่ทุกคนต้องเรียนรู้การเลือกปัญหาและเทคนิควิธีการแก้ปัญหาเหล่านั้น

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 52) ได้กล่าวถึงการแก้ปัญหาคือการทำงานที่ยังไม่รู้วิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบในทันที กระบวนการหาคำตอบนั้นต้องนำความรู้ที่มีอยู่ไปเข้าสู่กระบวนการแก้ปัญหาเพื่อที่จะทำให้เกิดความรู้ใหม่ๆ การแก้ปัญหาไม่ได้มีเป้าหมายเพียงการหาคำตอบแต่อยู่ที่วิธีการได้มาซึ่งคำตอบนักเรียนควรได้ฝึกฝนได้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้นและให้มีการสะท้อนความคิดในการแก้ปัญหาออกมาด้วย

ชัยศักดิ์ลีลาจรัสกุล (2539: 122) กล่าวว่า การแก้ปัญหาหมายถึงกระบวนการที่ต้องอาศัยสติปัญญา ตลอดจนความรู้ความเข้าใจประมวลความคิดเชิงวิเคราะห์ความพร้อมในการที่จะคิดแก้ปัญหาทำให้เกิดความรู้ใหม่ๆ ทั้งด้านเนื้อหาและวิธีการเป็นทักษะที่สำคัญที่จะต้องปลูกฝังให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนโดยใช้ประสบการณ์เดิมทั้งทางตรงและทางอ้อมและการเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมมาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการและกระบวนการแก้ปัญหาเป็นการดำเนินการที่มีแบบแผนและขั้นตอน

สิริพร ทิพย์คง (2545:112) กล่าวว่า การแก้ปัญหา หมายถึง กระบวนการที่ใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ ในการแก้ปัญหานั้นต้องมีการวางแผนรวบรวมข้อมูลต่างๆ การกำหนดสารสนเทศที่ต้องการเพิ่มเติม มีการแสดงความคิดเห็นเสนอแนะแนวทาง วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และมีการทดสอบการแก้ปัญหาที่เหมาะสมเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป

ชมนาดเชื้อสุวรรณทวี (2542: 103) กล่าวว่า การแก้ปัญหาหมายถึงสถานการณ์หรือคำถามที่เกี่ยวข้องกับปริมาณซึ่งต้องการแสวงหาคำตอบ โดยคำตอบที่ได้นั้นจะเกี่ยวข้องกับปริมาณด้วยปัญหาทางคณิตศาสตร์มีมากมายหลายชนิดเช่นปัญหาที่ปรากฏในหนังสือปัญหาที่พบในหนังสือทั่วๆ ไปปัญหาให้ค้นหาปัญหาให้พิสูจน์ เป็นต้น

สรุปได้ว่า ทักษะการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถและความชำนาญในการใช้กระบวนการทางสติปัญญา ประสบการณ์ การเข้าใจถึงปัญหา รวมทั้งความพยายามเพื่อแสวงหาคำตอบ โดยการนำความรู้ ทักษะและมวลประสบการณ์มาใช้เป็นกระบวนการเพื่อนำไปสู่ความสำเร็จในการแก้ปัญหา

2.2.2 การแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์

ปรีชาเนาว์เย็นผล (2537: 62) กล่าวว่า การแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์หมายถึงการหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบซึ่งผู้แก้ปัญหาวจะต้องใช้ความรู้ความคิดและประสบการณ์เดิมประมวลเข้ากับสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้ในปัญหาว

รุ่งฟ้าจันทร์จารุภรณ์ (Janjaruporn. 2005: 5-7) กล่าวในทำนองเดียวกันว่าการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์หมายถึงกระบวนการในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหาวกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาวและประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาวทางคณิตศาสตร์

นริศราภรณ์ ศรีพงษ์ชัย (2548: 22) กล่าวว่า การแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบของปัญหาวทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้แก้ปัญหาวต้องใช้ความรู้ ความคิด และประสบการณ์เดิมประมวลเข้ากับสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดในปัญหาว โดยใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหาว โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ และใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาวนั้นได้

สรุปได้ว่า ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอน / กระบวนการแก้ปัญหา ยุทธวิธีแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์

2.2.3 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์

เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนจะต้องฝึกฝนและมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาหลากหลายรูปแบบ นักการศึกษาได้แบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็นประเภทต่างๆ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ต่อไปนี้อย่างกว้างขวางของปัญหาโพลยา (Polya. 1985: 154) สามารถแบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

1. ปัญหาให้ค้นหาคำตอบ (Problem to find an answer) เป็นปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนค้นหาคำตอบซึ่งอาจอยู่ในรูปปริมาณหรือจำนวนหรือให้หาวิธีการและคำอธิบายเหตุผล
2. ปัญหาให้พิสูจน์ (Problem to prove) เป็นปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนแสดงการให้เหตุผลว่า “ข้อความที่กำหนดให้เป็นจริง” หรือ “ข้อความที่กำหนดให้เป็นเท็จ”

พิจารณาจากลักษณะของปัญหาบิตเทอร์ฮาร์ตฟิลด์และเอ็ดเวิร์ดส์ (Bitter; Hartfield; & Edwards. 1989: 37) สามารถแบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภทได้แก่

1. ปัญหาปลายเปิด (Open-ended problems) เป็นปัญหาที่มีคำตอบได้หลายคำตอบ ปัญหาลักษณะนี้จะมองว่ากระบวนการแก้ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญมากกว่าคำตอบ
2. ปัญหาให้ค้นพบ (Discovery problems) เป็นปัญหาที่มีคำตอบเดียวแต่มีวิธีการหาคำตอบหลายวิธี
3. ปัญหาแนะให้ค้นพบ (Guided discovery problems) เป็นปัญหาที่ต้องมีการแนะแนวทางในการหาคำตอบ

รุ่งฟ้าจันทร์จารุภรณ์ (Janjaruporn. 2005: 10; อ้างอิงจาก Lester. 2001: 570; Mayer; & Hegarty. 1996: 32; NCTM. 1989: 76) พิจารณาจากตัวผู้แก้ปัญหาสามารถแบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้เป็น 2 ประเภทได้แก่ปัญหาที่คุ้นเคยและปัญหาที่ไม่คุ้นเคย

1. ปัญหาที่คุ้นเคย (Routine problems) เป็นปัญหาที่นักเรียนมีความคุ้นเคยกับโครงสร้างและกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาเหล่านั้นมักพบเห็นในหนังสือเรียนปัญหาที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนมากนัก
2. ปัญหาที่ไม่คุ้นเคย (Non routine problems) เป็นปัญหาที่นักเรียนไม่คุ้นเคยกับโครงสร้างและกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา มักไม่ค่อยพบในหนังสือเรียนเมื่อต้องเผชิญกับปัญหาเหล่านี้ นักเรียนต้องประมวลความรู้ความสามารถหลายอย่างเข้าด้วยกันจึงจะแก้ปัญหาได้ส่วนมากเป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อนซึ่งปัญหาประเภทนี้ถูกนำมาใช้ในการประเมินกระบวนการแก้ปัญหานักเรียน

จากที่กล่าวมา ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เราคุ้นเคย อาจพบได้ในหนังสือหรือแบบฝึกหัด และปัญหาที่ไม่คุ้นเคยและค่อนข้างมีความแปลกใหม่ อาจมีความยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งเราต้องประมวล และใช้ประสบการณ์หรือหลักการคณิตศาสตร์ซึ่งแต่ละข้อสามารถเลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้ มากกว่าหนึ่งกลยุทธ์หรือสามารถหาคำตอบได้มากกว่าหนึ่งคำตอบและใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหานั้นๆ

2.2.4 กระบวนการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียน จะต้องฝึกฝนพัฒนาให้เกิดขึ้นเพื่อให้นักเรียนประสบผลสำเร็จควรปลูกฝังให้นักเรียนเข้าใจ กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับกระบวนการแก้ปัญหาที่ยอมรับและนำมาใช้กัน อย่างแพร่หลายคือกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา (Polya. 1985: 5 –19) ซึ่ง ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหาขั้นตอนนี้เป็นขั้นเริ่มต้นของการแก้ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับปัญหาและตัดสินใจอะไรคือสิ่งที่ต้องการค้นหานักเรียนต้องทำความเข้าใจปัญหา และระบุส่วนสำคัญของปัญหาซึ่งได้แก่ตัวไม่รู้ค่าข้อมูลและเงื่อนไขในการทำทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนต้องพิจารณาส่วนสำคัญของปัญหาอย่างถี่ถ้วนพิจารณาเข้าไปเข้ามาพิจารณาหลากหลาย มุมมองหรืออาจใช้วิธีต่างๆ ช่วยในการทำทำความเข้าใจปัญหาเช่นการเขียนภาพการเขียนแผนภูมิหรือ การเขียนสาระของปัญหาด้วยถ้อยคำของตนเอง

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหาขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนค้นหาความเชื่อมโยงหรือ ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและตัวไม่รู้ค่าแล้วนำความสัมพันธ์นั้นมาผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาเพื่อกำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหาและเลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผนขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแนวทาง หรือแผนที่วางไว้โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผนเพิ่มเติมรายละเอียดต่างๆ ของแผนให้ชัดเจนแล้วลงมือปฏิบัติตามจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้ถ้าแผนหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา ที่เลือกไว้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้นักเรียนต้องค้นหาแผนหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาใหม่

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา โดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้องความสมเหตุสมผลและกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่ใช้แล้ว พิจารณามีคำตอบหรือมีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหายังอื่นอีกหรือไม่เนื่องจากคนส่วนใหญ่มองว่า กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยาจะต้องดำเนินการตามขั้นตอนเป็นแนวเส้นตรง โดยไม่มีการกระยาย้อนกลับ

ขนาดเชื้อสุวรรณทวี (2542: 75) กล่าวว่าขั้นตอนในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มีดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาโดยอาศัยทักษะการแปลความหมาย การวิเคราะห์ข้อมูลโจทย์ถามอะไรและให้ข้อมูลอะไรมาบ้างจำแนกสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาให้แยกแยะออกจากกัน

ขั้นที่ 2 การวางแผนแก้ปัญหาจะสมมติสัญลักษณ์อย่างไรจะต้องหาว่าข้อมูลเกี่ยวกับสัมพันธกันอย่างไรสิ่งที่ไม่รู้เกี่ยวข้องกับสิ่งที่รู้แล้วอย่างไรหาวิธีการแก้ปัญหาโดยมีกฎเกณฑ์หลักการทฤษฎีต่างๆ ประกอบกับข้อมูลที่มีอยู่แล้วเสนอออกมาในรูปของวิธีการ

ขั้นที่ 3 การคิดคำนวณหาคำตอบที่ถูกต้องเป็นขั้นที่ต้องคิดคำนวณคิดหาคำตอบที่ถูกต้องที่สุดของปัญหาโดยวิธีการทำตามแผนที่วางไว้รู้จักวิธีการคิดคำนวณที่เหมาะสมตลอดจนการตรวจสอบวิธีการและคำตอบด้วย

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่มีประโยชน์และสำคัญยิ่ง การตรวจสอบกระบวนการที่สมบูรณ์จะช่วยให้เข้าใจปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญห่อื่นๆ ได้

ชัยศักดิ์ลีลาจารย์สกุล (2542: 15-16) กล่าวถึงขั้นตอนในกระบวนการแก้ปัญหาประกอบด้วย 4 ขั้นตอนต่อไปนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหาเป็นขั้นตอนที่ระบุสิ่งที่ต้องการระบุข้อมูลที่กำหนดให้และระบุเงื่อนไขเชื่อมโยงสิ่งที่ต้องการกับข้อมูลที่กำหนดให้

2. วางแผนแก้ปัญหาในขั้นนี้เป็นการระบุข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นสำหรับการได้มาซึ่งสิ่งที่ต้องการระบุปัญหาย่อยและการเลือกใช้ยุทธศาสตร์ที่เหมาะสมได้แก่การสังเกตกระสวนหรือรูปแบบการคิดจากปลายเหตุย้อนสู่ต้นเหตุการแจกแจงและทดสอบการทดลองและสร้างสถานการณ์จำลองการลดความซับซ้อนของปัญหาการแบ่งปัญหาวางออกเป็นส่วนย่อยๆ การใช้วิธีอนุมานทางตรรกวิทยาและการรายงานแจกแจงสมาชิกทั้งหมด

3. ดำเนินการตามแผนในขั้นนี้เป็นการดำเนินการตามวิธีที่เลือกเพื่อแก้ปัญหา

4. ตรวจสอบกระบวนการและคำตอบในขั้นนี้เป็นการตรวจสอบที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่คำตอบสมเหตุสมผลหรือไม่สามารถหาวิธีการที่ดีกว่าสั้นกว่าวิธีการที่เลือกหรือไม่และสามารถดัดแปลงเพิ่มเติมเงื่อนไขหรือข้อมูลเพื่อสร้างปัญหาใหม่ได้หรือไม่

2.2.5 กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา

ในชีวิตประจำวันทุกคนต้องเผชิญกับปัญหาต่างๆ มากมายซึ่งปัญหาที่เผชิญนั้นอาจเป็นปัญหาที่แก้ได้ง่ายหรือเป็นปัญหาที่ไม่สามารถแก้ได้ในทันทีที่ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจขั้นตอนวิธีการและประสบการณ์มาช่วยแก้ปัญหาถ้านักเรียนมีความรู้หรือแหล่งความรู้ที่เพียงพอ

เข้าใจกระบวนการแก้ปัญหาที่มีขั้นตอนวิธีการที่เหมาะสมก็จะทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น ในการแก้ปัญหาหนึ่งๆ นอกจากนักเรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐานที่เพียงพอและเข้าใจกระบวนการแก้ปัญหาดีแล้วการเลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหานั้นปริชาเนาร์เยนผล (2537: 23–79) ได้แบ่งประเภทของกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาพอสรุปได้ดังนี้

1. การค้นหาแบบรูปเป็นการวิเคราะห์ปัญหาและค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีลักษณะเป็นระบบหรือเป็นแบบรูปในสถานการณ์ปัญหานั้นๆ แล้วคาดเดาคำตอบซึ่งคำตอบที่ได้จะถูกลอมรับว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้องเมื่อผ่านการตรวจสอบยืนยันกลยุทธ์นี้มักจะใช้ในปัญหาที่เกี่ยวกับเรื่องจำนวนและเรขาคณิต
2. การสร้างตารางเป็นการจัดระบบข้อมูลใส่ในตารางตารางที่สร้างขึ้นจะช่วยให้การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์อันจะนำไปสู่การค้นพบแบบรูปหรือข้อชี้แนะอื่นๆ ตลอดจนช่วยให้ไม่หลงลืมหรือสับสนในกรณีใดกรณีหนึ่งเมื่อต้องแสดงกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหา
3. การเขียนภาพหรือแผนภาพเป็นการอธิบายสถานการณ์และแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆ ของปัญหาด้วยภาพหรือแผนภาพซึ่งการเขียนภาพหรือแผนภาพจะช่วยให้เข้าใจปัญหาได้ง่ายขึ้นและบางครั้งก็สามารถหาคำตอบของปัญหาได้โดยตรงจากภาพหรือแผนภาพนั้น
4. การแจกกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมดเป็นการจัดระบบข้อมูลโดยแยกเป็นกรณีๆ ที่เกิดขึ้นทั้งหมดในการแจกกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมดนักเรียนอาจจัดกรณีที่ไม่ใช่ ออกก่อนแล้วค่อยค้นหาระบบหรือแบบรูปของกรณีที่เหลืออยู่ซึ่งถ้าไม่มีระบบในการแจกกรณีที่เหมาะสมกลยุทธ์นี้ก็จะไม่มีประสิทธิภาพกลยุทธ์นี้จะใช้ได้ดีถ้าปัญหานั้นมีจำนวนกรณีที่เป็นไปได้แน่นอนซึ่งบางครั้งเราอาจใช้การค้นหาแบบรูปและการสร้างตารางมาช่วยในการแจกกรณีด้วยก็ได้
5. การคาดเดาและตรวจสอบเป็นการพิจารณาข้อมูลและเงื่อนไขต่างๆ ที่ปัญหากำหนดผสมผสานกับประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องมาสร้างข้อความคาดการณ์แล้วตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์นั้น
6. การเขียนสมการเป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่กำหนดในรูปของสมการหรือบางครั้งอาจเป็นอสมการก็ได้ในการแก้สมการนักเรียนต้องวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อหาว่าข้อมูลและเงื่อนไขที่กำหนดมาให้มีอะไรบ้างและสิ่งที่ต้องการหา คืออะไรหลังจากนั้นกำหนดตัวแปรแทนสิ่งที่ต้องการหาหรือแทนสิ่งที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่กำหนดมาให้แล้วเขียนสมการหรืออสมการ
7. แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลเหล่านั้นในการหาคำตอบของสมการมักใช้สมบัติของการเท่ากันมาช่วยในการแก้สมการซึ่งได้แก่สมบัติสมมาตรสมบัติถ่ายทอดสมบัติการบวกและสมบัติการคูณและสุดท้ายต้องมีการตรวจสอบคำตอบของสมการตามเงื่อนไขของปัญหากลยุทธ์นี้มักใช้บ่อยในปัญหาทางพีชคณิต

8. การคิดแบบย้อนกลับเป็นการวิเคราะห์ปัญหาที่พิจารณาจากผลย้อนกลับไปสู่เหตุ โดยเริ่มจากข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนสุดท้ายแล้วคิดย้อนขั้นตอนกลับมาสู่ข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนเริ่มต้น

9. การคิดแบบย้อนกลับใช้ได้ดีกับการแก้ปัญหาที่ต้องการอธิบายถึงขั้นตอนการได้มาซึ่งคำตอบ

10. การเปลี่ยนมุมมองเป็นการเปลี่ยนการคิดหรือมุมมองให้แตกต่างไปจากที่คุ้นเคย หรือที่ต้องทำตามขั้นตอนทีละขั้นเพื่อให้แก้ปัญหาได้ง่ายขึ้นกลยุทธ์นี้มักใช้ในกรณีที่แก้ปัญหาด้วยกลยุทธ์อื่นไม่ได้แล้วสิ่งสำคัญของกลยุทธ์นี้ก็คือการเปลี่ยนมุมมองที่แตกต่างไปจากเดิม

11. การแบ่งเป็นปัญหาย่อยเป็นการแบ่งปัญหาใหญ่หรือปัญหาที่มีความซับซ้อนหลายขั้นตอนออกเป็นปัญหาย่อยๆ ซึ่งในการแบ่งเป็นปัญหาย่อยนั้นนักเรียนอาจลดจำนวนของข้อมูลลงหรือเปลี่ยนข้อมูลให้อยู่ในรูปที่คุ้นเคยและไม่ซับซ้อนหรือเปลี่ยนให้เป็นปัญหาที่เคยแก้มาก่อนหน้านี้

12. การให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์เป็นการอธิบายข้อความหรือข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในปัญหานั้นว่าเป็นจริงโดยใช้การให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหาเราอาจใช้การให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์ร่วมกับการคาดเดาและตรวจสอบการเขียนภาพหรือแผนภาพจนทำให้

13. การให้เหตุผลทางอ้อมเป็นการแสดงหรืออธิบายข้อความที่ปรากฏอยู่ในปัญหานั้นว่าเป็นจริงโดยการสมมติว่าข้อความที่ต้องการแสดงนั้นเป็นเท็จแล้วหาข้อขัดแย้งกลยุทธ์นี้มักใช้กับปัญหาที่ยากแก่การแก้ปัญหาโดยตรงและง่ายที่จะหาข้อขัดแย้งเมื่อกำหนดให้ข้อความที่จะแสดงเป็นเท็จ

ฉวีวรรณเศวตมัลย์ (2544: 36-38) ได้เสนอยุทธวิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. กำหนดคุณลักษณะของปัญหา (Characterize the problem) อะไรคือสิ่งที่กำหนด คือสิ่งที่ต้องการอะไรขาดหายไปท่านกำลังค้นหาอะไรอยู่ข้อมูลที่จำเป็นกำหนดมาให้หรือไม่จึงดูตัวอย่างหลายๆ ข้อมีกรณีพิเศษใดหรือไม่ที่กำหนดขอบข่ายของคำตอบที่เป็นไปได้ท่านสามารถทำปัญหานั้นให้ง่ายลงโดยใช้ประโยชน์จากการสมมาตรหรือข้อความ “โดยไม่เสียความเป็นกรณีทั่วไป” เพื่อย่อโจทย์ทั้งข้อให้เป็นกรณีเฉพาะได้หรือไม่

2. ท่านเคยเห็นปัญหานั้นมาก่อนหรือไม่ (Have you seen this before?) หรือท่านเคยเห็นปัญหาในรูปแบบที่แตกต่างไปเพียงเล็กน้อยไหมถ้าเคยท่านสามารถถ่ายทอดไปสู่ปัญหานี้แล้วใช้วิธีการบางตอนที่เคยแก้ปัญหาเดิมมาใช้ได้หรือไม่จงตั้งปัญหาที่คล้ายคลึงกันที่มีตัวแปรน้อยกว่าแล้วแก้ดูโดย “การคล้าย” เจื่อนไขในข้อหนึ่งหรือมากกว่านั้นท่านสามารถเรียนรู้อะไรเกี่ยวกับปัญหาเดิมบ้างหรือไม่

3. ค้นหาแบบรูป (Look for a pattern) โดยการพิจารณาลักษณะโดยภาพรวมของอนุกรม $1+2+\dots+100$ Frederick Gauss ก็สร้างรูปแบบนี้ได้ : $1+100 = 2+99 = \dots 101$ ความเข้าใจหยั่งรู้นี้ได้นำไปสู่การสังเกตทันทีว่าตัวเลขอีก 50 คู่เช่นนี้ก็สามารถสร้างขึ้นมาได้โดยหาค่าผลบวกตั้งแต่ 1 ถึง 100 กลายเป็นงานหาผลคูณอย่างง่าย $50 \times 101 = 5,050$

4. การทำให้ง่ายลง (Simplification) บางครั้งความสัมพันธ์หรือรูปแบบบางอย่างอาจถูกจัดให้อยู่ในรูปแบบหรือนิพจน์ที่ “ยุ่งเหยิง” จึงพยายามแทนค่ารูปที่ยุ่งเหยิงด้วยสัญลักษณ์ง่ายๆแล้วค้นหาความสัมพันธ์ที่อยู่เบื้องหลังการจัดพจน์ในนิพจน์ที่ซับซ้อนเสียใหม่อาจจะนำไปสู่ผลสำเร็จปลายทางเดียวกัน

5. การลดลง (Reduction) ปัญหาของท่านสามารถแบ่งปัญหาย่อยๆ ที่แก้ไขได้ง่ายขึ้นหรือไม่

6. การทำย้อนกลับ (Work backward) เมื่อท่านสามารถพิสูจน์ทฤษฎีบทที่ท่านทราบอยู่แล้วว่าเป็นจริงอาจจะง่ายขึ้นถ้าเริ่มต้นทำจากข้อสรุปขึ้นไปหาเหตุผล

7. จัดทำรายการ (Make a list) ถ้าท่านใช้เครื่องคอมพิวเตอร์มันอาจจะเป็นไปได้ที่จะจัดรายการทั้งหมดของผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทุกชั้นของกระบวนการบางอย่างถ้าท่านสนใจในผลลัพธ์ใดโดยเฉพาะของกระบวนการนั้นมันก็จะรวบรวมอยู่ในรายการทั้งหมดนั้น

8. สถานการณ์จำลองและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Simulation and modeling) อาจสร้างได้โดยการเลียนแบบกระบวนการที่ซับซ้อนในคณิตศาสตร์หรือในโลกแห่งความเป็นจริงนั้นถ้าผลที่ได้รับโดยใช้สถานการณ์จำลองถูกต้องแม่นยำแล้วสถานการณ์จำลองนั้นคือความสำเร็จ

9. ตรรกศาสตร์ทางการ (Formal logic) อุปนัยทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพในคณิตศาสตร์หลายสาขาเช่นเดียวกับเทคนิคที่เรียกว่าการพิสูจน์โดยตรง (Direct prove) ซึ่งเป็นการพิสูจน์แบบ Contrapositive ด้วย

10. คำตอบของท่านมีความหมายหรือไม่ตรวจสอบคำตอบของท่านโดยใช้สามัญสำนึกและการให้เหตุผลแบบมีทางเลือก

11. จงค้นหาวิธีหลายวิธีเพื่อเป็นตัวแทนลักษณะของปัญหาจากรูปและระบุชื่อประกอบจัดทำรายการคุณลักษณะเขียนรายการแสดงความสัมพันธ์ที่แอบแฝงอยู่ซึ่งจะเป็นกุญแจไขไปสู่คำตอบได้มากกว่าเท่านั้น

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่ใช้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและพบว่าใช้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์บ่อยในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นเช่นการสร้างตารางการแจกแจงที่เป็นไปได้ทั้งหมดการเขียนภาพหรือแผนภาพการค้นหาแบบรูปการเขียนสมการการคาดเดาและตรวจสอบการคิดแบบย้อนกลับและอื่นๆ

2.2.6 องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาต้องอาศัยองค์ประกอบหลายอย่างเพื่อช่วยให้การคิดแก้ปัญหาประสบความสำเร็จองค์ประกอบต่างๆที่มีส่วนช่วยในการคิดแก้ปัญหาควรได้รับการสอนและฝึกฝนพัฒนา ดังเช่น สมเดชบุญประจักษ์ (2543: 26) กล่าวว่าองค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำแนกได้ 2 ประการดังนี้

1. องค์ประกอบที่เกี่ยวกับตัวผู้แก้ปัญหาประกอบด้วย

1.1 ความรู้ความคิดและประสบการณ์

1.2 ระดับสติปัญญาและความสามารถ

1.3 การรับรู้และการสังเคราะห์ความคิด

1.4 ทักษะและความรู้พื้นฐานต่างๆเช่นทักษะการอ่านการดำเนินการและทักษะทางคณิตศาสตร์

1.5 ความรู้สึกความต้องการที่จะแก้ปัญหาความเชื่อและเจตคติต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.6 ความมั่นใจในตนเองที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2. องค์ประกอบเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมประกอบด้วย

2.1 บรรยากาศที่เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา

2.2 วิธีการพัฒนาที่ส่งเสริมให้เกิดความสามารถในการแก้ปัญหา

2.3 มีเวลาพัฒนาอย่างเพียงพอและได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

2.4 สถานการณ์ปัญหาที่นำมาเป็นสื่อในการพัฒนาเป็นปัญหาที่ดีก่อให้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะต่างๆ เป็นปัญหาที่น่าสนใจท้าทายความสามารถและเหมาะสมกับวัย

นอกจากนี้สิริพรทิพย์คง (2544: 106-107) กล่าวว่าองค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้แก่

1. ความซับซ้อนของโจทย์ปัญหาข้อมูลที่กำหนดให้มีจำนวนมาก

2. วิธีการนำเสนอโจทย์ปัญหา

3. ความคุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหา

4. การใช้วิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง

5. การเริ่มต้นการแก้ปัญหาเช่นนักเรียนรู้ว่าจะต้องทำอะไรก่อนและขั้นตอนต่อไปทำอย่างไร

6. ข้อมูลที่กำหนดให้มีเพียงพอต่อการแก้ปัญหา

7. เจตคติของนักเรียนที่มีต่อการแก้ปัญหาเมื่อนักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหานักเรียนมีกำลังใจที่จะแก้ปัญหาต่างๆ

8. ประสบการณ์ในการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละคนแตกต่างกันการที่จะเป็นผู้แก้ปัญหาที่ดีจะต้องได้รับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่าองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เพื่อช่วยให้การคิดแก้ปัญหาบรรลุความสำเร็จตามเป้าหมาย องค์ประกอบต่างๆ ที่มีส่วนช่วยในการคิดแก้ปัญหาควรได้รับการสอน และฝึกฝนให้เกิดการพัฒนา ซึ่งขึ้นอยู่กับตัวนักเรียนประสบการณ์ในการแก้ปัญหาของนักเรียน ความรู้พื้นฐานสถานการณ์ปัญหาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูและเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนอีกด้วย

2.2.7 การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

นักวิชาการหลายท่านเสนอรูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังต่อไปนี้

โพลยา (Polya. 1985: 5-40) ได้เสนอรูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน ตามตาราง 3 ดังนี้

ตาราง 3 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของโพลยา

ขั้นตอนแก้ปัญหาของโพลยา	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	หลังจากอ่านโจทย์แล้ว จะต้องบอกให้ได้ว่า โจทย์กำหนดอะไรให้มาบ้าง ต้องการทราบอะไร และมีข้อเท็จจริงอย่างไร
ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	ใช้เงื่อนไขความเป็นจริงในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	ความสามารถในการสร้างตาราง เขียนไดอะแกรม เขียนสมการหรือประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์
ขั้นตรวจคำตอบ	ใช้ทักษะการคำนวณ การพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ และการสรุปความหมายของคำตอบ

ในการประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ควรให้คะแนนตามความสามารถของนักเรียนในทุกขั้นตอนเมื่อนักเรียนตอบปัญหาหรือแก้โจทย์ปัญหาได้คำตอบแม้ว่าเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้องทั้งหมดชาร์ลส์เลสเทอร์และโอตาฟเฟอร์ (Janjaruporn. 2005: 35 - 42; อ้างอิงจาก Charles; Lester; & O'Daffer. 1987: 15-61) ได้เสนอแนวทางการประเมินผลการแก้ปัญหา 4 ประการ ได้แก่ การสังเกตและการใช้คำถาม (Observing and questioning) การใช้ข้อมูลการวัดผลของนักเรียน (Using self-assessment data from students) การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric scoring) และ การใช้แบบทดสอบ (Using tests) มีรายละเอียดดังนี้

วิธีที่ 1: การสังเกตและการตั้งคำถามเป็นการประเมินที่กระทำขณะที่นักเรียนกำลังลงมือแก้ปัญหาซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพที่ไม่สามารถระบุเป็นคะแนนได้ซึ่งได้แก่ พฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียนความเชื่อและเจตคติการสังเกตที่ดีควรมีการจดบันทึกสิ่งที่สังเกตไว้เพราะการจำอย่างเดียวย่อมทำให้หลงลืมได้เนื่องจากครูมีเวลาจำกัดในการจดบันทึกดังนั้น ก่อนเข้าสู่บทเรียนครูต้องเลือกประเด็นของสิ่งที่ต้องการประเมินและเตรียมเครื่องมือการประเมินไว้ล่วงหน้าเช่นแบบตรวจสอบรายการแล้วจดบันทึกสิ่งที่สังเกตโดยการทำเป็นจุดหรือเครื่องหมายไว้ และต้องบันทึกทันทีทันทีทันใดภายหลังการสังเกตตัวอย่างแบบตรวจสอบรายการ

วิธีที่ 2: การใช้ข้อมูลการวัดผลของนักเรียนเป็นอีกวิธีหนึ่งในการประเมินผลการแก้ปัญหา วิธีนี้จะมีคุณค่ามากน้อยนั้นขึ้นอยู่กับความซื่อตรงที่นักเรียนรายงานหรือบันทึกออกมาถึงความรู้สึก ความเชื่อความตั้งใจและความคิดของนักเรียนเองเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่กำหนดข้อมูลการวัดผลของนักเรียนจะถูกรวบรวมไว้ในสมุดรายงาน (Students reports) ที่นักเรียนต้องเขียนเล่าประสบการณ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาภายหลังจากที่แก้ปัญหาเสร็จเพื่อให้นักเรียนมีประเด็นในการเขียนครูอาจใช้คำถามต่อไปนี้แนะแนวทางในการเขียนได้

- นักเรียนทำอะไรเมื่อแรกพบปัญหา
- นักเรียนใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาเลยหรือไม่ใช้กลยุทธ์ใดผลเป็นอย่างไรมีอะไรเกิดขึ้นบ้างกลยุทธ์นั้นสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่
- ถ้าแก้ปัญหาไม่สำเร็จนักเรียนพยายามหากกลยุทธ์อื่นมาลองใช้อีกหรือไม่
- นักเรียนตรวจสอบคำตอบหรือไม่ลองใช้วิธีการอื่นๆ บ้างหรือไม่นักเรียนแน่ใจไหมว่าคำตอบที่ได้ถูกต้องครูสามารถใช้สมุดรายงานของนักเรียนในการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาได้ และยังวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาในภาพรวมได้อีกเมื่อสิ้นภาคเรียนและสิ้นปีการศึกษา

วิธีที่ 3: การให้คะแนนแบบรูบริกเป็นการประเมินจากการเขียนแสดงขั้นตอนการคิดของนักเรียนแบ่งเป็น 3 วิธีดังนี้

3.1 การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Analytic scoring) เป็นวิธีการประเมินที่กำหนดค่าคะแนนโดยพิจารณาแยกแยะจากขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ดังนั้นขั้นตอนแรกของการพัฒนากลยุทธ์การให้คะแนนของการวิเคราะห์คือการกำหนดขั้นตอนของการแก้ปัญหาที่ครูต้องการประเมินขั้นตอนที่สองคือการกำหนดพิสัยของคะแนนที่เป็นไปได้สำหรับแต่ละขั้นตอน

ข้อดีของการให้คะแนนแบบวิเคราะห์คือ

- เป็นการพิจารณาขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาไม่ใช่พิจารณาเพียงคำตอบ
- เป็นวิธีการกำหนดคุณค่าของงานนักเรียนด้วยตัวเลขที่ชัดเจน
- ช่วยครูในการเน้นเฉพาะที่จุดอ่อนและจุดแข็งของนักเรียนได้ตรงประเด็น
- ได้ข้อสังเกตเฉพาะเจาะจงเกี่ยวกับประสิทธิผลที่เกิดจากกิจกรรมการเรียนรู้
- กลยุทธ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมได้

3.2 การให้คะแนนแบบองค์รวม (Holistic scoring) เป็นการให้คะแนนที่เน้นภาพรวมของคำตอบไม่ใช่พิจารณาเฉพาะคำตอบเท่านั้นการให้คะแนนแบบองค์รวมจะไม่กำหนดคะแนนแยกแยะลงไปเป็นขั้นๆของกระบวนการคิดแต่จะกำหนดน้ำหนักคะแนนสำหรับภาพรวมของคำตอบทั้งหมดดังนั้นการให้คะแนนแบบองค์รวมจึงเป็นการประเมินที่เหมาะสมสำหรับการประเมินที่มีสเกลใหญ่ๆและต้องการผลที่เป็นภาพรวมกว้างๆ ข้อดีของการให้คะแนนแบบองค์รวมคือ

- เปิดโอกาสให้มีการพิจารณาประเมินการเขียนของนักเรียนอย่างรวดเร็ว
- เน้นการพิจารณากระบวนการที่ใช้ไม่ใช่พิจารณาเฉพาะคำตอบเท่านั้น
- มีการจัดเตรียมเกณฑ์การให้คะแนนที่เฉพาะเจาะจงชัดเจนสำหรับงานเขียน

3.3 การให้คะแนนจากความประทับใจทั่วไป (Impressing scoring) เป็นการให้คะแนนโดยใช้ความประทับใจทั่วไปซึ่งมีเกณฑ์ที่แน่นอนชัดเจนจากผู้ประเมินที่มีประสบการณ์สูงหรือผู้เชี่ยวชาญ

วิธีที่ 4: การใช้แบบทดสอบ โดยแบบทดสอบที่ใช้ในการประเมินผลการแก้ปัญหามี 2 ประเภทได้แก่

4.1 แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple choice tests) เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยข้อคำถามซึ่งแต่ละคำถามจะมีตัวเลือกหลายๆ ตัวเลือกให้นักเรียนเลือกตอบตัวเลือกที่คิดว่าถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว

4.2 แบบทดสอบชนิดเติมคำตอบ (Completion tests) เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยข้อคำถามซึ่งแต่ละคำถามจะเว้นช่องว่างไว้เพื่อให้นักเรียนนำคำตอบตัวเลขหรือประโยคที่ถูกต้องเติมลงในช่องว่าง

ชาร์ลส์และเลสเทอร์ (Charles; & Lester. 1982: 11-12) เสนอรูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาถึงความสามารถไว้ 3 ประการ รายละเอียดดังตารางที่ 4 ดังนี้

ตาราง 4 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามรูปแบบของ ชาร์ลส์และเลสเทอร์

ส่วนที่พิจารณา	พฤติกรรมที่แสดง	คะแนนที่ได้
ความเข้าใจปัญหา	1.ไม่แสดงอะไร	0
	2.แปลความหมายผิดทั้งหมด	1
	3.แปลความหมายผิดเป็นส่วนใหญ่	2
	4.แปลความหมายผิดเป็นบางส่วน	3
	5.แปลความหมายได้ถูกต้องสมบูรณ์	4
วิธีการแก้ปัญหา	1.ไม่แสดงอะไร	0
	2.วางแผนการทำงานไม่ถูกต้อง	1
	3.แก้ปัญหาถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	2
วิธีการแก้ปัญหา(ต่อ)	4.แก้ปัญหาผิดเป็นบางส่วน	3
	5.วางแผนแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม มีแนวทางนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง	4
ผลลัพธ์ที่ได้	1.ไม่แสดงอะไร	1
	2.เขียนผิด คำนวณผิด	2
	3.คำตอบถูกต้อง	3

จากการศึกษาประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้น ผู้วิจัยปรับปรุงจากหลักเกณฑ์การให้คะแนนตามรูปแบบของ ชาร์ลส์และเลสเทอร์ และเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปрикของกรมิวิชาการ (2546: 137-139) เนื่องจากการเสนอรูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน โดยให้คะแนนพฤติกรรมในการแก้ปัญหา ซึ่งพิจารณาจากความสามารถ 3 ประการ คือ ความเข้าใจปัญหา การแก้ปัญหา และการตอบปัญหา

2.2.8 งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยต่างประเทศ

วิลเลียมส์ (Williams. 2003: 185–187) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาพฤติกรรมการแก้ปัญหาโดยเน้นการเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่เรียนวิชาพีชคณิตจำนวน 42 คนสอนโดยครูคนเดียวกันหัวข้อเรื่องที่เรียนเหมือนกันแต่กลุ่มทดลอง 22 คนเรียนการเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาและกลุ่มควบคุม 20 คนเรียนโดยใช้การแก้ปัญหาตามขั้นตอนปกติทดสอบก่อนและหลังเรียนผลพบว่ากลุ่มทดลองสามารถแก้ปัญหาได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมจากการสัมภาษณ์นักเรียนในกลุ่มทดลองพบว่านักเรียนมากกว่า 75% มีความพอใจในกิจกรรมการเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาและนักเรียนมากกว่า 80% บอกว่ากิจกรรมดังกล่าวช่วยให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น

ซิน (Xin. 2003: 4276-A) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการสอนวิชาคณิตศาสตร์ด้วยการแก้ปัญหาโดยเน้นให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยการแก้ปัญหาซึ่งศึกษาความแตกต่างของวิธีการสอนทั้ง 2 แบบคือวิธีการสอนแบบ SBI (Explicit Schema – Based Problem Solving Instructional Strategy) และวิธีการสอนแบบ TI (Traditional General Heuristic Instructional Strategy) ทั้งสองกลุ่มมีการทดสอบความรู้ความเข้าใจทั้งก่อนเรียน – หลังเรียนผลการวิจัยปรากฏว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้ SBI และ TI มีความสามารถในการแก้ปัญหาแตกต่างกันซึ่งวิธีการสอนแบบ TI มีการทดสอบก่อนเรียน – ขณะเรียน (ดำเนินการ 1-2 สัปดาห์) และทำการทดสอบครั้งสุดท้าย (ดำเนินการ 3 สัปดาห์ – 3 เดือน) กลุ่มนักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีการสอนแบบ SBI กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธี TI มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

งานวิจัยภายในประเทศ

มะลิวรรณผ่องราษี (2549: 110-111) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยวิธีการสื่อสารแนวความคิดเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสื่อสารแนวความคิดก่อนและหลังเรียนพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีพัฒนาการสูงขึ้นจากระดับที่ 1 ถึงระดับที่ 4 และเมื่อจำแนกตามขั้นตอนการแก้ปัญหของ สสวท. มีพัฒนาการสูงขึ้นทุกขั้นตอนและมีความเข้าใจในขั้นตอนที่ 1-3 มากกว่าขั้นตอนที่ 4 และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังการทดลองของนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสื่อสารแนวความคิดสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาที่กล่าวมาพอสรุปได้ว่าการแก้ปัญหาเป็นพื้นฐานสำคัญในการจัดการเรียนรู้อาณัติศาสตร์ทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการที่มีระบบมีเหตุผลมีความเข้าใจและกล้าตัดสินใจโดยครูเป็นผู้จัดสถานการณ์ให้เร้าต่อความสนใจในการแก้ปัญหาที่จะสามารถช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาศักยภาพในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆและสามารถถ้อยแถลงการแก้ปัญหาอาณัติศาสตร์ไปสู่การแก้ปัญหาโดยทั่วๆ ไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนให้ได้ฝึกการแก้ปัญหาย่างสม่ำเสมออันจะส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนอาณัติศาสตร์มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.3 ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

2.3.1 ความหมายของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

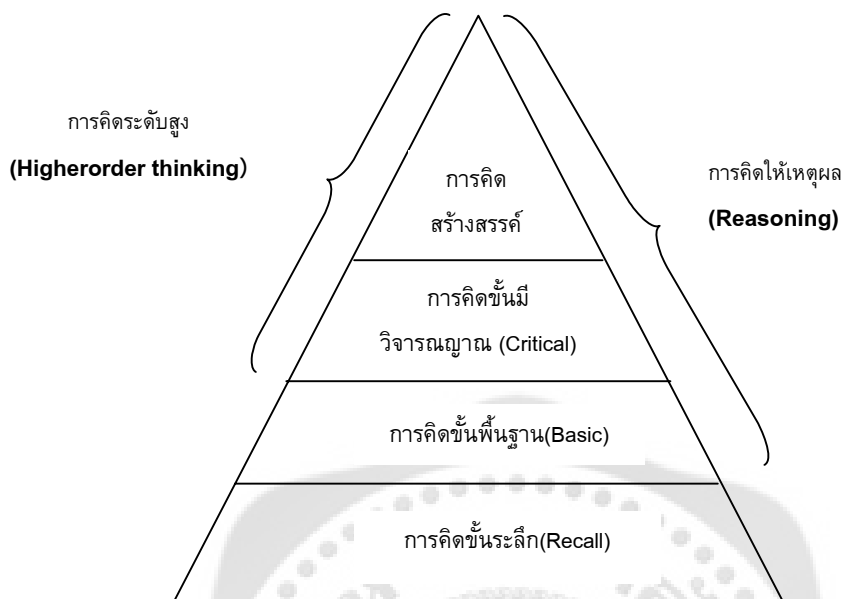
ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นหนึ่งในทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ผู้สอนควรให้ความสำคัญซึ่งได้มีนักการศึกษา ได้ให้ความหมายของการให้เหตุผลไว้ดังนี้

โอตาฟเฟอร์ (O'Daffer. 1990: 378) ได้กล่าวว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทางด้านการคิดทางคณิตศาสตร์ และการคิดที่เกี่ยวกับการสร้างหลักการการสรุปแนวคิดที่สมเหตุสมผล และการหาความสัมพันธ์ของแนวคิด

ครูลีและรูดนิค (Krulik; & Rudnick. 1993: 3) ได้กล่าวว่าการคิดหมายถึงความสามารถของนักเรียนในการได้มาซึ่งข้อสรุปที่สมเหตุสมผลจากข้อมูลที่กำหนดซึ่งนักเรียนต้องสร้างข้อความคาดการณ์หาข้อสรุปจากความสัมพันธ์ของสถานการณ์ปัญหาแล้วแสดงเหตุผลพร้อมทั้งอธิบายข้อสรุปและข้อยืนยันนั้นโดยข้อสรุปดังกล่าวนี้จะเกิดจากการนำมารวมกันจนกลายมาเป็นความรู้ใหม่ได้โดยอธิบายว่า การคิดเป็นกระบวนการซับซ้อนมิได้แยกกันเป็นส่วนๆ แต่รวมกันตั้งแต่ระดับขั้นทุกขั้นประมวลรวมกันเป็นการคิดโดยได้แบ่งการคิดออกเป็น 4 ขั้นคือ

1. การคิดขั้นระลึก (Recall) จัดเป็นทักษะการคิดที่เป็นธรรมชาติเกือบเป็นอัตโนมัติ เป็นความสามารถในการระลึกข้อเท็จจริง
2. การคิดขั้นพื้นฐาน (Basic) เป็นความเข้าใจความคิดรวบยอดเป็นประโยชน์นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
3. การคิดขั้นวิจารณ์ญาณ (Critical) เป็นความคิดที่ใช้ในการตรวจเชื่อมโยงและประเมินลักษณะทั้งหมดของการแก้ปัญหาประกอบการจำการรับรู้การวิเคราะห์ข้อมูลเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อหาคำตอบที่มีเหตุผลได้
4. การคิดขั้นสร้างสรรค์ (Creative) เป็นความคิดที่ซับซ้อนความคิดระดับนี้เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่คิดหรือจินตนาการขึ้นเอง

ส่วนของการให้เหตุผลครูลึกและรูดนิกมองว่าเป็นส่วนสำคัญของการคิดนอกเหนือไปจาก การคิดขั้นระลึกได้ดังแสดงให้เห็นในภาพประกอบ 2 ต่อไปนี้



ภาพประกอบ 2 ลำดับขั้นการคิดของครูลึกและรูดนิก

ที่มา: Krulik.; & Rudnick, J. A. (1993). *Reasoning and Problem Solving :A Handbook for Elementary School Teachers*. p:3.

ทศนาแชนมณี (2545: 114) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีเหตุผลว่าเป็นการคิดที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเข้าใจความคิดที่สามารถอธิบายได้ด้วยหลักเหตุผลโดยสามารถจำแนกข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงและพิจารณาเรื่องที่คิดบนพื้นฐานของข้อเท็จจริงโดยใช้หลักเหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย ซึ่งประกอบด้วยทักษะย่อยๆ ดังนี้

1. สามารถแยกข้อเท็จจริงและความคิดเห็นออกจากกันได้
2. สามารถใช้เหตุผลแบบนิรนัยหรืออุปนัยพิจารณาข้อเท็จจริงได้
3. สามารถใช้เหตุผลทั้งแบบนิรนัยและอุปนัยพิจารณาข้อเท็จจริงได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 39) กล่าวถึง การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์และ/หรือความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในการรวบรวมข้อเท็จจริง/ข้อความ /แนวคิด/สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่างๆ แจกแจงความสัมพันธ์ หรือการเชื่อมโยงเพื่อทำให้เกิดข้อเท็จจริงหรือสถานการณ์ใหม่

จากความหมายของการให้เหตุผลหมายถึงการอ้างหลักฐานเพื่อยืนยันข้อสรุปว่าเป็นจริงหรือเป็นการแสดงแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างหลักการหาความสัมพันธ์ของแนวคิดและการสรุปที่สมเหตุสมผลตามแนวคิดกฎเกณฑ์หรือความจริงนั้นๆ พร้อมทั้งสมรรถภาพที่จะยืนยันหรือคัดค้านข้อความคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการทางการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์และ/หรือความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการรวบรวมข้อเท็จจริง/ข้อความ/แนวคิด/สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่างๆ แจกแจงความสัมพันธ์ หรือการเชื่อมโยงเพื่อทำให้เกิดข้อเท็จจริงหรือสถานการณ์ใหม่

2.3.2 ความสำคัญของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

หลักสูตรคณิตศาสตร์กำหนดให้การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนเป็นจุดเน้นหลักและเป็นเป้าหมายที่สำคัญประการหนึ่งของการสอนคณิตศาสตร์ในปัจจุบันดั่งที่นักการศึกษาและนักวิชาการได้กล่าวถึงความสำคัญของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ต่อไปนี้

สติกกินส์ (Stiggins. 1997: 6) ได้กล่าวว่าการทำความเข้าใจโดยใช้เหตุผลช่วยให้นักเรียนเป็นนักคิดที่ดีในบางโอกาสเราต้องให้การให้เหตุผลในลักษณะการวิเคราะห์เพื่อจะดูว่าส่วนปลีกย่อยต่างๆ เข้ากับภาพโดยรวมของสิ่งนั้นหรือไม่ในบางโอกาสเราต้องให้การให้เหตุผลแบบเปรียบเทียบเพื่อให้เข้าใจความเหมือนกับ ความแตกต่าง

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (The National Council of Teachers of Mathematics. 2000: 29) ได้กำหนดให้การให้เหตุผลและการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์เป็นมาตรฐานหนึ่งในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และกล่าวว่าการให้เหตุผลและการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์นั้นจะเป็นแนวทางในการพัฒนาให้เกิดการแสดงออกถึงความเข้าใจอันลึกซึ้งเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ ได้อย่างกว้างขวางและได้กล่าวถึงวิชาคณิตศาสตร์กับการให้เหตุผลว่าจุดเน้นของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในแต่ละระดับดังนี้

ระดับอนุบาล-เกรด 4 เน้นการให้เหตุผลที่ให้นักเรียน

1. หาผลสรุปทางคณิตศาสตร์
2. ใช้ความรู้สมบัติความสัมพันธ์และรูปแบบต่างๆ ในการอธิบายแนวคิด
3. ให้เหตุผลเกี่ยวกับคำตอบและกระบวนการในการหาคำตอบ
4. ใช้รูปแบบและความสัมพันธ์ต่างๆ ในการวิเคราะห์สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์
5. เชื่อว่าคณิตศาสตร์มีความสมเหตุสมผล

เกรด 5 – 8 เน้นการให้เหตุผลที่ให้นักเรียน

1. มีความเข้าใจและใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัย
2. สามารถทำความเข้าใจและประยุกต์ใช้กระบวนการให้เหตุผลเชิงมิติสัมพันธ์
3. สร้างและตรวจสอบข้อคาดเดาและข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์
4. ให้เหตุผลในความคิดของตนเอง
5. เห็นความสำคัญของการให้เหตุผลว่าเป็นส่วนสำคัญของคณิตศาสตร์

เกรด 9-12 สนับสนุนให้นักเรียนได้ขยายทักษะการให้เหตุผลโดยมุ่งให้นักเรียนสามารถ

1. สร้างและตรวจสอบข้อคาดเดา
2. ยกตัวอย่างคัดค้านได้
3. แสดงการให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล
4. ตัดสินข้อโต้แย้งด้วยเหตุและผล
5. อ้างเหตุผลอย่างง่ายได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 39) กล่าวถึง ความสำคัญของการให้เหตุผลว่าเป็นทักษะและกระบวนการที่ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล คิดอย่างเป็นระบบ สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม การคิดอย่างมีเหตุผลจึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่นักเรียนสามารถนำติดตัวไปใช้ในการพัฒนาตนเองและเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ในการทำงานและการดำรงชีวิต ดังนั้น การคิดอย่างมีเหตุผลจึงเป็นหัวใจของการสอนคณิตศาสตร์

การสอนคณิตศาสตร์ในลักษณะของความ เป็นเหตุเป็นผลจะให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์เกิดความมั่นใจเชื่อว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีเหตุผลนักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้และสามารถที่จะค้นพบสิ่งใหม่ๆได้ด้วยตนเองจะเห็นได้ว่าความสำคัญของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนเห็นว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีเหตุผลเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาหรือวิธีการรู้จักใช้เหตุผลปรับแนวคิดจำได้ดีกว่านำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์และมีความเชื่อมั่นในตนเองมากขึ้น

2.3.3 รูปแบบของการให้เหตุผล

เฮลเลอร์ และคนอื่นๆ (Heller; et al. 1989: 209-211) ได้แบ่งประเภทปัญหาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็น 2 ประเภทคือ

1. ปัญหาการให้เหตุผลแบบบอกทิศทางเชิงคุณภาพ (Qualitative directional reasoning problems) เป็นลักษณะคำถามเชิงคุณภาพปัญหาที่ใช้เป็นเหตุผลเชิงคุณภาพแบบนี้เรียกว่าคำถามเชิงทิศทาง (Directional questions) โดยคำถามจะถามเกี่ยวกับค่าของอัตราส่วนว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรอาจเพิ่มลดลงหรือเท่าเดิมเมื่อกำหนดให้เศษและส่วนมีค่าเพิ่มขึ้นลดลงหรือเท่าเดิมโดยแบ่งลักษณะค่าของอัตราส่วนที่เปลี่ยนไปได้ทั้งหมด 9 ลักษณะดังนี้

- 1.1 เศษเพิ่มและส่วนเพิ่มขึ้นค่าของอัตราส่วนไม่สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงได้
- 1.2 เศษเพิ่มและส่วนเท่าเดิมค่าของอัตราส่วนเพิ่มขึ้น
- 1.3 เศษเพิ่มและส่วนลดลงค่าของอัตราส่วนเพิ่มขึ้น
- 1.4 เศษเท่าเดิมและส่วนเพิ่มขึ้นค่าของอัตราส่วนลดลง
- 1.5 เศษเท่าเดิมและส่วนเท่าเดิมค่าของอัตราส่วนเท่าเดิม
- 1.6 เศษเท่าเดิมและส่วนลดลงค่าของอัตราส่วนเพิ่มขึ้น
- 1.7 เศษลดลงและส่วนเพิ่มขึ้นค่าอัตราส่วนลดลง
- 1.8 เศษลดลงและส่วนเท่าเดิมค่าอัตราส่วนลดลง
- 1.9 เศษลดลงและส่วนลดลงค่าของอัตราส่วนไม่สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงได้

2. ปัญหาการให้เหตุผลแบบบอกทิศทางเชิงตัวเลข (Number directional reasoning problems) คือเป็นลักษณะคำถามเชิงตัวเลขโดยคำถามจะถามหาค่าตัวแปรการเปรียบเทียบเชิงตัวเลข

บาร์ดี (Baroody, 1993: 59) ได้จำแนกชนิดของการให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกับชั้นเรียนคณิตศาสตร์ออกเป็น 3 ชนิดคือ

1. การให้เหตุผลแบบสัญชาตญาณ (Intuitive reasoning) เป็นการให้เหตุผลที่คนเรามีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะตัดสินใจจึงตัดสินใจบนข้อมูลที่เห็นและตามความรู้สึกการให้เหตุผลแบบสัญชาตญาณจึงเป็นเหตุผลที่ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ปรากฏหรือข้อสันนิษฐานซึ่งทั้งสิ่งที่ปรากฏและข้อสันนิษฐานนี้อาจถูกหรือผิดก็ได้

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) เป็นการให้การสังเกตเป็นพื้นฐานเพื่อค้นหาแบบรูปหรือสร้างข้อคาดการณ์แล้วสรุปเป็นกรณีทั่วไปให้ผู้ให้ความหมายของการให้เหตุผลแบบอุปนัยในลักษณะที่คล้ายๆกันคือการให้เหตุผลแบบอุปนัยเป็นกระบวนการทางปัญญาที่ช่วยให้คนเราสร้างหรือสรุปกฎจากประสบการณ์เกิดจากการนำเสนอข้อมูลของสมาชิกบางส่วนมาสร้างเป็นนัยทั่วไปและเป็นกระบวนการตั้งสมมติฐานที่เป็นกฎทั่วไปซึ่งแทนลักษณะร่วมกันของกลุ่มของวัตถุสิ่งของหรือเหตุการณ์ที่มีลักษณะเฉพาะการให้เหตุผลอุปนัยจึงเป็นการหาสมบัติร่วมกันหาแบบรูปกฎและข้อสรุปจากตัวอย่างที่ต่างกัน

3. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive reasoning) เป็นกระบวนการสรุปอย่างสมเหตุสมผลบนพื้นฐานของข้อตกลงหรือกฎ ซึ่งยอมรับว่าเป็นจริงแล้วหรือที่เรียกว่าเหตุสามารถกล่าวได้ว่าการให้เหตุผลเชิงนิรนัยมีลักษณะตรงข้ามกับการให้เหตุผลแบบอุปนัยเพราะการให้เหตุผลแบบอุปนัยมีจุดเริ่มจากกรณีเฉพาะไปสู่ข้อสรุปที่เป็นกรณีทั่วไปในขณะที่การให้เหตุผลแบบนิรนัยมีทิศทางตรงกันข้ามคือจะใช้ความรู้กรณีทั่วไปในการแก้ปัญหากรณีเฉพาะเชื่อกันว่าการให้เหตุผลแบบนิรนัยเป็นการให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือได้มากที่สุดเนื่องจากเป็นการให้เหตุผลที่สร้างบนพื้นฐานทางตรรกศาสตร์

ฉวีวรรณ เศวตมัลย์ และคนอื่นๆ (2545: 69-70) ได้กล่าวถึงการให้เหตุผลไว้ว่าการให้เหตุผลมี 2 ประเภทคือ

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัยเป็นการให้เหตุผลโดยกำหนดให้หรือยอมรับเหตุเป็นจริง นั่นคือเหตุที่ตั้งขึ้นบังคับให้เกิดผลลัพธ์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ซึ่งจะสมเหตุสมผลหรือไม่สมเหตุสมผลจะต้องตรวจสอบความสมเหตุสมผลนั้น

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัยเป็นการใช้ประสบการณ์ย่อยๆ หลายๆ ตัวอย่างหรือการคาดคะเนในการสรุปผลนั่นคือเหตุที่จะตั้งขึ้นเป็นการเก็บข้อมูลในแต่ละครั้งที่เกิดขึ้นแล้วสรุปซึ่งผลลัพธ์ที่ได้อาจไม่สอดคล้องกับเหตุการณ์เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้อาจเป็นจริงหรือไม่เป็นจริงก็ได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547: 4-5) ได้กล่าวว่าการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ถือเป็นการคิดเชิงคณิตศาสตร์ประกอบด้วยการสรุปเป็นกรณีทั่วไปหรือการสรุปอย่างสมเหตุสมผลเกี่ยวกับแนวคิดและความสัมพันธ์ของแนวคิดเหล่านั้นการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์และการคิดสร้างสรรค์โดยได้แบ่งการให้เหตุผลเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. การให้เหตุผลเชิงอุปนัย (Inductive reasoning) เป็นการใช้การสังเกตขึ้นพื้นฐานเพื่อค้นหาแบบรูปหรือสร้างข้อคาดเดาแล้วสรุปเป็นกรณีทั่วไปในวิชาคณิตศาสตร์การให้เหตุผลเชิงอุปนัยที่พบบ่อย

2. การให้เหตุผลเชิงนิรนัย (Deductive reasoning) เป็นกระบวนการสรุปอย่างสมเหตุสมผลบนพื้นฐานของข้อตกลงหรือกฎซึ่งยอมรับว่าเป็นจริงแล้วหรือที่เรียกว่าเหตุ

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ประเภทของการเหตุผลทางคณิตศาสตร์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. การให้เหตุผลเชิงอุปนัย (Inductive reasoning) เป็นกระบวนการที่ใช้การสังเกตหรือทดลองหลายๆ ครั้ง จนมากเพียงพอที่จะรวบรวมข้อมูล เพื่อหาแบบรูปที่จะนำไปสู่ข้อสรุปที่น่าเชื่อถือว่าจะถูกต้อง หรือน่าจะเป็นมีความเป็นจริง มีความเป็นไปได้มากที่สุด แต่ยังไม่ได้พิสูจน์ว่าเป็นจริง และยังไม่ค้นพบข้อขัดแย้ง เรียกข้อสรุปนั้นว่า “ข้อความคาดการณ์”

2. การให้เหตุผลเชิงนิรนัย (Deductive reasoning) เป็นกระบวนการที่ยกเอาสิ่งที่รู้กันว่าเป็นจริง หรือ ยอมรับว่าเป็นเช่นนั้นจริง โดยไม่ต้องพิสูจน์ แล้วใช้เหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์อ้างอิงจากสิ่งที่รู้กันว่าเป็นจริงนั้น เพื่อนำไปเป็นข้อสรุปหรือผลสรุปที่เพิ่มเติมขึ้นมาใหม่

2.3.4 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล

การสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเป็นการสอนที่เน้นให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดใช้เหตุผลเพื่อแสวงหาความรู้และค้นหาคำตอบต่างๆด้วยตนเองโดยที่ผู้สอนเป็นผู้ที่มีหน้าที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้และสภาพแวดล้อมต่างๆให้เป็นไปในทิศทางที่ส่งเสริมและเอื้อให้นักเรียนเกิดทักษะดังกล่าว

แบรนต์ (Brandt. 1984: 3) ได้กล่าวว่าการคิดกับการให้เหตุผลมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดและเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้และการแก้ปัญหาด้วยเหตุนี้ นักการศึกษาจึงให้ความสนใจเกี่ยวกับการสอนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดอย่างมีระบบเหตุผลมากขึ้นได้พยายามศึกษาทดลองเพื่อหาว่าทักษะการคิดอะไรที่จำเป็นและเป็นพื้นฐานของการคิดอย่างมีเหตุผลสอนอย่างไรจึงจะทำให้เกิดทักษะที่ต้องการเหล่านั้นได้มีการกล่าวถึงการสอนไว้ 3 ทางคือ

1. แนวการสอนเพื่อให้คิด (Teaching for thinking) การสอนตามแนวทางนี้เน้นในด้านการสอนเนื้อหาวิชาโดยมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการสอนเพื่อเพิ่มความสามารถในด้านการคิดของนักเรียน

2. แนวทางการสอนการคิด (Teaching of thinking) การสอนตามแนวทางนี้มีจุดเน้นเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองที่นำไปใช้ในการคิดโดยเฉพาะโดยเน้นไปที่ทักษะการคิดหรือเป็นแนวทางที่สอนทักษะการคิดโดยตรงแนวทางในการสอนนั้นจะมีลักษณะที่แตกต่างกันหลายแนวทางตามความเชื่อพื้นฐานของผู้จัดสร้างแนวทางการสอน

3. แนวทางการสอนเกี่ยวกับการคิด (Teaching about thinking) การสอนตามแนวทางนี้เป็นแนวทางที่ใช้การคิดเป็นเนื้อหาสาระการสอนโดยมุ่งให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ถึงสิ่งที่มีความคิดของตนเองโดยรู้ว่าตนกำลังทำอะไรต้องการรู้อะไรและในขณะที่กำลังคิดอยู่นั้นตนเองรู้อะไรและไม่รู้อะไรซึ่งสิ่งดังกล่าวนี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้เข้าใจถึงกระบวนการคิดของตนเองอันก่อให้เกิดทักษะที่เรียกว่าการสังเคราะห์ความคิด (Metacognition) ของตนเองแนวทางการสอนเกี่ยวกับการคิดนี้เริ่มเป็นที่สนใจของนักการศึกษาเพิ่มขึ้นโดยเชื่อว่าเป็นแนวทางที่ทำให้ผู้เรียนสามารถค้นหาข้อบกพร่องของตนเพื่อเป็นแนวทางแก้ไขได้ตรงจุด

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547: 18) ได้ให้หลักการในการพัฒนาการให้เหตุผลว่ามีหลักการที่สำคัญดังนี้

1. ควรจัดประสบการณ์ให้สม่ำเสมอทุกระดับชั้น
2. การให้เหตุผลสามารถพัฒนาได้โดยสอดแทรกทุกหน่วยการเรียนรู้ตามความเหมาะสม
3. ระดับการให้เหตุผลควรให้สอดคล้องกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียน
4. การให้เหตุผลควรจัดให้ได้มีประสบการณ์อย่างสม่ำเสมอตั้งแต่วัยก่อนอนุบาล

จนถึงระดับมหาวิทยาลัยซึ่งควรจะปลูกฝังให้เกิดเป็นนิสัย

5. ควรให้นักเรียนได้ตระหนักว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีเหตุผล
 6. ควรจัดบรรยากาศในห้องเรียนให้ส่งเสริมการฝึกการให้เหตุผล
- นอกจากจะต้องคำนึงถึงหลักการต่าง ๆ แล้วสิ่งที่ครูควรดำเนินการมีดังนี้

1. ตั้งเป้าหมายให้ชัดเจนครูควรพิจารณาในรายละเอียดว่าระดับชั้นนั้นต้องการให้นักเรียนมีความสามารถอะไรบ้างเช่นการให้เหตุผลการมีทักษะการนำไปใช้การตัดสินใจและสรุปผลได้มากน้อยเพียงใดครูควรตระหนักว่าเป้าหมายนั้นมีความสำคัญมีคุณค่าในชีวิตของนักเรียนและต้องกำหนดการประเมินให้บรรลุเป้าหมาย

2. ปรับแนวคิดในการสอนการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลสามารถทำควบคู่ไปกับการสอนได้ทุกเรื่องโดยจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้คิดเองมากขึ้นเช่นจัดให้มีการอภิปรายถามให้นักเรียนเล่าความคิดชี้แจงเหตุผลประกอบซึ่งเป็นการแสดงเหตุผลอย่างง่าย ๆ เพื่อให้นักเรียนได้เคยชินกับการคิดอย่างมีเหตุผลและการชี้แจงนี้จะเป็นโอกาสให้นักเรียนได้ย้อนกลับมาพิจารณาแนวคิดของตนเองทำความเข้าใจให้แจ่มชัดขึ้นและปรับแต่งแนวคิดได้อย่างมีเหตุผลตลอดจนประเมินเหตุผลของผู้อื่นว่าควรเชื่อถือหรือไม่เมื่อนักเรียนแสดงเหตุผลครูควรอาศัยการสรุปเหตุผลของนักเรียนปรับแต่งเหตุผลนั้นให้รัดกุมเพื่อให้นักเรียนได้ซึมซับวิธีการให้เหตุผลที่ดี

3. จัดกิจกรรมเพิ่มเติมครูควรเพิ่มกิจกรรมนอกเหนือจากการสอนปกติเช่นจัดให้มีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ไม่ใช่เฉพาะโจทย์ปัญหาในหนังสือเรียนเท่านั้นให้มีการสร้างแบบรูปเองหรือการพิจารณาแบบรูปที่กำหนดให้ให้นักเรียนได้นำคณิตศาสตร์ไปใช้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นๆ เป็นต้น

2.3.5 บทบาทของครูในการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล

โรแวนและมอร์โรว์ (Rowan; & Morrow. 1993: 16-18) ได้กล่าวว่านอกจากการเตรียมกิจกรรมให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมและแสดงพฤติกรรมที่เป็นการฝึกทักษะและพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลแล้วยังได้ให้ข้อคิดเกี่ยวกับบรรยากาศในชั้นเรียนว่าเป็นสิ่งสำคัญมากครูต้องจัดบรรยากาศให้นักเรียนเห็นว่าการให้เหตุผลเป็นสิ่งสำคัญมากกว่าการได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้องซึ่งบรรยากาศในชั้นเรียนต้องไม่ทำให้นักเรียนรู้สึกหวาดกลัวแต่เป็นบรรยากาศที่สนับสนุนและส่งเสริมให้นักเรียนได้พูดอธิบายและแสดงเหตุผลของแนวคิดได้กระทำและสรุปพร้อมทั้งแสดงการยืนยันข้อสรุปของแนวคิดนั้นๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547: 15-18) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการพัฒนาการเรียนให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ดังนี้

1. ครูต้องสร้างบรรยากาศให้นักเรียนตระหนักในสิ่งต่อไปนี้

1.1 การเรียนคณิตศาสตร์ให้เรียนด้วยความเข้าใจก่อนอื่นครูจะต้องทำให้นักเรียนเกิดความคิดว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่นักเรียนสามารถเข้าใจได้และต้องเรียนด้วยความเข้าใจนักเรียนหรือบุคคลทั่วไปไปมักจะมีความคิดว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ยากเรียนไม่รู้เรื่องไม่มีความสามารถเพียงพอที่จะเข้าใจได้วิธีการเรียนต้องใช้การจดจำขั้นตอนวิธีการจำสูตรเพื่อหาคำตอบโดยไม่รู้ว่าทำไมจึงทำเช่นนั้นความคิดเช่นนี้จึงทำให้เมื่อวิชาคณิตศาสตร์เห็นว่าคณิตศาสตร์มีไว้สำหรับคนเก่งเท่านั้นแนวคิดเช่นนี้สกัดกั้นการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีความสุขและเห็นคุณค่าครูมีบทบาทสำคัญยิ่งในการสร้างบรรยากาศให้นักเรียนรู้สึกว่ายากไม่ยาก

1.2 ให้นักเรียนได้เรียนรู้ว่ามีเหตุผลนักเรียนจะต้องรู้ว่าทำไมเพราะอะไรและสามารถแสดงเหตุผลได้

1.3 ครูต้องทำให้นักเรียนรู้ว่าครูให้ความสำคัญต่อความเข้าใจและการให้เหตุผลโดยครูจะต้องประเมินสิ่งเหล่านี้อย่างสม่ำเสมอที่สำคัญเมื่อเด็กสามารถหรือมีการให้เหตุผลที่ดีควรให้การเสริมแรงทันที

2. ให้นักเรียนอธิบายแนวคิดและให้เหตุผลยืนยันแนวคิดนั้นๆ การให้เหตุผลอาจทำได้ด้วยวาจาด้วยการเขียนโดยใช้ภาษาง่ายๆ หรือใช้อุปกรณ์แสดงให้เห็นจริง

3. ควรถามบ่อยๆ และใช้คำถามอย่างต่อเนื่องคำถามที่ใช้ควรเป็นคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดและแสดงเหตุผล

4. สนับสนุนให้นักเรียนสร้างข้อคาดเดาบนพื้นฐานของการคิดอย่างมีเหตุผล

5. เปิดโอกาสให้ทดสอบและปรับแต่งข้อคาดเดาโดยอาศัยเหตุผลเช่นข้อคาดเดาที่ว่าผลคูณของจำนวนบวกสองจำนวนจะมากกว่าตัวตั้งและตัวคูณอาจปรับแต่งเป็นการคูณจำนวนหนึ่งด้วยตัวคูณที่เป็นจำนวนที่มากกว่า1 ผลคูณจะมากกว่าจำนวนนั้น แต่ถ้าตัวคูณเป็นจำนวนบวกที่น้อยกว่า1 ผลคูณจะน้อยกว่าจำนวนนั้นโดยนักเรียนตัดสินใจปรับเองด้วยเหตุผลไม่ใช่จากครูบอก

6. ให้นักเรียนได้วิเคราะห์แบบรูปรวมทั้งสร้างแบบรูปเองเช่น 2, 4, 6, 8, ...

7. ใช้วิธีแสดงสิ่งที่เป็นตัวอย่างสิ่งที่ไม่เป็นตัวอย่างให้นักเรียนได้สรุปแนวคิดนั้นอย่างมีเหตุผล

8. ใช้ปัญหาปลายเปิดเช่น แก้วต้องการซื้อหนังสือเล่มละ 30 บาท ปากกาตัวละ 10 บาท ทอฟฟี่เม็ดละ 2 บาท ถ้าแก้วมีเงิน 50 บาท จะมีเงินพอซื้อของเหล่านี้ได้ทั้งหมดหรือได้มากน้อยเพียงใด

9. ให้มีการอภิปรายหน้าชั้นเรียนเพื่อหากรณีทั่วไป
10. ทำทนายให้นักเรียนคิดและทำกิจกรรม
11. ให้ความสำคัญในการฟังความคิดเห็นของนักเรียนและให้นักเรียนได้ฝึกการรับฟัง
ทำความเข้าใจเหตุผลผู้อื่นและประเมินว่าเหตุผลเชื่อถือได้หรือไม่
12. มีความยืดหยุ่นสามารถปรับแนวการอภิปรายให้เข้ากับวิธีคิดของนักเรียน
13. มีความอดทนให้เวลาให้โอกาสแก่นักเรียน
14. เน้นความเป็นเหตุเป็นผลมากกว่ากฎเกณฑ์หรือการอาศัยคำที่ใช้เป็นกุญแจไปสู่
การบอกวิธีการเช่นมีคำ“รวม” ให้ทำวิธีบวก
15. ครูควรใช้ภาษาที่เหมาะสมรัดกุมเพื่อให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ครูไม่ควรตำหนิ
เมื่อนักเรียนใช้ภาษาไม่ถูกต้องไม่เหมาะสมไม่รัดกุม แต่ควรช่วยสรุปอีกครั้ง
16. ครูควรใช้ภาษาทางตรรกศาสตร์ในเหตุการณ์ทั่วไปให้นักเรียนคุ้นเคยเช่น
 - ให้นักเรียนหยิบทั้งดินสอและปากกา
 - ถ้านักเรียนดื่มนมหมดแล้วนักเรียนมีเวลาไปวิ่งเล่น
 - มีนักเรียนบางคนชอบเล่นบาสเก็ตบอล
 - นักเรียนทุกคนออกไปเข้าแถวหน้าห้อง
17. ครูจะต้องสร้างความเข้าใจว่าครูให้ความสำคัญกับการให้เหตุผลในการประเมิน
จะต้องมีคะแนนจากการประเมินการให้เหตุผลจากงานที่ให้ทำหรือในข้อสอบจะต้องมีส่วนที่ให้นักเรียนแสดงเหตุผลการพัฒนาด้านการให้เหตุผลจะบรรลุผลได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับครูและการจัดการของครูเป็นสำคัญรวมทั้งการจัดบรรยากาศกิจกรรมพฤติกรรมการเรียนการสอนและการประเมินผล

2.3.6 การประเมินทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

อัครยาสังขจันทร์ (2543: 102) ได้กล่าวถึงหลักการสำคัญของกระบวนการเรียนการสอน ผู้สอนต้องตระหนักอยู่เสมอเพื่อช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนบรรลุวัตถุประสงค์ของความพยายามที่จะพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและการประเมินผลเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาความสามารถทางการให้เหตุผลโดยได้กล่าวถึงวิธีการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลวิธีการประเมิน 1) การสอบไม่สำคัญเท่ากับการกระตุ้นให้นักเรียนได้รู้และคิดเป็น 2) มีวิธีการวัดและประเมินผลความสามารถในการคิดให้เหตุผลที่เหมาะสมกับรูปแบบการเรียนการสอน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547: 50-52) ได้กล่าวว่า การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลนอกจากจะพิจารณาความสามารถในการให้เหตุผล ผู้ประเมินควรคำนึงถึงความสามารถในด้านต่อไปนี้ด้วย

1. การใช้พื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการให้เหตุผล
2. การใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์สร้างข้อาคัดเดาส่งที่จะเกิดขึ้น
3. การประเมินข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์และการพิสูจน์
4. การเลือกใช้รูปแบบหรือวิธีการที่หลากหลายในการให้เหตุผลหรือพิสูจน์

ในการประเมินผลควรจะคำนึงถึงจุดมุ่งหมายในการประเมินว่าประเมินเพื่ออะไรเช่น

- ประเมินเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดการเรียนการสอนกล่าวคือเพื่อให้รู้ว่าคุณเรียน พร้อมทั้งจะเรียนคณิตศาสตร์เรื่องนั้นๆ หรือไม่เพื่อนำมาใช้คาดการณ์เกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียน แล้วนำมาออกแบบกิจกรรมการประเมินเพื่อจุดประสงค์ในลักษณะนี้จะประเมินด้วยการวิเคราะห์เก็บ ข้อมูลเป็นรายละเอียดในแง่มุมต่างๆ ตามที่ต้องการทราบ

- ประเมินเพื่อวัดความสามารถในการให้เหตุผลการประเมินเพื่อจุดประสงค์นี้อาจใช้ การให้คะแนนทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลซึ่งครูอาจใช้การประเมินแบบ องค์รวมโดยใช้เกณฑ์ที่มีผู้พัฒนาไว้แล้วหรืออาจจะตั้งเกณฑ์ขึ้นเองจากประสบการณ์จริงที่พบได้ จากนักเรียน

การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลใช้วิธีการให้คะแนนแบบกำหนดเกณฑ์การ ให้คะแนน (Rubric) เพื่อมุ่งหวังที่จะขจัดปัญหาที่จะเกิดจากการให้คะแนนป้องกันความลำเอียงและ เสริมสร้างความเป็นธรรมตลอดจนสร้างระบบการประเมินที่จะนำไปสู่การพัฒนาสอดคล้องกับ จินตนิษฐ์ ลออปักษิน (2550: 183) ได้กล่าวถึง เกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ด้านการยืนยันข้อความคาดการณ์อย่างสมเหตุสมผล ดังนี้

ตาราง 5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
ตามรูปแบบของจินดิษฐ์ ลออปักษิณ

ระดับ	พฤติกรรมที่ปรากฏให้เห็น
3	นักเรียนแสดงให้เห็นว่า สามารถยืนยันข้อสรุป หรือข้อความคาดการณ์ได้อย่างชัดเจน แสดงวิธีการยืนยันข้อสรุป หรือข้อความคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผลและมีวิธีการอ้างอิงได้ถูกต้อง
2	นักเรียนแสดงให้เห็นว่า สามารถยืนยันข้อสรุป หรือข้อความคาดการณ์ได้ แสดงสาระสำคัญได้แต่ยังไม่ครบถ้วน อ้างอิงได้ถูกต้องบางส่วน มีข้อบกพร่องบางประการ หรือเหตุผลที่ใช้ไม่รัดกุมเพียงพอ
1	นักเรียนแสดงให้เห็นว่า สามารถยืนยันข้อสรุป หรือข้อความคาดการณ์ได้บ้าง แสดงเหตุผลได้เฉพาะบางกรณี แต่ไม่ได้แสดงเหตุผลในกรณีทั่วไป หรือมีการแสดงเหตุผลที่บกพร่อง ไม่ชัดเจน อ้างอิงไม่ถูกต้อง ไม่สมเหตุสมผลในบางกรณี
0	นักเรียนแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถยืนยันข้อสรุป หรือข้อความคาดการณ์ได้ โดยไม่แสดงความคิดเห็นอื่นใด

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550: 199-201) ได้กล่าวว่าการให้คะแนนแบบรูปรีคเป็นเครื่องมือที่ช่วยประเมินความสามารถทางด้าน ความรู้ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งการประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งการให้คะแนนแบบรูปรีค ยังเป็นเครื่องมือช่วยประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน แล้วนำผลที่ได้มาปรับปรุง พัฒนาความสามารถด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียนให้ดียิ่งขึ้นด้วย โดยการให้คะแนนแบบรูปรีคที่นิยมใช้มี 2 แบบ การให้คะแนนแบบวิเคราะห์หรือแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic scoring) และการให้คะแนนแบบองค์รวม (Holistic scoring) เป็นการให้คะแนนแบบรูปรีคที่ประเมินผลงานของนักเรียน โดยกำหนดระดับคะแนนพร้อมบรรยายละเอียดของผลงาน หรือพฤติกรรมที่ควรพึงมีเป็นภาพรวม

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การประเมินทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มีเกณฑ์การให้คะแนน เพื่อเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนใช้เป็นกรอบในการประเมินคุณภาพของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยใช้เกณฑ์การประเมิน ร่วมกับเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูปรีค โดยผู้วิจัยปรับปรุงจากหลักเกณฑ์การให้คะแนนตามรูปแบบของจินดิษฐ์ ลออปักษิณ และเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีคของกรมวิชาการ (2546: 137-139) เนื่องจากมีการให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และพฤติกรรมที่ปรากฏให้เห็น ด้านการยืนยันข้อสรุป หรือข้อความคาดการณ์ได้อย่างชัดเจน และสมเหตุสมผล

2.3.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยต่างประเทศ

แลนนิน (Lannin. 2001: Online) ได้ศึกษาพัฒนาความรู้ความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในการให้เหตุผลที่มีความชัดเจนและการให้เหตุผลที่ต่อเนื่องเพื่อตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นจากการสอนแบบคอนสตรัคติวิสต์ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความสามารถในการพัฒนาและอธิบายสถานการณ์ในรูปทั่วไปของตัวเลขและชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องและบกพร่องในการให้เหตุผลที่ชัดเจนและการให้เหตุผลที่ต่อเนื่อง

ทูล (Toole. 2001: Online) ได้ทำการวิจัยเรื่องการอธิบายถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้การตรวจสอบความสัมพันธ์ในเรื่องพื้นฐานทางจริยธรรมเพศและระดับของการให้เหตุผลที่เป็นทางการกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในเกรด 7 จำนวน 106 คน ผลการวิจัยพบว่ามีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้เหตุผลกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็น .556 มีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างพื้นฐานทางจริยธรรมกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็น .549 และมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเพศกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็น .057 ส่วนการให้เหตุผลอย่างเป็นทางการและพื้นฐานทางจริยธรรมสามารถเป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้และระดับการให้เหตุผลและพื้นฐานทางจริยธรรมส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์แต่เพศไม่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์

แอคคัส (Akkus. 2007: Online) ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการสอนแบบค้นพบการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง (Mathematics reasoning heuristic) ของครูคณิตศาสตร์ที่สอนวิชาพีชคณิตในระดับมัธยมจำนวน 3 โรงเรียนเปลี่ยนจากการสอนแบบดั้งเดิมไปสู่การสอนด้วยวิธีการแบบค้นพบการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเองของผู้เรียน จากการศึกษพบว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมที่ถูกสอนโดยครูที่ยึดวิธีการสอนแบบดั้งเดิมมีผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบพัฒนาการแตกต่างกันกับนักเรียนในกลุ่มทดลองที่ถูกสอนโดยครูที่ยึดวิธีการสอนแบบค้นพบการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเองและนักเรียนในกลุ่มทดลองมีผลคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบเพิ่มสูงขึ้นมากกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

งานวิจัยในประเทศ

ชัยรัตน์สุล่านาจ (2547: 128-129) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ที่มีต่อทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากผลการวิจัยพบว่าทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี

จิตติมา ชอบเอียด (2551: 69-85) ได้ศึกษาผลการใช้ปัญหาปลายเปิดเพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผลของการวิจัย พบว่า ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิดสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยสรุปได้ว่าการสอนเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์นั้นส่งผลเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และยังสัมพันธ์กับทักษะด้านอื่นๆ อีกด้วย การเรียนการสอนได้ในทุกระดับการเรียนรู้ด้วยรูปแบบของโครงงาน หรือการเน้นแก้ปัญหาจะทำให้ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มีความหมายมากยิ่งขึ้น และรูปแบบการสอนที่สร้างขึ้นช่วยให้นักเรียนที่มีระดับความสามารถแตกต่างกันนั้นมีความสามารถในการให้เหตุผลสูงขึ้นดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่มุ่งให้นักเรียนแสดงความสามารถในการให้เหตุผลจากการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ต่างๆ ที่ผู้สอนสร้างขึ้นจะสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลและส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้นด้วยจึงกล่าวได้ว่าทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะที่มีความสำคัญต่อผู้เรียนอย่างยิ่ง จึงเป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ผู้วิจัยสนใจในการศึกษา

2.4 ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

2.4.1 ความหมายของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

เทอร์เบอร์ (Thurber. 1976: 513) ได้กล่าวว่าทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นการตั้งสถานการณ์ในกิจกรรมการเขียนหรือการพูดในเรื่องประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนซึ่งจะมีผลต่อการปรับปรุงที่ดีขึ้นต่อตนเองเมื่อผู้เรียนได้ฝึกหัดเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ผู้เรียนมีพลังในการคิดด้วยตนเอง

เคนเนดีและทิปส์ (Kennedy; & Tipps. 1994: 181) กล่าวว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นเป้าหมายที่สำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลความรู้ที่เป็นนามธรรมไปสู่สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1989: 214) กล่าวถึง การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการใช้ศัพท์ สัญลักษณ์และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงแนวคิด และสามารถทำความเข้าใจแนวคิดและความสัมพันธ์ของแนวคิดนั้นโดยระบุสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นในตัวตนของผู้เรียนเกี่ยวกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. สามารถแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้โดยการพูด การเขียน การสาธิตและการแสดงให้เห็นภาพ

2. สามารถทำความเข้าใจ แปลความหมายและประเมินแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถนำเสนอได้โดยการพูด การเขียน หรือการใช้ภาพต่างๆ

3. สามารถใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์แสดงแนวความคิด อธิบายความสัมพันธ์และจำลองสถานการณ์

วัชรินทร์เชื้อ (2545: 8) กล่าวว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์หมายถึงการสื่อสารแนวความคิดทางคณิตศาสตร์โดยการพูดหรือเขียนการแสดงด้วยภาพศัพท์สัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทนการคิดของนักเรียนซึ่งอธิบายความสัมพันธ์และสถานการณ์จำลองต่างๆที่ครูผู้สอนกำหนดให้

พรสวรรค์จรัสรุ่งชัยสกุล (2547: 7) กล่าวว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์หมายถึงการถ่ายทอดเรื่องราวต่างๆ ที่เป็นข้อเท็จจริงข้อคิดเห็นหรือความรู้สึกโดยอาศัยการพูดการเขียนการแสดงความคิดเห็นการร่วมกันอภิปรายหรือการจัดกิจกรรมเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการความสามารถในการถ่ายทอดเรื่องราวหรือแนวความคิดทางคณิตศาสตร์โดยการพูดการเขียนที่เป็นตัวแทนการคิดของนักเรียนเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการตามสถานการณ์จำลองต่างๆ ที่ครูผู้สอนกำหนดให้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2543: 286) ได้กล่าวว่า กระบวนการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ทักษะในการสื่อสาร (Communication Skills) หมายถึงการให้หรือแลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการอ่านการฟังการสังเกตและการตรวจสอบในรูปแบบที่ชัดเจนและมีเหตุผลโดยการพูดและการเขียน

ผกายมาศเหมชุกเกียรติ (2557: 48) การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การสื่อความหมายด้วยภาษาพูดและเขียน ใช้คำศัพท์และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ กระบวนการคิดของตนเองให้ผู้อื่นได้รับรู้

จากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่านสรุปได้ว่าการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นการใช้การพูดและการเขียนการใช้คำศัพท์สัญลักษณ์รูปภาพและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงแนวคิดและอธิบายแนวความคิดซึ่งแสดงความหมายและความสัมพันธ์ของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างถูกต้องชัดเจนและรัดกุม

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ หรือกระบวนการคิดของตน ให้ผู้อื่นรับรู้ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยนำเสนอโดย การฟัง การพูด การอ่าน การเขียน การดู และการแสดงท่าทาง รวมทั้งมีการสื่อสารโดยใช้สัญลักษณ์ ตัวแปร ตาราง กราฟ สมการ อสมการ ฟังก์ชัน หรือแบบจำลอง โดยการนำเสนอให้เห็นถึง แนวคิด หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.4.2 ความสำคัญของการสื่อสารและวัตถุประสงค์ของการสื่อสาร

การสื่อสารมีส่วนสำคัญในการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนดังที่นักวิชาการได้กล่าวถึงความสำคัญของการสื่อสารไว้ดังนี้

มัมมีและเชฟเพอร์ต (Mumme; & Shepherd. 1993: 7-9) ได้กล่าวถึงความสำคัญของทักษะการสื่อสารดังนี้

1. ทักษะการสื่อสารช่วยส่งเสริมให้นักเรียนทำความเข้าใจเนื้อหาคณิตศาสตร์ โดยการแสดงความคิดการอภิปรายและการฟังความคิดเห็นของนักเรียนคนอื่นๆ จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้นนอกจากนี้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจบนพื้นฐานประสบการณ์ต่างๆ ของพวกเขา

2. ทักษะการสื่อสารช่วยในการแลกเปลี่ยน(Share) ในการทำความเข้าใจในคณิตศาสตร์ นั่นคือนักเรียนเกิดความช่วยเหลือกันการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นนักเรียนก็สามารถพัฒนาภาษาทางคณิตศาสตร์และมีความเข้าใจในกฎและนิยามต่างๆ

3. ทักษะการสื่อสารจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้เรียนรู้เมื่อครูตั้งคำถามโดยให้นักเรียนตอบคำถามในรูปของการพูดหรือการเขียนในสิ่งที่เขาคิดหรือการพูดกันเองก็จะทำให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นในความสามารถเกี่ยวกับความคิดทางคณิตศาสตร์จากการนำเสนอในสิ่งที่นักเรียนคิดว่าสำคัญเพราะว่านักเรียนจะต้องใช้ศักยภาพและควบคุมการเรียนรู้ในการค้นคว้าเพิ่มเติมและในที่สุดพวกเขาจะเป็นผู้เสริมสร้างความรู้(Empowerment) ด้วยตนเอง

4. ทักษะการสื่อสารเป็นการส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเรียนรู้นั่นคือการพูดและการฟังในกลุ่มโดยการเรียนร่วมกันเป็นกลุ่มย่อยโดยปราศจากการวิตกกังวลที่จะแสดงความคิดใหม่ๆ การมีปฏิสัมพันธ์เป็นสิ่งที่ทำให้นักเรียนเกิดความเต็มใจที่จะร่วมกันคิด

5. ทักษะการสื่อสารช่วยให้ครูได้หยั่งรู้ (Insight) ในความคิดของนักเรียนในขณะที่ครูเรียนรู้เกี่ยวกับความคิดของนักเรียนโดยการมุ่งสิ่งที่นักเรียนได้อธิบายการให้เหตุผลของพวกเขา ซึ่งความสามารถในการอธิบายเกิดจากการฝึกการใช้ภาษาที่เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 52) ได้กล่าวไว้ในมาตรฐานของทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ว่าโปรแกรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ควรจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ใช้การสื่อสารและสื่อความหมายเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์และเพื่อให้ทุกคนสามารถ

1. จัดระเบียบทางความคิดและเพิ่มพูนความสามารถความคิดทางคณิตศาสตร์ให้แข็งแกร่งมั่นคงยิ่งขึ้น

2. แสดงความคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำชัดเจนแก่เพื่อนๆ ครูและบุคคลอื่น

3. ขยายความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ตลอดจนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปช่วยพิจารณาปัญหาวิธีต่างๆ ได้

4. สามารถที่จะใช้ภาษาคณิตศาสตร์เพื่อแสดงความหมายที่ชัดเจนถูกต้องและรัดกุม ดังนั้นการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ควรให้สอดคล้องกับโปรแกรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อให้ นักเรียนทุกคนได้มีโอกาสเรียนคณิตศาสตร์และสามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รีส์ และคนอื่นๆ (Reys; et al. 2001: 83) กล่าวว่า การสื่อสารเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพ สำหรับการรวบรวมแนวคิดทางคณิตศาสตร์ทั้งโดยการพูดและการเขียนเพื่อแสดงและอธิบายแนวคิด โดยเฉพาะการสื่อสารสองทางช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายรวบรวมและขยายแนวคิดแลกเปลี่ยนแนวคิดกับผู้อื่นซึ่งนักเรียนควรได้รับการส่งเสริมให้มีการสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่าง หลากหลายเช่นการสื่อสารด้วยภาพการแสดงท่าทางการเขียนกราฟการเขียนแผนภูมิและการใช้ สัญลักษณ์ไปพร้อมกับการใช้คำทั้งการพูดและการเขียน

จะเห็นได้ว่าการสื่อสารนั้นมีความสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับคนเราไม่ว่าจะเป็นด้าน สังคมการดำรงชีวิตความเป็นอยู่หรือการพัฒนาประเทศรวมถึงการจัดการเรียนการสอนด้วยเพราะ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่จะให้ได้ประสิทธิภาพนั้นครูควรส่งเสริมให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยน ความคิดเห็นซึ่งกันและกันหรือควรที่จะให้นักเรียนนั้นสะท้อนความคิดของนักเรียนมายังครูด้วย

วัตถุประสงค์ของการสื่อสาร

นักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการสื่อสารดังนี้

สภาคุรุคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 4-5) กล่าวถึงทักษะการ สื่อสารทางคณิตศาสตร์ว่าในการจัดหลักสูตรการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนมี ความสามารถดังต่อไปนี้

1. จัดระบบและรวบรวมความคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันและสื่อสารได้ ถูกต้อง

2. สื่อสารความคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ของพวกเขาแก่ครูอาจารย์และผู้อื่นได้อย่าง สมเหตุสมผลและแจ่มแจ้งชัดเจน

3. วิเคราะห์และประเมินค่าแนวความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ด้วยกลยุทธ์ต่างๆ ได้

4. ใช้ภาษาของคณิตศาสตร์เพื่อการสื่อความหมายได้อย่างกระชับชัดเจนได้ใจความ ที่ถูกต้องแน่นอน

2.4.3 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

เทอร์เบอร์ (Thurber. 1976: 514-534) ได้กล่าวถึงกิจกรรมด้านทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ควรจัดดังนี้

1. ศัพท์ทางคณิตศาสตร์ (The vocabulary of Mathematics) ซึ่งให้ผู้เรียนได้เข้าใจที่มาและความหมายของคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์หรือการสร้างคำศัพท์
2. การนำเสนอด้วยปากเปล่า (Oral presentations) ได้แก่การให้นักเรียนได้มีกิจกรรมดังนี้

2.1 การสรุปรายงานในห้องเรียนหรือการรายงานสั้นๆ ที่ให้นักเรียนได้ออกมาพูดหน้าชั้นและมีคำถามถามตอบจากเพื่อนในชั้น

2.2 พุดนำเสนอเมื่อได้รับฟังหรือการอ่านหนังสือหรือการดูภาพยนตร์คร่อมอบหมายให้นักเรียนไปอ่านหรือให้ชมภาพยนตร์เรื่องที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์แล้วนำมาพุดรายงานโดยมีวัตถุประสงค์ของการพุดและการรายงาน

2.3 การนำเสนอเป็นกลุ่มการทำงานเป็นทีมของนักเรียนโดยให้เตรียมเรื่องที่สนใจที่ต้องการพุดและนำเสนอการอภิปราย

2.4 เกมทางคณิตศาสตร์อาจจะให้เล่นเกมในเวลาสั้นๆโดยการเขียนที่ให้แสดงจินตนาการหรือกำหนดสถานการณ์มาให้คิดแก้ปัญหา

2.5 รายการโทรทัศน์และวิทยุให้ดูรายการที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์อาจจัดกิจกรรมกำหนดเวลาสั้นๆ ให้และให้มีการนำเสนอความคิดจากการดูรายการโทรทัศน์หรือวิทยุ

3. การเขียนที่ดีและเพิ่มการเขียนให้มากกว่าเดิมโดยสนับสนุนการเขียนของนักเรียนอาจให้นักเรียนได้มีการสรุปจากบทเรียนที่ได้เรียนมาหรือในการให้นักเรียนได้เขียนจากประสบการณ์โดยไม่ต้องจำกัดหน้าในการเขียน

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 4-5) กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไว้ว่าการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ถามนั้นถือเป็นการส่งเสริมทักษะสื่อสารทางคณิตศาสตร์ควรให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับการแสดงเหตุผลโดยการเปิดโอกาสให้อธิบายเหตุผลกับเพื่อนร่วมชั้นเรียนหรือการคิดค้นหาคำตอบจากคำถามเกี่ยวกับบางสิ่งเช่นปริศนาต่างๆ ที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์เพื่อเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจอันลึกซึ้งในความคิดของพวกเขาการจัดลำดับที่จะติดต่อสื่อสารระหว่างนักเรียนกับแนวคิดของคนอื่นๆ ให้นักเรียนหลายคนตอบสนองอย่างเปิดเผยตรงไปตรงมาในการเรียนรู้และการจัดระบบและรวบรวมแนวคิดเกี่ยวกับของพวกเขาเข้าด้วยกัน ควรจะได้รับการสนับสนุนเพื่อพัฒนาความสามารถเฉพาะตัวของพวกเขาเองอย่างชัดเจนและต่อเนื่องตลอดเวลาเมื่อพวกเขา

อายุมากขึ้นรูปแบบที่ตกลงกันของพวกเขา โดยเฉพาะในแต่ละระดับที่กำหนดในหลักสูตรการทำงาน เพื่อที่จะแก้ปัญหาพร้อมกับเพื่อนในชั้นเรียนนักเรียนจะได้มีโอกาสในการแสดงทัศนคติและวิธีอื่น ๆ นักเรียนสามารถเรียนรู้และประเมินค่าแนวความคิดอื่น ๆ รู้จักสร้างแนวความคิดใหม่ ๆ ยกตัวอย่าง เช่น ให้นักเรียนลองแก้โจทย์ปัญหาที่มีคำถามลักษณะพีชคณิตที่ได้แสดงไว้ดังต่อไปนี้

“ มีกระต่ายอยู่จำนวนหนึ่งและมีกรงใส่กระต่ายอยู่อีกจำนวนหนึ่งถ้าเรานำกระต่ายใส่ในกรงกรงละ 1 ตัวจะมีกระต่ายเหลือ 1 ตัวที่ต้องอยู่นอกกรงและถ้าเราใส่กระต่ายไว้กรงละ 2 ตัวจะมีกรงเหลือ 1 กรงที่ว่างอยู่ถามว่ามีกระต่ายทั้งหมดกี่ตัวและมีกรงใส่กระต่ายกี่กรง ”

นักเรียนอาจจะช่วยเหลือและอาศัยความเข้าใจของนักเรียนผู้ที่สามารถมองเห็นปัญหาและสามารถอธิบายให้เพื่อนเข้าใจได้นักเรียนจำเป็นต้องเรียนรู้ถึงจุดเด่นและจุดด้อยหรือขีดจำกัดของตนเองที่แตกต่างกันของนักเรียนในแต่ละคนที่จะใช้วิธีในการแก้ปัญหาด้วยเหตุนี้การสื่อสารจึงเป็นสิ่งจำเป็นของนักคิดทางคณิตศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2543: 286-287) ได้กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์ว่าความสามารถในการสื่อสารเป็นคุณลักษณะที่ต้องฝึกซ้ำ ๆ และสามารถฝึกทักษะในการสื่อสารได้ดังนี้

1. การเล่าหรือพูดทางคณิตศาสตร์เป็นการให้ข้อมูลข่าวสารและแนวคิดสำคัญทางคณิตศาสตร์ที่มีเหตุผลการเล่าหรือการเขียนสรุปเรื่องราวทางคณิตศาสตร์ที่อ่านจากวารสารหนังสือพิมพ์หนังสือต่าง ๆ จากการดูโทรทัศน์หรือการสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตโดยครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าแล้วนำมาเล่าหรือเขียนให้ผู้อื่นรับรู้เป็นการฝึกทักษะในการสื่อสารอีกวิธีหนึ่ง
2. การเขียนบันทึกสรุปการไปทัศนศึกษาหรือการศึกษาภาคสนามในโอกาสที่นักเรียนกลับมาจากทัศนศึกษาหรือศึกษาภาคสนามแล้วให้เขียนรายงานสรุปถึงความรู้ความคิดในบางเรื่องที่ได้รับจากการไปทัศนศึกษาแต่ละครั้งเช่นเมื่อพาไปสำรวจข้อมูลจำนวนนักเรียนในโรงเรียนใกล้เคียงนักเรียนควรจะเขียนบรรยายสรุปเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทั่วไปในบริเวณโรงเรียนลักษณะนิสัยของนักเรียนที่พบเห็นรวมทั้งข้อคิดเห็นที่มีต่อการจัดสภาพแวดล้อมในโรงเรียนซึ่งผลสุดท้ายอาจให้นักเรียนแสดงข้อมูลนักเรียนออกมาในรูปแบบภูมิรูปวงกลมแผนภูมิรูปภาพแผนภูมิเส้น เป็นต้น
3. การเล่นหรือบันทึกสิ่งที่สังเกตในเรื่องใดเรื่องหนึ่งกิจกรรมในส่วนนี้อาจทำได้ดังตัวอย่างเช่นครูอาจให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่สังเกตได้จากข้อแตกต่างของการนำเสนอข้อมูลในลักษณะต่าง ๆ
4. การจัดแสดงผลงานหรือการนำเสนอผลงานทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าหรือการสังเกตที่เกี่ยวข้องกับวิชาคณิตศาสตร์การนำเสนอควรให้มีการนำเสนอด้วยวาจาและผลงาน

5. การพูดหรือการอภิปรายทางคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ใช้ฝึกทักษะในการสื่อสารได้วิธีหนึ่งให้โดยนักเรียนช่วยกันระบุเรื่องที่จะพูดหรืออภิปรายกำหนดให้นักเรียนขึ้นมาพูดหรืออภิปรายเป็นกลุ่มมีการปรึกษาหารือกันในประเด็นที่จะพูดแบ่งกันไปอ่านและค้นคว้าหาข้อมูลมาประกอบในการพูดหรืออภิปราย

6. การสื่อสารด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ซึ่งพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารด้านเทคโนโลยีสารสนเทศทั้งในด้านรู้จักข้อมูลที่ตรงตามจุดประสงค์รู้จักเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่เหมาะสมรู้จักประมวลข้อมูลให้เป็นสารสนเทศรู้จักใช้การสื่อสารด้านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ทั้งในด้านค้นคว้าหาข้อมูลและหาความรู้จะเห็นได้ว่ากิจกรรมการเรียนการสอนที่ช่วยส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์นั้นประกอบด้วยทักษะการพูดและการเขียนให้ผู้เรียนได้เพิ่มพูนความสามารถในการใช้ภาษาในการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และมีการนำเสนอข้อมูลซึ่งแสดงออกด้วยการปฏิบัติอย่างชัดเจนจากการสื่อสารด้านการพูดและการเขียนทำให้ครูสามารถตรวจสอบความรู้และความคิดจากสิ่งที่แสดงออกมาได้อย่างแม่นยำ

2.4.4 การส่งเสริมการสื่อสารในการเรียนคณิตศาสตร์

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงการส่งเสริมการสื่อสารในการเรียนคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

โรวานและมอร์โรว์ (Rowan; & Morrow. 1993: 9-11) ได้นำเสนอแนวทางในการส่งเสริมการใช้คณิตศาสตร์ในการสื่อสารดังนี้

1. นำเสนอสื่อรูปธรรมแล้วให้นักเรียนได้พรรณนาถึงสิ่งที่พบ
2. ใช้เนื้อหาเรื่องราวหรืองานที่เกี่ยวข้องและใกล้ตัวของนักเรียนเช่นโครงงานที่มีกิจกรรมสืบค้นเป็นสื่อที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สื่อสารโดยตรงกิจกรรมเช่นนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ว่าเป็นวิชาที่มีประโยชน์ในการดำเนินชีวิตและเป็นเรื่องราวที่เกี่ยวข้องและใกล้ตัวนักเรียนจะทำให้การใช้คณิตศาสตร์สื่อสารเป็นไปได้อย่างสมบูรณ์
3. การใช้คำถามโดยเฉพาะคำถามปลายเปิดจะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและแสดงการตอบสนองออกมาคำถามปลายเปิดเป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดอย่างหลากหลายและคิดอย่างสร้างสรรค์การส่งเสริมการใช้คณิตศาสตร์ในการสื่อสารรวมไปถึงการให้นักเรียนได้ตั้งคำถามให้กับตนเองซึ่งจะนำไปสู่การค้นพบ
4. ให้ออกาสนักเรียนได้เขียนสื่อสารแนวคิดการเขียนสื่อสารแนวคิดเป็นสิ่งสำคัญและควรให้นักเรียนได้ฝึกเขียนแสดงแนวคิดของตนเองเพื่อให้นักเรียนได้เห็นว่าการเขียนเป็นส่วนสำคัญของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์

5. ใช้กลุ่มแบบร่วมมือและช่วยเหลือกันการให้นักเรียนนั่งเรียนเป็นแถวและนั่งประจำโต๊ะของตนเองไม่ได้ส่งเสริมให้เกิดการอภิปรายการจัดกลุ่มให้นักเรียนได้ร่วมมือและช่วยเหลือกันในการเรียนรู้เป็นการให้โอกาสนักเรียนได้สำรวจแนวคิดอธิบายแนวคิดกันในกลุ่มเป็นการส่งเสริมการสื่อสารโดยตรง

6. ใช้การชี้แนะโดยตรงและชี้แนะทางอ้อมการตอบสนองต่อคำถามของนักเรียนการบริหารและจัดระบบชั้นเรียนเป็นการชี้แนะให้นักเรียนได้ทราบถึงสิ่งที่คาดหวังและมาตรฐานของการเรียนรู้เพื่อที่นักเรียนจะได้แสดงแนวคิดเหล่านั้นได้อย่างไม่ต้องกังวล

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 270-272) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการส่งเสริมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 6-8 ว่าครูจะต้องจัดสภาพห้องเรียนที่เอื้อต่อการส่งเสริมให้นักเรียนมีการอธิบายการอภิปรายและการใช้เหตุผลเป็นวิธีที่ทำให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กันมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นค้นหาปัญหาร่วมกันรวมถึงการให้คำแนะนำจากครูการให้นักเรียนมีการอธิบาย การอภิปรายและการใช้เหตุผลเป็นวิธีที่ทำให้นักเรียนมีการสื่อสารทำให้เกิดการเรียนรู้โดยครูจะต้องกำหนดชิ้นงานที่ประกอบด้วย

1. ความสัมพันธ์เกี่ยวกับความสำคัญของแนวคิดทางคณิตศาสตร์
2. มีแนวทางในการหาคำตอบได้หลายวิธี
3. อนุญาตให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดได้อย่างหลากหลาย
4. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายแสดงเหตุผลการคาดเดาในการแก้ปัญหา

การอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนครูจะมีบทบาทในการให้คำแนะนำโดยที่ครูเดินไปตามกลุ่มและรับฟังคำตอบที่แตกต่างกันของนักเรียนการพูดและการเขียนเป็นการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญที่ช่วยให้นักเรียน

1. คิดวิธีการแก้ปัญหา
2. มีกฎเกณฑ์ในการอธิบาย
3. ทดสอบความสามารถของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้คำศัพท์และสัญลักษณ์ใหม่ๆ
4. ตรวจสอบการใช้รูปแบบของการให้เหตุผล
5. การให้เหตุผลของการคาดเดา
6. การวิเคราะห์ข้อมูลตามเหตุผล

จะเห็นได้ว่าการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนนั้นได้รู้จักการคิดวิเคราะห์และให้เหตุผลและยังช่วยให้ครูสามารถที่จะทราบได้ว่านักเรียนนั้นมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาคณิตศาสตร์มากเพียงไรทำให้ครูสามารถที่จะส่งเสริมและแก้ไขให้นักเรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจอย่างแท้จริง

2.4.5 การประเมินการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

เคนเนดีและทิปส์(Kennedy; & Tipps. 1994: 112) ได้แบ่งการประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 3 ด้านดังนี้

1. ภาษาทางคณิตศาสตร์
 - 1.1 ไม่ใช่หรือใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ที่ไม่เหมาะสม
 - 1.2 ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมเป็นบางครั้ง
 - 1.3 ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมเกือบทุกครั้ง
 - 1.4 ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมถูกต้องสละสลวย
2. การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์
 - 2.1 ไม่ใช่แนวคิดทางคณิตศาสตร์
 - 2.2 มีการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์
 - 2.3 ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและเหมาะสม
 - 2.4 ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้เข้าใจชัดเจน
3. ความชัดเจนของการนำเสนอ
 - 3.1 การนำเสนอไม่ชัดเจน
 - 3.2 การนำเสนอมีความชัดเจนในบางส่วน
 - 3.3 การนำเสนอมีความชัดเจนเกือบสมบูรณ์
 - 3.4 การนำเสนอชัดเจนสมบูรณ์(เป็นระบบสมบูรณ์มีรายละเอียดครบ)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 18 -19) ได้กล่าวถึงการประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ดังนี้

1. เลือกรูปแบบของการสื่อสารการสื่อความหมายและการนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม
2. ใช้ข้อความศัพท์สูตรสมการหรือแผนภูมิที่เป็นสากล
3. บันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล
4. สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งการเรียนรู้
5. เสนอความคิดที่เหมาะสมกับปัญหา

จากงานวิจัยของไค จาแคบส์และ เลน (Cai; Jacobcsin; & Lane. 1996: 242)

ได้เสนอเกณฑ์การให้คะแนนแบบบูรณาการ เพื่อประเมินเกี่ยวกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ สำหรับการตรวจให้คะแนนด้วยวิธีประเมินรวม (Holistics) ไว้ 5 ระดับคือ 0-4 ดังตาราง 6 ดังนี้

ตาราง 6 เกณฑ์ให้คะแนนแบบรูบริคเพื่อประเมินเกี่ยวกับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ระดับ	เกณฑ์ประเมิน
4	อธิบายคำตอบได้สมบูรณ์ ชัดเจน อาจมีแผนภาพประกอบที่สมบูรณ์ สื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการอธิบายเหตุผลอย่างชัด รวมทั้งยกตัวอย่างประกอบทำให้เหตุผล
3	อธิบายคำตอบได้สมบูรณ์ ชัดเจน อาจมีแผนภาพประกอบที่เกือบสมบูรณ์ สื่อสารส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพ แสดงการสนับสนุนการให้เหตุผลอย่างเหมาะสม แต่อาจมีข้อบกพร่อง
2	อธิบายคำตอบไม่ชัดเจน หรือ มีสองนัย แผนภาพประกอบยังบกพร่อง ไม่ชัดเจน การสื่อสารยังคลุมเครือ หรือตีความได้ยาก การให้เหตุผลอาจไม่สมบูรณ์ หรือขาดหลักฐานสนับสนุน
1	อธิบายคำตอบผิด หรืออธิบายคำตอบที่เข้าใจยาก แผนภาพไม่ถูกต้องตามสถานการณ์ปัญหา หรือแผนภาพไม่ชัดเจน ตีความหมายยาก
0	การสื่อสารไม่มีประสิทธิภาพ คำที่ใช้ไม่เกี่ยวกับปัญหา แผนภาพประกอบไม่ถูกต้อง

ที่มา Cai,Jinfa.;Jacabcsin,Mary S.;& Lane, Suzanne.(1996,May). Assessing Student's Mathematication. *School Science and Mathematics*. 96(5): 242.

จากเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ข้างต้นสรุปได้ว่ามี 3 ประการ

1. ภาษาทางคณิตศาสตร์ ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ได้ชัดเจน
2. แสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ มีการใช้แนวความคิดที่เหมาะสม
3. ความชัดเจนของการนำเสนอ มีการนำเสนอเนื้อหาที่ถูกต้องครบถ้วน

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยประเมินทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยปรับปรุงจากเกณฑ์การประเมินความสามารถทางสื่อสารแบบภาพรวม (Holistic scoring) ตามแนวคิดของไค จาแคบส์และเลน (Cai; Jacabcsin; & Lane. 1996:242) และแนวทางประเมินของกรมวิชาการ (2546: 137-139) โดยนำมาปรับปรุงและให้คะแนนแบบรูบริคเพราะมีความชัดเจนในการประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

2.4.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยต่างประเทศ

โรดิเฮฟเวอร์ (Rodeheaver. 2000: Online) ได้ทำการศึกษากรณีศึกษาระหว่างนักเรียนและครูและความร่วมมือของครูที่สอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาเพื่อศึกษาว่าการสื่อสารอะไรบ้างที่จะมีผลต่อการเรียนการสอนและทำการประเมินข้อมูลย้อนกลับจากนักศึกษาครูผลปรากฏว่าข้อมูลย้อนกลับของนักศึกษานี้แสดงถึงครูได้ให้ความสำคัญกับการสื่อสารเป็นอย่างมากโดยมีการจัดการสื่อสารเข้าไปในกระบวนการเรียนการสอนแต่คุณภาพของการสื่อสารนั้นจะเป็นการเน้นเพียงให้บรรลุจุดมุ่งหมายเท่านั้นไม่ได้เน้นในด้านการปฏิบัติซึ่งในการใช้การสื่อสารในการทดลองนี้ไม่ได้รับความเป็นอิสระจากครูเลย

โจฮันนิง (Johanning. 2000: 151–160) ได้ศึกษาการวิเคราะห์การเขียนและการทำงานกลุ่มร่วมกัน ของนักเรียนมัธยมศึกษาในการศึกษาวิชาพีชคณิตเบื้องต้นมีการปฏิรูปโดยการส่งเสริมโดยการให้นักเรียนอ่านเขียนอภิปรายทางคณิตศาสตร์เช่นเดียวกับการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ การศึกษารั้งนี้ได้ให้ความสำคัญกับการเขียนซึ่งจะช่วยให้เด็กนักเรียนคิดไปพร้อม ๆ กันโดยพิจารณาจากผลงานของนักเรียนเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาว่ามีความเข้าใจอย่างไรคิดอย่างไรกับวิธีการแก้ปัญหาที่ได้เขียนอธิบายกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับเกรด 7 และ 8 จำนวน 48 คนการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยบันทึกภาพการมีส่วนร่วมและการอภิปรายกลุ่มและการสัมภาษณ์นักเรียนผลการศึกษาพบว่าการเขียนอธิบายเป็นวิธีหนึ่งที่กระตุ้นให้นักเรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์เมื่อนักเรียนได้สื่อสารความคิดของตนลงบนกระดาษและถ่ายทอดสู่บุคคลอื่นการเขียนอธิบายก่อนการอภิปรายกลุ่มทำให้มั่นใจว่านักเรียนทุกคนมีโอกาสศึกษาด้วยตนเองก่อนที่จะพบครูกับเพื่อน ๆ การเขียนทำให้นักเรียนมีความมั่นใจมากขึ้นในการทำงานกลุ่มโดยการแลกเปลี่ยนความคิดภายในกลุ่มซึ่งบรรยากาศเช่นนี้นักเรียนจะมีความกระตือรือร้นในการคิดและการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วย

งานวิจัยในประเทศ

วัชรินทร์เชื้อ (2545: 119) ได้พัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องตรรกศาสตร์เบื้องต้นโดยใช้กระบวนการกลุ่มเพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการศึกษาพบว่าชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ภายหลังได้รับการสอนด้วยชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องตรรกศาสตร์เบื้องต้นสูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการสื่อสารแนวความคิดโดยใช้ทักษะการพูดและการเขียนของนักเรียนภายหลังจากการเรียนด้วยชุดการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 70

ทินรัตน์กาญจกัญชร (2550: 112) ได้ศึกษาผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องแคลคูลัสเบื้องต้นโดยใช้หลัก “สุจิตปฺลิ” ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และทักษะ/กระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหารผลการวิจัยพบว่ากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องแคลคูลัสเบื้องต้นโดยใช้หลัก “สุจิตปฺลิ” มีประสิทธิภาพ 80.88/82.57 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องแคลคูลัสเบื้องต้นโดยใช้หลัก “สุจิตปฺลิ” สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะ/กระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องแคลคูลัสเบื้องต้นโดยใช้หลัก “สุจิตปฺลิ” สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จะพบว่าการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นอีกทักษะหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนนั้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงขึ้นและยังช่วยให้เกิดการมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างครูกับนักเรียนหรือระหว่างนักเรียนกับนักเรียนนอกจากนี้การสื่อสารยังช่วยให้นักเรียนนั้นได้ฝึกการคิดวิเคราะห์ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้รับการเรียนรู้จากกิจกรรมที่ครูจัดขึ้นอย่างแท้จริง

2.5 ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

2.5.1 ความหมายของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ต้องการให้นักเรียนมีความรู้และมีพื้นฐานเพียงพอในการศึกษาต่อนั้น จำเป็นต้องบูรณาการหรือเชื่อมโยงเนื้อหาต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน นอกจากนี้การเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาในคณิตศาสตร์ด้วยกันแล้ว ยังต้องเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์สาขาอื่น และเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันอีกด้วย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 83) กล่าวถึง การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นทักษะกระบวนการที่นักเรียนควรเรียนรู้ ฝึกฝนทักษะ และพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน เพราะการที่นักเรียนเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จะส่งเสริมให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาต่างๆ ในคณิตศาสตร์ และศาสตร์สาขาอื่นๆ อีกด้วยและกล่าวถึง การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หมายถึง เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยความคิด วิเคราะห์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และหลักการทางคณิตศาสตร์มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างความรู้และทักษะกระบวนการที่มีในเนื้อหาคณิตศาสตร์กับงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและการเรียนรู้ในสิ่งใหม่ที่มีความซับซ้อนและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

เคนเนดี และทิปส์ (Kennedy; & Tipps. 1994: 194-198) กล่าวถึงการเชื่อมโยงในคณิตศาสตร์ว่า เป็นเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรมรูปภาพแผนภาพสัญลักษณ์และมโนคติเข้ากับกระบวนการในการรวมเนื้อหาและวิธีการต่างๆทางคณิตศาสตร์และจะต้องเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวันการเชื่อมโยง

ครูควรสร้างให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในระหว่างการสอนโดยสร้างให้นักเรียนทำในสิ่งที่เป็นรูปธรรมและแปลงการกระทำนั้นมาเป็นรูปภาพแผนผังกราฟและสัญลักษณ์ตัวอย่างเช่นครูสอนเชื่อมโยงระหว่างส่วนผสมของอาหารกับการเขียนเศษส่วนนักเรียนในห้องก็จะได้เชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงด้วยปัญหาส่วนผสมของอาหารการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และชีวิตจริงมีมากมายครูสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับ สังคมวิทยาศาสตร์ศิลปะงานคหกรรมและกิจกรรมในสาขาวิชาต่างๆ

ตัวอย่างการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และสิ่งรอบๆ ตัวด้วยการทำกิจกรรมในชั้นเรียน มีแนวทางการจัดได้ดังเช่น

คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เช่น การบันทึกอุณหภูมิความเร็วลมและความกดอากาศการส่งมนุษย์ไปดวงจันทร์การโคจรของดาวเคราะห์การกำหนดมาตราส่วนและการสร้างแบบจำลองของระบบสุริยะจักรวาล

คณิตศาสตร์กับสังคมเช่น นาฬิกาและนาฬิกาทรายการสร้างพีระมิดในอียิปต์ การศึกษาของชาวอินเดียนแดงทางตะวันตกเฉียงใต้ในอเมริกาเกี่ยวกับพรมชามและตะกร้าโดยใช้สมมาตรและเทสเซลเลชันในการออกแบบการแยกประเภทอาชีพที่มีเครื่องแบบและไม่มีเครื่องแบบ เช่นนักวิจัยนักบริการคนงานในโรงงานการเปรียบเทียบจุดที่สูงที่สุดและต่ำที่สุด

คณิตศาสตร์กับศิลปะเช่น การวัดกระดาษเพื่อตัดผนังหรือการตัดกระดาษเพื่อจะขึ้นเป็นโครงในการระบายสีการกำหนดฉากในการเล่นละครการวัดและการเตรียมกระดาษที่ใช้สำหรับฉากการระบายสีวาดรูปทิวทัศน์การสร้างโอริกามิในญี่ปุ่น

คณิตศาสตร์กับสุขภาพ เช่นการวัดส่วนสูงของนักเรียนบันทึกผลลงตารางและกราฟหาปริมาณแคลอรีจากการอ่านฉลากในข้อมูลโภชนาการการศึกษาปริมาณแป้งและน้ำตาลในอาหารการเรียนรู้เรื่องระดับโคเลสเตอรอล

คณิตศาสตร์กับการอ่านและศิลปะภาษา เช่น การมองรูปแบบของคำแยกคำคล้องจองและไม่คล้องจองการมองวลีของประโยควิยารากศัพท์ทางคณิตศาสตร์วิจัยและเขียนเรื่องราวเกี่ยวกับนักคณิตศาสตร์จำนวนและความงามของตัวเลขการวิเคราะห์ข้อความเพื่อบอกจำนวนพยางค์

คณิตศาสตร์กับพลศึกษา เช่น การนับจำนวนรอบในขณะที่กระโดดเชือกการตัดสินใจว่า กีฬาโอลิมปิกมีขนาดใหญ่หรือไม่วางพื้นที่การเล่นการจับเวลาการจัดการแข่งขันกีฬาโดยใช้วิธีเรียง สับเปลี่ยน การจัดหมู่

คณิตศาสตร์กับโลกปัจจุบันสามารถจะเชื่อมโยงในหลายๆ ทางทั้งจากหนังสือพิมพ์ นิตยสารซึ่งประกอบไปด้วยธุรกิจแนวโน้มเศรษฐกิจสภาพอากาศและวิทยาศาสตร์การรายงานพิเศษ ในด้านบทความและภาพข่าวแผนผังการเดินทางเรือรถไฟสนามบินล้วนให้ข้อมูลในเรื่องคณิตศาสตร์ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้คนที่สนใจปัญหาด้านนิเวศวิทยาเช่นการกำจัดขยะ มลพิษจากระถางต้นไม้ และโรงงานเหล่านี้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับการดำรงชีวิตได้ครูจึงควรสอน โดยบูรณาการคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1991: 102) ได้ให้ความหมาย ของการเชื่อมโยงคือการผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกันให้รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น

1. การเชื่อมโยงภายในวิชาเป็นการนำเนื้อหาภายในวิชาเดียวไปสัมพันธ์กันให้ผู้เรียน ได้ประยุกต์ความรู้และทักษะไปใช้ในชีวิตจริงช่วยนักเรียนให้ทำความเข้าใจถึงความแตกต่างของ เนื้อหาวิชารวมทั้งพืชคณิตเรขาคณิตและตรีโกณมิติซึ่งจะทำให้การเรียนรู้ของผู้เรียนมีความหมาย
2. การเชื่อมโยงระหว่างวิชาเป็นการรวมศาสตร์ต่างๆ ตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไปภายใต้ เนื้อเรื่องที่เกี่ยวข้องกันให้มาสัมพันธ์กันเช่นวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาวิทยาศาสตร์เศรษฐศาสตร์สังคม กีฬาหรือศิลปะเป็นการเรียนรู้โดยใช้ความรู้ความเข้าใจและทักษะในวิชาต่างๆ มากกว่า 1 วิชาขึ้นไป จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและตรงกับสภาพชีวิตจริง

จะเห็นได้ว่าความหมายของการเชื่อมโยงตามแนวคิดของสภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติ ของสหรัฐอเมริกาดังกล่าวตรงกับความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา ซึ่งคล้ายกับมาตรฐาน 6.1 ของการจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์หลักสูตร การแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการที่ต้องอาศัยการคิด วิเคราะห์ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และหลักการทางคณิตศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผล ระหว่าง ความรู้และทักษะกระบวนการที่มีในเนื้อหาคณิตศาสตร์กับงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำสู่การแก้ปัญหา และการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนหรือสมบูรณ์ขึ้น

2.5.2 มาตรฐานการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 64) ได้กำหนดมาตรฐานการเชื่อมโยงไว้ดังนี้ว่า โปรแกรมการสอนตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงเกรด12 มุ่งให้นักเรียนสามารถ

1. ตระหนักและใช้การเชื่อมโยงระหว่างความคิดในคณิตศาสตร์
2. เข้าใจการเชื่อมโยงความคิดทางคณิตศาสตร์และนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่
3. ตระหนักและประยุกต์คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้นสรุปได้ว่ามาตรฐานการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์คือการที่นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์ได้และสามารถนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้วไปสร้างความรู้ใหม่ได้รวมทั้งสามารถประยุกต์ใช้เข้ากับชีวิตประจำวันด้วย

2.5.3 ลักษณะของการเชื่อมโยงในรูปแบบต่างๆ

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงลักษณะของการเชื่อมโยงในรูปแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้ ดวงเดือนอ่อนน้อม (2547: 50-51) ได้กล่าวถึงการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นไปได้หลายลักษณะดังนี้

1. การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เช่นการเรียนรู้เกี่ยวกับการสร้างสูตรการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมต้องเชื่อมโยงกับความรู้เดิมเรื่องพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าใน 2 ประเด็นคือ รูปสามเหลี่ยมเป็นครึ่งหนึ่งของรูปสี่เหลี่ยมและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

2. การเชื่อมโยงระหว่างเรื่องต่างๆ ของคณิตศาสตร์เช่นการลบ เป็นการดำเนินการตรงข้ามของการบวกการคูณเป็นการบวกซ้ำๆ การคูณและการหารเป็นการดำเนินการตรงกันข้าม ร้อยละสัมพันธ์กับเศษส่วนการวัดสัมพันธ์กับเรขาคณิต

3. การเชื่อมโยงแบบจำลองหลายๆ แบบสู่ความคิดรวบยอดเดียวกันเช่นการให้นักเรียนสร้างหน่วยการวัดที่ไม่เป็นมาตรฐานตามความต้องการของตนเองก็จะได้หน่วยที่ไม่เป็นมาตรฐานหลายๆลักษณะแต่ทุกหน่วยนำไปสู่ความคิดรวบยอดเดียวกันว่าเป็นหน่วยการวัดที่เป็นมาตรฐาน

4. การเชื่อมโยงความคิดรวบยอดไปสู่วิธีคิดคำนวณเช่นในการเรียนรู้เรื่องหน่วยการวัดเด็กต้องเกิดความคิดรวบยอดว่าจำนวนต่างๆ จะมาบวกลบกันได้ต้องมีหน่วยการวัดเดียวกัน ดังนั้นถ้าหากจำนวนเหล่านี้มีหน่วยต่างกันจึงต้องมีการเปลี่ยนหน่วยให้เหมือนกันก่อน

5. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวันและคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ การเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยการกำหนดเป็นหน่วยการเรียนรู้เป็นวิธีทางหนึ่งที่สนับสนุนส่งเสริมการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวันการกำหนดหน่วยการเรียนรู้เปิดโอกาสให้เด็กได้ศึกษาสำรวจ สืบค้นเกี่ยวกับเรื่องต่างๆ ที่ตนสนใจได้มีโอกาสแสดงความคิดริเริ่มได้สร้างสิ่งต่างๆ ในขณะที่เดียวกัน ยังคงเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยหน่วยการเรียนรู้อาจเป็นหน่วยการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์เองหรือเป็นหน่วยการเรียนรู้กลางที่คณิตศาสตร์เรียนรู้ร่วมกับวิชาอื่นๆ ก็ได้

อัมพรมาคะนอง (2547: 101) กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถของผู้เรียนในการสัมพันธ์ความรู้หรือปัญหาคณิตศาสตร์ที่เรียนมากับความรู้ปัญหาหรือสถานการณ์อื่นที่ตนเองพบการเชื่อมโยงอาจทำได้หลากหลายแต่ที่นิยมทำในห้องเรียนคณิตศาสตร์มี 3 ประเภท ดังนี้

1. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน
2. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนเรียนกับเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่นๆ
3. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์หรือสาขาวิชาอื่น

ซึ่งการเชื่อมโยงในลักษณะต่างๆ ก็สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. การเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ หัวข้อต่างๆในวิชาคณิตศาสตร์นั้นแม้ว่าจะมีความเกี่ยวพันกันแต่นักเรียนส่วนใหญ่มักล้มเหลวในการหาว่าหัวข้อที่เรียนในแต่ละขอบเขตเนื้อหา นั้นสามารถนำไปใช้ทำความเข้าใจในขอบเขตอื่นๆ ซึ่งบทบาทสำคัญของครูในการสอนคณิตศาสตร์คือการช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นการบูรณาการของหัวข้อต่างๆได้ทั้งหมดนักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างหัวข้อต่างๆในวิชาคณิตศาสตร์ได้จะมีความเข้าใจที่ลึกซึ้งและนำมาซึ่งความประทับใจต่อคณิตศาสตร์ (Buck. 2000: 591-594) ไครส์ (Crites. 1995: 292-297) ได้ยกตัวอย่างความเชื่อมโยงระหว่างพีชคณิตและเรขาคณิตที่นำมาใช้อธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางความเร็วและเวลาซึ่งเรขาคณิตจะให้นักเรียนมีแนวทางใหม่ในการอธิบายด้วยการแสดงความคิดรวบยอดเกี่ยวกับระยะทางความเร็วและเวลาในรูปของสมการตัวอย่างเช่นถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ 15 เมตรต่อวินาที

2. การเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น การเรียนการสอนในโรงเรียนนั้นแสดงให้เห็นว่าโลกถูกแบ่งออกเป็นวิชาต่างๆ แต่ในความเป็นจริงชีวิตประกอบขึ้นจากส่วนต่างๆมากมายและเชื่อมโยงกันเมื่อโรงเรียนแบ่งประสบการณ์ออกเป็นวิชาต่างๆ นักเรียนจึงเริ่มมีความรู้สึกและมีความเชื่อต่อคณิตศาสตร์ในทางลบ (Blaskopf; & Chazan. 2001: 625) ดังนั้น เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นที่น่าสนใจของนักเรียนครูจึงควรมีบทบาทสำคัญในการช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์และวิชาอื่นๆที่เรียนใน

สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1989; อ้างอิงจาก Balas. 2002: Online) กล่าวถึงการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับการอ่านว่าในระดับอนุบาลถึงเกรด 4 คณิตศาสตร์สามารถคิดโดยผ่านภาษานักเรียนสามารถเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีความหมายครูสามารถช่วยด้วยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สื่อสารและพูดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ (Talk Math) กับเพื่อนๆ นอกจากนั้นแล้วนักเรียนสามารถใช้การเชื่อมโยงในการสร้างความรู้เรียนรู้แนวทางใหม่ๆ เพื่อที่จะคิดเกี่ยวกับแนวคิดของการคิดและการสื่อสารเกี่ยวกับปัญหาในระดับเกรด 5 ถึงเกรด 8 ความเชื่อมโยง

ระหว่างคณิตศาสตร์กับการอ่านคือนักเรียนใช้ทักษะการอ่านการฟังและการมองดูในการแปลความและประเมินแนวคิดทางคณิตศาสตร์ส่วนในระดับเกรด 9 ถึง 12 นักเรียนสามารถใช้ทักษะต่างๆ เพื่อแปลความหมายของข้อมูลและสถิติต่างๆ ในการพิจารณาประเด็นทางสังคมนอกจากนั้นแล้ว การอ่านหนังสือเรียนอ่านหนังสือโฆษณาหรือหัวข้อในหนังสือพิมพ์เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมรับรู้และแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อมูลการอ่านสามารถเตรียมข้อมูลสำหรับให้นักเรียนประยุกต์ใช้ในทักษะทางคณิตศาสตร์นักเรียนที่เป็นผู้รู้คณิตศาสตร์บางครั้งก็เป็นผู้รู้การอ่านด้วยคณิตศาสตร์เป็นมากกว่าตัวเลขในขณะที่การอ่านเป็นมากกว่าตัวอักษรด้วยการเป็นผู้รู้หมายถึง การจัดวางจำนวนไปสู่บริบททางสังคมอย่างมีความหมายในชีวิตประจำวัน

3. การเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวันจากการพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียนของไคล์และมัวร์ (Kyle; & Moore. 2001: 80-86) โดยนำข้อมูลที่ได้จากการเข้าไปเยี่ยมครอบครัวของนักเรียนเพื่อศึกษารูปแบบของสิ่งที่ครอบครัวของนักเรียนสนใจและทักษะการปฏิบัติของแต่ละครอบครัวซึ่งเกี่ยวกับขั้นตอนการทำการเกษตรการเลี้ยงสัตว์การฝีมือการดูทีวี การทำอาหารหลังจากนั้นได้นำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเป็นปัญหาที่มีความหลากหลายและมีขั้นตอนในการแก้ปัญหาหลายขั้นตอนหลังจากนั้นให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาเป็นกลุ่มพบว่า การให้นักเรียนได้ทำงานที่มีความหมายการให้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริงเป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการส่งเสริมความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนและนักเรียนจะได้รับการส่งเสริมอย่างสุดความสามารถถ้าการเรียนการสอนคณิตศาสตร์นั้นได้เชื่อมโยงเข้ากับความเป็นส่วนตัวของพวกเขาความรู้และทักษะที่ครอบครัวเขาสนใจนักเรียนจะชอบแก้ปัญหาและสนุกสนานกับการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ถ้าเป็นปัญหาที่มีความหมายและเกี่ยวข้องกับพวกเขา นอกจากนี้แล้วผู้ปกครองของนักเรียนยังมีความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้นจากที่เคยคิดว่าคณิตศาสตร์เป็นเรื่องยากและช่วยให้ครูผู้สอนสามารถนำความรู้ที่บ้านของนักเรียนมาช่วยส่งเสริมการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น

จากลักษณะการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ในรูปแบบต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่าการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์นั้นสามารถเชื่อมโยงได้หลายรูปแบบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวิธีการสอนของครูเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงที่สามารถแสดงการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ในเนื้อหาคณิตศาสตร์คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวันซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตจริงซึ่งการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาการเชื่อมโยงในเนื้อหาคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

2.5.4 แนวทางการพัฒนาทักษะและกระบวนการเชื่อมโยง

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 277-278) กล่าวถึงบทบาทของครูในการพัฒนาการเชื่อมโยงสำหรับนักเรียนในเกรด 6-8 ดังนี้ครูต้องมีบทบาทในการเลือกปัญหาที่เป็นการเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ทั้งภายในและภายนอกหลักสูตรรวมไปถึงการช่วยให้นักเรียนสร้างแนวคิดทางคณิตศาสตร์และพัฒนาแนวคิดใหม่ครูต้องตระหนักและเข้าใจความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นไม่ควรสอนแบบรวบรัดหรือย่อแต่ควรมีการร่วมกันคิดร่วมกันทำครูจำเป็นต้องตัดสินใจได้อย่างรวดเร็วซึ่งเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้นักเรียนใช้คำหรือเครื่องหมายที่เหมาะสมในการสนับสนุนความเข้าใจความคิดรวบยอดใหม่ของพวกเขาเช่นสัดส่วนและพีชคณิตครูเพิ่มความเข้าใจทางคณิตศาสตร์กับนักเรียนด้วยการใช้สาขาวิชาอื่นเป็นแหล่งข้อมูลปัญหาหลายปัญหาตัวอย่างเช่นการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์และวิชาสังคมศึกษาเป็นการเพิ่มโอกาสในการเรียนเกี่ยวกับการวัดข้อมูลและพีชคณิตศิลปะสามารถนำมาใช้สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรูปร่างสมมาตรความคล้ายและการถ่ายทอดของแบบรูปทางเรขาคณิตครูศิลปะสามารถบรรยายยุทธวิธีเมื่อมีความเหมาะสมในการยกตัวอย่างแย้งทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับสูตรช่วยให้นักเรียนตระหนักและวิเคราะห์รูปแบบของการอ้างเหตุผลและข้อเท็จจริงซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะทางคณิตศาสตร์

ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์นั้นผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์สอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอเพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้เนื้อหาสาระและกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือเห็นการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในชีวิตประจำวัน

จรรยาฤๅดม (2545: 23-24) กล่าวถึงการคัดเลือกสถานการณ์ปัญหาเพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับสาระที่ 6 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งนับเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงดังนี้

1. เป็นสถานการณ์แบบองค์รวมมีการบูรณาการเนื้อหาเน้นมโนคติหรือแนวคิดหลักการสอนคณิตศาสตร์ที่แยกเป็นส่วนๆ ทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างมโนคติที่เป็นภาพรวมและนำคณิตศาสตร์ไปใช้ได้นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถสร้างมโนคติที่เป็นภาพรวมจากส่วนย่อยๆ ได้แต่จะจำเฉพาะลักษณะที่เป็นส่วนย่อยๆ ในทางตรงกันข้ามเมื่อมโนคติถูกนำเสนอในลักษณะที่เป็นภาพรวมนักเรียนจะหาวิธีการสร้างความหมายโดยการแยกภาพรวมออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้สามารถมองเห็นและเข้าใจได้

2. ข้อมูลในสถานการณ์ปัญหาสอดคล้องและตรงตามสภาพจริงในชีวิตประจำวัน สถานการณ์ปัญหาที่จะนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงควรมีลักษณะแบบองค์รวม มีการบูรณาการของเนื้อหาและมีความซับซ้อนตรงตามความเป็นจริงมากกว่าเป็นการแต่งขึ้นการฝึก เช่นนี้จะทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของวิชาคณิตศาสตร์เห็นว่าคณิตศาสตร์สัมพันธ์โดยตรงกับชีวิตประจำวัน

3. เป็นสถานการณ์ปัญหาที่อยู่รอบตัวนักเรียนเหมาะกับวัยความสนใจและมีความหมายต่อนักเรียนเนื่องจากการใช้สถานการณ์ที่เหมาะสมกับวัยความสนใจและมีความหมายต่อนักเรียน เป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะผลักดันให้นักเรียนเกิดความอยากแก้ปัญหาหรือการกระทำอันก่อให้เกิดการเรียนรู้

4. เป็นสถานการณ์ที่ส่งเสริมการสำรวจการอภิปรายและการตัดสินใจเนื่องจากสถานการณ์ที่ส่งเสริมการสำรวจการอภิปรายและตัดสินใจเป็นสถานการณ์ที่มีประสิทธิภาพต่อการเร้าให้นักเรียนรู้จักคิดอันเป็นจุดเริ่มต้นของการสำรวจอย่างนักวิทยาศาสตร์นอกจากนี้สถานการณ์ดังกล่าว ยังเป็นสถานการณ์ที่ส่งเสริมให้เกิดการใช้ระบบสัญลักษณ์ในการสื่อสารเกิดปฏิสัมพันธ์ของสมาชิกในสังคม ที่สำคัญคือการใช้สถานการณ์ที่ส่งเสริมการสำรวจการอภิปรายและตัดสินใจจะช่วยส่งเสริมและพัฒนาความสามารถของนักเรียนทางด้านทักษะ/กระบวนการทั้งทางด้านการสื่อสารการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลได้เป็นอย่างดี

5. เป็นสถานการณ์ที่ท้าทายสามารถหาคำตอบได้หลายวิธีนักเรียนแต่ละคนมีระดับความรู้ทักษะและความเข้าใจต่อสถานการณ์ปัญหาแตกต่างกันการใช้สถานการณ์ปัญหาที่สามารถหาคำตอบได้หลายวิธีจึงเอื้อต่อการใช้วิธีการของนักเรียนในการหาคำตอบซึ่งจะส่งเสริมการคิดและอภิปรายของนักเรียนประกอบกับปัญหาในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาที่สามารถแก้ไขได้หลายวิธี

กล่าวโดยสรุปในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้พัฒนาทักษะการเชื่อมโยงนั้นครูควรบูรณาการเนื้อหาต่าง ๆ ภายในวิชาคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ รวมถึงการนำวิชาคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิตความเป็นอยู่ประจำวันนอกจากนี้ครูยังควรจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาที่ให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริงเพื่อที่จะได้นำความรู้เนื้อหาสาระและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้เรียนรู้เนื้อหาใหม่หรือนำมาแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น

2.5.5 การประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

การวัดผลประเมินผลเป็นกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลายเช่นการประเมินตามสภาพจริงการใช้แบบทดสอบซึ่งเครื่องมือทางการวัดผลแต่ละวิธีก็มีจุดเด่นและข้อจำกัดที่แตกต่างกันดังนั้นในการเลือกใช้เครื่องมือหรือวิธีในการวัดผลประเมินผลในแต่ละครั้งควรคำนึงถึงความเหมาะสมและจากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างเครื่องมือในการวัดผลประเมินผลวิชาคณิตศาสตร์เอกสารหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์และคู่มือวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 82-83,93-94) ผู้วิจัยใช้วิธีในการวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบอัตนัยหรือแบบทดสอบความเรียง(Essay test) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนเป็นเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring rubric)

กูดริช (Goodrich. 1997: Online) กล่าวว่ารูบริก (Rubric) เป็นเครื่องมือการให้คะแนน ซึ่งจะแสดงเกณฑ์สำหรับชิ้นงานที่มีความต่อเนื่องกันในการแบ่งลำดับของคุณลักษณะแต่ละเกณฑ์ จากดีมากจนถึงต้องปรับปรุงแก้ไขและกูดริชยังได้ระบุถึงประโยชน์ของรูบริกไว้ดังนี้

1. เป็นเครื่องมือที่มีพลังสำหรับการสอนและการประเมินสิ่งที่แสดงออกมาของผู้เรียน โดยทำให้ความคาดหวังของครูมีความชัดเจนและแสดงให้นักเรียนทราบถึงสิ่งที่คาดหวังไว้ได้อย่างไร ผลที่ได้จะเป็นการบอกการปรับปรุงแก้ไขในคุณลักษณะของงานนักเรียนและในการเรียนรู้
2. สามารถช่วยตัดสินเกี่ยวกับคุณลักษณะงานของนักเรียนด้วยตนเองและงานอื่นๆ เมื่อรูบริกนำมาใช้ประเมินตนเองและกลุ่มจะทำให้เพิ่มความสามารถในการแก้ปัญหา
3. จะช่วยลดเวลาของครูที่ใช้ในการประเมินงานของนักเรียนได้
4. ใช้ได้ง่ายและมีการอธิบายที่ชัดเจน

สเติ่นมาร์ค (Stenmark. 1991: 20) ระบุถึงวิธีการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบอัตนัย วิธีการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบอัตนัยทำได้ 2 วิธี

1. วิธีการวิเคราะห์ (Analytical method หรือ Point method) ใช้การวิเคราะห์ด้วย ประเด็นที่มีลักษณะแตกต่างกันของคำตอบ
2. วิธีประเมินรวม (Holistic method) เป็นวิธีที่ผู้ประเมินพิจารณาคำตอบโดยรวม มากกว่าตรวจสอบรายละเอียดปลีกย่อยเฉพาะนักวัดผลการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมาย เกี่ยวกับวิธีการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบทั้ง 2 วิธีนี้ไว้

เมอร์เรนและเลห์แมน (Mehrens; & Lehmann. 1969: 229-238) ได้อธิบายถึงการตรวจให้คะแนนวิธีวิเคราะห์และวิธีประเมินรวมไว้ดังนี้

1. วิธีการวิเคราะห์ (Analytical method หรือ Point method) เป็นวิธีที่มีรูปแบบคำตอบ ประกอบด้วยประเด็นเฉพาะที่กำหนดไว้ก่อนแล้วคะแนนของนักเรียนที่ได้จะขึ้นอยู่กับจำนวนประเด็นที่ เขาตอบรวมไปถึงส่วนอื่นๆ เช่นแสดงความคิดเห็นได้ชัดเจนการให้เหตุผลและการยกตัวอย่างสนับสนุน ในประเด็นคำตอบและการกำหนดคะแนนในแต่ละประเด็นจะขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการตอบ ความซับซ้อนของคำถามและเนื้อหาที่ครูสอน

2. วิธีประเมินรวม (Global scoring หรือ Holistic หรือ Rating method) วิธีนี้คำตอบจะไม่ถูกแบ่งเป็นส่วนๆ เป็นประเด็นเฉพาะแต่ผู้ตรวจจะอ่านคำตอบอย่างรวดเร็วแล้วใช้ความประทับใจและใช้มาตรฐานบางอย่างกำหนดระดับของคำตอบการตรวจคำตอบจะขึ้นอยู่กับระดับของการแบ่งอาจจะแบ่งข้อสอบเป็น 2 กลุ่มคือ “กลุ่มที่ยอมรับได้ - กลุ่มที่ยอมรับไม่ได้” หรือ 5 กลุ่มคือ “ดีมาก จนถึงต่ำกว่ามาตรฐาน” โดยมากจะแบ่งประมาณ 4 หรือ 5 กลุ่มสำหรับกรณีที่แบ่งเป็น 5 กลุ่มประกอบด้วยคุณภาพดีมากคุณภาพดีกว่าปานกลางคุณภาพปานกลางคุณภาพต่ำกว่าปานกลางคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน

เสาวนีย์เกรียร์ (2540: 159) กล่าวว่า เป็นเครื่องมือในการให้คะแนนที่ประกอบด้วยประเด็นต่างๆ ที่จะใช้พิจารณางานหนึ่งและคำอธิบายระดับคุณภาพของแต่ละประเด็นประเมินซึ่งอาจเรียงลำดับตั้งแต่ดีเลิศไปจนถึงต้องปรับปรุงหรือให้เป็นระดับตัวเลขตั้งแต่มากที่สุดประเด็นประเมินอาจกำหนดเพิ่มเติมได้หลายข้อคำอธิบายระดับคุณภาพควรอธิบายให้ชัดเจนกระชับที่สุดเป็นคำอธิบายที่สามารถบอกได้ว่าทำไมต้องดีเลิศดีต้องปรับปรุง

สมศักดิ์ภู่วิภาดาธรรม (2544: 137–152) ให้ความหมายของรูบรีค (Rubrics) ว่าเป็นเครื่องมือในการให้คะแนน (Scoring tool) ที่มีการระบุเกณฑ์ (Criteria) ประเมินชิ้นงานและคุณภาพ (Quality) ของชิ้นงานในแต่ละเกณฑ์

บุญเชิดภิญโญอนันตพงษ์ (2547: 89) กล่าวว่า วัตถุประสงค์การให้คะแนนคือชุดของแนวทางให้คะแนนผลการปฏิบัติเรื่องใดเรื่องหนึ่งสำหรับใช้ประเมินคุณภาพของการปฏิบัติของผู้เรียนแนวทางในการให้คะแนนอาจทำให้รูปของมาตราประมาณค่าหรือแบบตรวจสอบรายการโดยปกติกฎเกณฑ์การให้คะแนนชุดหนึ่งสำหรับประเมินจุดหมายความการเรียนรู้ข้อหนึ่งหรือส่วนหนึ่งของการปฏิบัติในกรณีที่มีการปฏิบัติมีความสลับซับซ้อนมากขึ้นจำเป็นต้องทำการประเมินหลายๆ จุดหมายความการเรียนรู้หรือการปฏิบัติหลายๆ อย่างดังนั้นจึงต้องใช้กฎเกณฑ์การให้คะแนนหลายชุดในการประเมินการปฏิบัติจากหลายๆ จุดหมายความเรียนรู้กฎเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละชุดประกอบด้วยตัวเลขที่สะท้อนระดับคุณภาพของการปฏิบัติเช่น 1 ถึง 4 เมื่อ 4 หมายถึงคุณภาพระดับสูงสุด, 3 หมายถึงคุณภาพระดับสูง 2 หมายถึงคุณภาพระดับพอใช้และ 1 หมายถึงคุณภาพยังไม่เป็นที่น่าพอใจซึ่งจากความหมายสรุปได้ว่ารูบรีคมีประโยชน์หลายประการดังนี้

1. ช่วยพัฒนาผลงานของนักเรียนขณะเดียวกันก็เป็นเครื่องมือในการติดตามพัฒนาผลงานของนักเรียนเองด้วยเพราะรูบรีคบอกไว้ชัดเจนว่าครูคาดหวังอะไรและนักเรียนจะได้รู้ว่าจะก้าวไปถึงความคาดหวังนั้นได้อย่างไร

2. ช่วยให้นักเรียนหัดใช้ความคิดในการพิจารณาคุณภาพงานของตนเองและผู้อื่นจากการใช้รูปรีดประเมินผลงานของตนเองและเพื่อนการฝึกให้ทำงานหลายๆ ครั้งจะช่วยให้นักเรียนเป็นคนที่มีความรับผิดชอบต่องานตนเอง

3. ช่วยลดเวลาที่คุณครูต้องใช้สำหรับการประเมินผลงานนักเรียนเพราะหลังจากนักเรียนประเมินตนเองและให้นักเรียนประเมินโดยใช้รูปรีดแล้วครูมักพบว่าสิ่งที่ครูต้องปรับปรุงมีไม่มาก

4. ครูสามารถปรับรูปรีดให้เหมาะสมกับการประเมินผลงานนักเรียนกลุ่มต่างๆ ที่ต่างกันมา

5. เป็นสิ่งที่ยง่ายและอธิบายให้คนอื่นเข้าใจได้ง่ายเช่นการอธิบายให้ผู้ปกครองทราบ

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยใช้แนวทางการประเมินผลของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 93-94) และแนวทางการประเมินของกรมวิชาการ (2546: 137-139) นำมาปรับปรุงและสร้างเป็นเกณฑ์รูปรีดให้คะแนนระดับคุณภาพเป็น 5,4,3,2,1

2.5.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยต่างประเทศ

เดรีกเซล (Drexel. 1997: 2119-A) ได้ศึกษาการเชื่อมโยงระหว่างเศษส่วนธรรมดา (Common Fraction) กับเศษส่วนทศนิยม (Decimal Fraction) หรือเศษส่วนที่มีพหุคูณของ 10 เริ่มต้นที่เลือกนักเรียน 9 คนซึ่งเป็นนักเรียนเกรด 6 ที่อยู่ต่างห้องเรียนกันมาทดสอบความสามารถในการเชื่อมโยงเศษส่วนธรรมดาและเศษส่วนทศนิยมโดยให้ทำข้อสอบเศษส่วนแบบเขียนตอบและสัมภาษณ์ถึงการเรียนเรื่องเศษส่วนที่ผ่านมาเพื่อจะได้ทราบระดับความรู้และมโนคติเรื่องเศษส่วนของนักเรียนปรากฏว่ามโนคติเรื่องเศษส่วนของนักเรียนมีอยู่จำกัดดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้บทเรียน 6 บทในการปูพื้นฐานมโนคติและทักษะเรื่องเศษส่วนและใช้บทเรียนเพียง 2 บทในการเชื่อมโยงมโนคติของเศษส่วนธรรมดาและเศษส่วนทศนิยมกับกลุ่มตัวอย่างหลังจากการใช้บทเรียนก็ทำการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคลผลการวิจัยพบว่านักเรียนสามารถจำแนกเปรียบเทียบดำเนินการบวกและลบเศษส่วนทศนิยมได้สามารถนำหลักการของเศษส่วนธรรมดาไปใช้กับเศษส่วนทศนิยมได้ซึ่งข้อจำกัดนี้ชี้ว่าความรู้ของนักเรียนยังมีปัญหาต่อการนำมาใช้แต่จากการที่นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเศษส่วนธรรมดาและเศษส่วนทศนิยมมาสัมพันธ์กันได้อาจมีความหมายต่อความเข้าใจมโนคติและการดำเนินการในทศนิยม

ลอว์สันและชินนัพเพน (Lawson; & Chinnappan. 2000: 26-43) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานแก้ปัญหากับการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนและศึกษาต่อไปถึงตัวชี้วัดความสามารถด้านเนื้อหาและการเชื่อมโยงความรู้ในการแก้ปัญหาทางเรขาคณิตระหว่างนักเรียน 2 กลุ่ม

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงมีความสามารถในการสร้างองค์ความรู้ได้มากกว่าและยังสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ครูจัดตามแผนการสอนมาสัมพันธ์กับความรู้เดิมที่มีอยู่และตัวชี้วัดความสามารถด้านการเชื่อมโยงมีผลต่อความสำเร็จในการแก้ปัญหาสูงกว่าตัวชี้วัดความสามารถด้านเนื้อหาจุดมุ่งหมายในการศึกษาครั้งนี้เพื่อให้ข้อมูลกับครูในการหาวิธีสอนเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ที่มีคุณภาพได้

งานวิจัยในประเทศ

รัชดา ยাত্রา (2549: 66-67) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์โดยใช้ทักษะการเชื่อมโยงที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังการปฏิบัติกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์โดยใช้ทักษะการเชื่อมโยงสูงกว่าก่อนเข้าร่วมกิจกรรมและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการปฏิบัติกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์โดยใช้ทักษะการเชื่อมโยงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ลิลลดา ลภาค (2549: 62-64) ได้สร้างกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พร้อมทั้งศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนเรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงสามารถสอบผ่านเกณฑ์ได้มากกว่าร้อยละ 60 ของนักเรียนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.6 ทักษะความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

2.6.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ทอแรนซ์ (Torrance. 1969: 16) ได้นิยามความคิดสร้างสรรค์ว่า เป็นกระบวนการของความรู้สึกรที่มีความไวต่อปัญหา หรือ สิ่งที่บกพร่องหายไป หรือสิ่งที่ไม่ประสานกัน และไม่ไวต่อการแยกแยะ แต่ไวต่อการคิดหาวิธีการแก้ปัญหา ไวต่อการเดา หรือการตั้งสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่อง ต่อจากนั้นก็ทำการรวบรวมข้อมูลต่างๆ เพื่อทดสอบสมมติฐานนั้น

เกอร์ฮาร์ด (Gerhard. 197: 157) ได้นิยามความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นการสร้างหรือจัดระบบความคิดใหม่จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่นำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ริเริ่มแปลกใหม่คาดไม่ถึงและมองเห็นผลผลิตในรูปแบบใหม่

รอย (Roy. 1982: 143-147) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นความคิดความสามารถที่ซับซ้อนแต่ก็สามารถสังเกตได้โดยการใช้เกณฑ์ในการพิจารณาคือความสามารถในการสรุปเป็นหลักการทั่วไปความสามารถในการตีความหมาย และความสามารถในการค้นพบเนื้อหาที่สำคัญ

เฮย์ลอค (Heylock. 1987: 59-74) กล่าวว่านักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จะมีความคิดที่เป็นอิสระไม่ยึดติดกับขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบเดิมๆ พวกเขาต้องการและปรารถนาที่จะเผชิญกับสิ่งที่มีความหลากหลายทั้งทางด้านมุมมองและแนวคิดต่างๆ พวกเขาจะมีความสุขไปกับแนวความคิดใหม่ๆ และมองเห็นคุณค่าในการเรียนคณิตศาสตร์และผลที่พวกเขาได้รับตามมาคือแนวความคิดใหม่ๆ นั่นเองนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มักมีความคิดรวบยอดในตนเองสูงและจะมีความวิตกในการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำ)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 114) กล่าวถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นกระบวนการคิดที่อาศัยความรู้พื้นฐาน จินตนาการ และวิจารณ์ญาณ ในการพัฒนา หรือค้นคว้าองค์ความรู้ หรือสิ่งประดิษฐ์สิ่งใหม่ๆ ที่มีคุณค่า เป็นประโยชน์แต่ตนเองและสังคม โดยจำแนกได้ 2 ระดับ คือ

1. ความคิดสร้างสรรค์ระดับพื้นฐาน เกิดขึ้นตลอดเวลาเมื่อต้องการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าหรือปัญหาที่ไม่ยุ่งยากนัก เช่น หุงข้าวจากกระบอกไม้ไผ่แล้วพัฒนาเป็นข้าวหลาม เป็นต้น
2. ความคิดสร้างสรรค์ระดับสูง เป็นการคิดที่ส่งผลกระทบ หรือก่อประโยชน์ที่กว้างขวางต่อมนุษย์ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หลอดไฟฟ้า คอมพิวเตอร์ ฯ

สิริพร ทิพย์คง (2545: 114-115) กล่าวว่า การคิดสร้างสรรค์ เป็นกระบวนการใช้ความคิด จินตนาการประยุกต์ เพื่อนำไปสู่การคิดค้นสิ่งใหม่ๆ ที่คนอื่นคิดไม่ถึงหรือมองข้าม การคิดสร้างสรรค์คิดได้หลากหลาย กว้างไกล อาจผสมผสานการเชื่อมโยงกันระหว่างความคิดใหม่ๆ กับประสบการณ์เดิม จนทำให้เกิดสิ่งใหม่ สำหรับกระบวนการคิดสร้างสรรค์นั้น มีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นเตรียม เป็นการรวบรวมประสบการณ์ต่างๆ ที่ได้รับมา
2. ขั้นขัดแย้งยุ่งยาก เป็นการครุ่นคิดปัญหาเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหานั้นๆ
3. ขั้นการมองเห็น เป็นการคิดแล้วได้คำตอบออกมาทันที
4. ขั้นพิสูจน์ เป็นการตรวจสอบและประเมินว่าสิ่งที่คิดออกมานั้นใช้ได้จริง และมีประโยชน์หรือไม่

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2551: 186) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการจินตนาการและรวบรวมความรู้ความคิดเดิมอย่างหลากหลายและรวดเร็ว แล้วสร้างเป็นความรู้ ความคิดใหม่ของตนเอง สามารถคิดนอกกรอบได้ มีผลงานการคิด สามารถริเริ่มและสร้างสรรค์ ผลงานหรือสิ่งใหม่ๆ ได้ ลักษณะความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยจิตจินตนาการ คิดคล่องแคล่วหรือ คิดรวดเร็วคิดกว้าง หรือ คิดหลากหลายคิดริเริ่มคิดละเอียดลออ และการสังเคราะห์

กชกรรุ่งหัวไผ่ (2547: 51) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ว่า หมายถึงความสามารถทางการคิดของนักเรียนที่นำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่แปลกใหม่ มีความยืดหยุ่นและมีความหลากหลายโดยมีสถานการณ์ปัญหาต่างๆ เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียน แสดงความคิดสร้างสรรค์ออกมา

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึงความสามารถทางการคิดของบุคคลที่จะนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่แปลกใหม่ มีการดัดแปลงต่อเติมหาความสัมพันธ์ของสิ่งเร้าในแง่มุมต่างๆ มีความยืดหยุ่นและมีความหลากหลายโดยมีสถานการณ์ปัญหาต่างๆ เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดสร้างสรรค์ออกมาซึ่งผู้วิจัยสนใจศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่แสดงออกมาซึ่งสามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ได้ 4 ลักษณะคือ

1. ความคิดคล่องหมายถึงความสามารถทางการคิดของบุคคลในการคิดหาตอบได้อย่างถูกต้องรวดเร็วและต่อเนื่องและได้คำตอบในปริมาณมากๆ ในเวลาที่จำกัด
2. ความคิดยืดหยุ่นหมายถึงความสามารถทางการคิดของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายทางหลายรูปแบบและสามารถเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาได้ทันทีที่รู้ว่ามีคำตอบ
3. ความคิดริเริ่มหมายถึงความสามารถทางการคิดของบุคคลในการคิดหาคำตอบที่ถูกต้องมีความแปลกใหม่และแตกต่างจากความคิดของผู้อื่น
4. คิดละเอียดลออ หมายถึง ความสามารถทางการคิดเพื่อให้ได้ความคิดที่มีรายละเอียด ลุ่มลึก หลายแง่มุม ของแต่ละคำตอบจนกระทั่งสร้างผลงานขึ้นมาได้

2.6.2 แนวคิดที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในด้านต่างๆ ดังนี้

ด้านกระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ฮาดามาร์ด (Busse; & Manfield. 1980: 96; อ้างอิงจาก Hadamard. 1945: unpagged)

นักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์โดยกล่าวว่า กระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มี 4 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นขั้นตอนที่ได้รับปัญหาและบุคคลมีการกระทำต่อปัญหา ในระดับที่รู้ตัว (Conscious) อย่างเป็นระบบ (Systematic) โดยวิธีการเชิงตรรก (Logical Approach) ซึ่งความพยายามในระดับที่รู้ตัวนี้จะเป็นการกระตุ้นให้เห็นแนวทางทั่วๆ ไปในการแก้ปัญหาซึ่งแนวทางดังกล่าวจะเข้าสู่กระบวนการคิดที่ไม่รู้ตัว

2. ขั้นครุ่นคิด (Incubation) เป็นขั้นตอนที่มีกระบวนการคิดที่ไม่รู้ตัว (Unconscious Thinking Processes) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่เกิดจากการรวมกันของความคิดต่างๆ แบบสุ่มและจะมีเพียงความคิดที่ดีเท่านั้นที่จะขึ้นสู่ระดับความรู้ตัว (Consciousness)

3. ขั้นรู้แจ้ง (Illumination) เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นในระดับรู้ตัว (Consciousness)

4. ขั้นตรวจสอบเสนอผลงานและการนำไปใช้ (Verification, Exposition, and Utilization of the Results) เป็นขั้นสุดท้ายของกระบวนการคิดสร้างสรรค์ที่เกิดขึ้นในระดับรู้ตัว

กิลฟอร์ด (กรมวิชาการ. 2535: 16; อ้างอิงจาก Guilford. 1967) กล่าวว่าคนที่มีความคิดสร้างสรรค์จะต้องมีความฉับไวที่จะรับรู้ปัญหามองเห็นปัญหาสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดใหม่ๆ ได้ง่ายมีความสามารถที่จะสร้างหรือแสดงความคิดเห็นใหม่ๆ และปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นซึ่งวิธีการคิดของคนเราเป็นตามลำดับขั้นดังนี้

1. การรู้และการเข้าใจ (Cognition) หมายถึงความสามารถของสมองในการเข้าใจสิ่งต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว

2. การจำ (Memory) คือความสามารถของสมองในการสะสมข้อมูลต่างๆ ที่ได้เรียนรู้มาและสามารถระลึกออกมาได้ตามที่ต้องการ

3. การคิดแบบอนกนัย (Divergent thinking) หมายถึงความสามารถของสมองในการให้คำตอบสนองได้หลายๆ อย่างจากสิ่งเร้าที่กำหนดให้โดยไม่จำกัดจำนวนคำตอบ

4. การคิดแบบเอกนัย (Convergent thinking) หมายถึงความสามารถของสมองในการให้คำตอบสนองที่ถูกต้องและดีที่สุดจากข้อมูลที่กำหนดให้

5. การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึงความสามารถของสมองในการตัดสินข้อมูลที่กำหนดให้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ด้านองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

กิลฟอร์ด (กรมวิชาการ. 2535: 16; อ้างอิงจาก Guilford. 1967) จัดวิธีการคิดแบบ
อเนกนัยว่าเป็นความคิดสร้างสรรค์ซึ่งหมายถึงความสามารถของบุคคลที่ใช้ในการแก้ปัญหาเป็น
การคิดที่ก่อให้เกิดสิ่งต่างๆ ใหม่ๆ เป็นความสามารถของบุคคลที่จะประยุกต์ใช้กับงานหลายๆ ชนิด
ซึ่งประกอบด้วยลักษณะความคิดริเริ่มความคิดคล่องความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

ความคิดริเริ่มหมายถึงลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดธรรมดา
ความคิดริเริ่มเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาดัดแปลงและประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ขึ้นเป็นลักษณะ
ที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรกต้องอาศัยลักษณะความกล้าคิดกล้าลองเพื่อทดสอบความคิดของตนบ่อยครั้ง
ต้องอาศัยความคิดจินตนาการหรือที่เรียกว่าความคิดจินตนาการประยุกต์คือไม่ใช่คิดเพียงอย่างเดียว
แต่จำเป็นต้องคิดสร้างและหาทางทำให้เกิดผลงานด้วยความคิดริเริ่มนั้นสามารถอธิบายได้ตามลักษณะ
ดังนี้คือ

1. ลักษณะทางกระบวนการคือเป็นกระบวนการคิดและสามารถแตกความคิดจากของเดิม
ไปสู่ความคิดแปลกใหม่ที่ไม่ซ้ำกับของเดิม

2. ลักษณะของบุคคลคือบุคคลที่มีความคิดริเริ่มจะเป็นบุคคลที่มีเอกลักษณ์ของตนเอง
เชื่อมั่นในตนเองกล้าคิดกล้าลองกล้าแสดงออกไม่ขลาดกลัวต่อความไม่แน่นอนหรือคลุมเครือแต่เต็มใจ
และยินดีที่จะเผชิญและเสี่ยงกับสภาพการณ์ดังกล่าวบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นบุคคลที่มี
สุขภาพจิตดีด้วย

3. ลักษณะทางผลิตผลคือผลงานที่เกิดจากความคิดริเริ่มเป็นงานที่แปลกใหม่ไม่เคย
ปรากฏมาก่อนมีคุณค่าทั้งต่อตนเองและเป็นประโยชน์ต่อสังคมส่วนรวมคุณค่าของงานจึงมีตั้งแต่
ระดับต้นเช่นผลงานที่เกิดจากความต้องการแสดงความคิดอย่างอิสระซึ่งเกิดจากแรงจูงใจของตนเอง
ทำเพื่อสนองความต้องการของตนเองโดยไม่คำนึงถึงคุณภาพของงานและค่อยๆ พัฒนาขึ้นโดยเพิ่ม
ทักษะบางอย่างต่อมาจึงเป็นชิ้นงานประดิษฐ์ซึ่งเป็นสิ่งที่คิดค้นใหม่ไม่ซ้ำกับใครนอกจากนั้นก็พัฒนา
งานประดิษฐ์ให้ดีขึ้นจนเป็นขั้นสูงสุด

ความคิดคล่องหมายถึงความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว
รวดเร็วและมีคำตอบในปริมาณที่มากในเวลาจำกัดแบ่งออกเป็น

1. ความคิดคล่องทางด้านถ้อยคำ (Word fluency) ซึ่งเป็นความสามารถในการใช้
ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่วนั่นเอง
2. ความคิดคล่องทางการโยงสัมพันธ์ (Associational fluency) เป็นความสามารถ
ที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันหรือคล้ายกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลากำหนด

3. ความคล่องทางการแสดงออก (Expressional fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยคเป็นความสามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

4. ความคล่องในการคิด (Ideational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดสิ่งที่ต้องการ ภายเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรกต้องอาศัยลักษณะความกล้าคิดกล้าลองเพื่อทดสอบความคิดของตนบ่อยครั้งต้องอาศัยความคิดจินตนาการหรือที่เรียกว่าความคิดจินตนาการประยุกต์คือไม่ใช่คิดเพียงอย่างเดียวแต่จำเป็นต้องคิดสร้างและหาทางทำให้เกิดผลงานด้วย

ความคิดยืดหยุ่นหมายถึงความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภท และหลายทิศทางแบ่งออกเป็น

1. ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous flexibility) เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายอย่างอย่างอิสระ

2. ความคิดยืดหยุ่นทางการดัดแปลง (Adaptive flexibility) เป็นความสามารถที่จะคิดได้หลากหลายและสามารถดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้

ความคิดละเอียดลออหมายถึงความคิดในรายละเอียดที่แตกต่างหรือขยายความคิดหลักให้ได้ความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้นความคิดละเอียดลออเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นยิ่งในการสร้างผลงานที่มีความแปลกใหม่ให้สำเร็จพัฒนาการของความคิดละเอียดลออนั้นขึ้นอยู่กับ

1. อายุเด็กที่มีอายุมากจะมีความสามารถทางด้านนี้มากกว่าเด็กอายุน้อย
2. เพศเด็กหญิงจะมีความสามารถมากกว่าเด็กชายในด้านความคิดละเอียดลออ
3. ความสังเกตเด็กที่มีความสามารถด้านการสังเกตสูงจะมีความสามารถทางด้านความคิดละเอียดลออสูงด้วย

ทอร์เรนซ์ (Torrance. 1973: 91-95) เป็นผู้ที่น่าแนวคิดและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ดมาใช้ศึกษาวิจัยในรูปแบบของการเรียนการสอนซึ่งทอร์เรนซ์ได้สนใจที่จะศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยเน้นความคิดสร้างสรรค์ 3 องค์ประกอบคือ

1. ความคิดคล่องเป็นความสามารถในการผลิตความคิดได้หลากหลายเพื่อตอบสนองต่อคำถามปลายเปิดและคำถามอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นความคิดทางภาษาหรือทำทางเช่นความสามารถทางคณิตศาสตร์ดนตรีและศิลปะ เป็นต้นหรืออาจจะกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าเป็นความคิดคล่องทางการโยนสัมพันธ์

2. ความคิดยืดหยุ่นเป็นความสามารถในการกระทำต่อปัญหาได้หลากหลายคิดได้หลากหลายและสามารถแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์ได้หลายๆ ด้าน

3. ความคิดริเริ่มเป็นความคิดที่แปลกใหม่ที่แตกต่างไปจากความคิดธรรมดาหรือความคิดที่แตกต่างไปจากบุคคลอื่นหรือเป็นการรวมกันของความคิดที่ไม่มีความสัมพันธ์กันมาก่อนทั้งในด้านความคิดหรือการกระทำ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความคิดสร้างสรรค์ เป็นพฤติกรรมความสามารถด้านหนึ่งของเชาวันปัญญาเป็นการคิดหลายทิศทาง (Divergent thinking) ที่ประกอบด้วยความคิดริเริ่มความคิดคล่องความคิดยืดหยุ่นและความคิดละเอียดลออสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้สนใจศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์โดยเน้นความคิดสร้างสรรค์ 3 ลักษณะได้แก่ความคิดคล่องความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม

2.6.3 การพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สามารถพัฒนาและส่งเสริมให้เกิดขึ้นได้โดยจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งครูผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้ได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

การระดมสมอง (Brainstorming) ออสเบอ์น (สุวิทย์มูลคำ; และอรรถยุทธมูลคำ. 2545: 104-105; อ้างอิงจาก Osborn. 1963) นำเสนอหลักการของการแก้ปัญหาโดยวิธีการระดมสมองดังนี้

1. ไม่มีการวิพากษ์วิจารณ์ความคิดเห็นทั้งของตนเองและผู้อื่น
2. พยายามหาคำตอบที่แปลกแตกต่างออกไป
3. พยายามหาคำตอบให้ได้มากที่สุด
4. พยายามดัดแปลงตกแต่งความคิดที่มีอยู่

หัวใจของการแก้ปัญหาโดยวิธีการระดมสมองคือการไม่วิพากษ์วิจารณ์หรือตัดสินถูกผิดทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสให้สมาชิกในกลุ่มได้เสนอความคิดเห็นอย่างเต็มที่หลักการนี้จะทำให้ได้มาซึ่งข้อเสนอแนะมากมายในการแก้ปัญหาลงการศึกษาก็ให้เห็นว่าการแก้ปัญหาโดยวิธีการนี้แม้จะนั่งคิดคนเดียวก็สามารถหาวิธีการแก้ปัญหาที่มีคุณภาพได้

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยนำแนวคิดของเทคนิคการระดมสมองมาใช้ในการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นและช่วยกันคิดแก้ปัญหาภายในกลุ่มย่อยแล้วจึงนำเสนอผลงานต่อกลุ่มใหญ่ต่อไป

2.6.4 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

บาลกาเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์วิทยาลัยเซนต์แมรีนอร์เตอร์ดัม (Saint Mary's College, Notre Dame) รัฐอินเดียนาสหรัฐอเมริกาได้สร้างเกณฑ์ที่ใช้วัดนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา 25 เกณฑ์แล้วนำเกณฑ์ดังกล่าวไปสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 3 กลุ่มได้แก่นักคณิตศาสตร์นักวิชาการคณิตศาสตร์และครูผู้สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาแล้วคัดเลือกเกณฑ์ที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกัน 80% ขึ้นไปจากการสำรวจพบว่าได้เกณฑ์ที่ใช้วัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 6 ด้าน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ (กชกรรุ่งหัวไผ่. 2547: 60-63; อ้างอิงจาก Balka. 1974: 633-636)

1. ความสามารถในการวางหลักการหรือกฎเกณฑ์ในลักษณะเหตุและผลจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์หมายถึงความสามารถทางสมองของบุคคลในการนำข้อมูลหรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้มาสรุปเป็นหลักการทั่วไปหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยกระบวนการทางตรรกศาสตร์
2. ความสามารถในการกำหนดแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์หมายถึงความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดหาคำตอบที่ถูกต้องหรือสร้างชุดคำตอบที่หลากหลายจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ได้โดยไม่จำกัดจำนวน
3. ความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่แปลกใหม่ หมายถึงความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดวิธีแก้ปัญหาได้หลายๆ วิธีและสามารถเลือกวิธีการที่เหมาะสมและแตกต่างจากวิธีเดิมหรือเป็นความสามารถในการเปลี่ยนแปลงวิธีการคิดเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์
4. ความสามารถในการพิจารณาหรือประเมินปัญหาตลอดจนการคาดคะเนถึงผลที่จะเกิดขึ้นในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์หมายถึงความสามารถทางสมองของบุคคลในการคาดคะเนเรื่องราวหรือทำนายเหตุการณ์ต่างๆ ในอนาคตได้อย่างถูกต้องโดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้กับเหตุการณ์ในอนาคตตามเงื่อนไขที่เป็นไปได้
5. ความสามารถในการค้นหาข้อผิดพลาดหรือสิ่งที่ขาดหายไปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์หมายถึงความสามารถทางสมองของบุคคลในการตรวจสอบหาข้อผิดพลาดหรือสิ่งที่ขาดหายไปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้และสามารถคิดหาคำตอบที่ถูกต้องได้
6. ความสามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยๆ ที่เจาะจงได้หมายถึงความสามารถทางสมองของบุคคลในการจับประเด็นสำคัญของปัญหาและการคิดวิธีแก้ปัญหาโดยการแยกแยะปัญหาย่อยๆ เพื่อนำไปคิดหาคำตอบตามลำดับขั้นตอนจนได้คำตอบที่ถูกต้อง

หลังจากได้เกณฑ์ที่ใช้วัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แล้วบาลกาได้นำเกณฑ์ดังกล่าวมาสร้างเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยใช้สำหรับทดสอบนักเรียนเกรด 6 เกรด 7 และเกรด 8 แล้วจึงนำแบบทดสอบดังกล่าวไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางคณิตศาสตร์ตรวจพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขจนได้เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (Creative Ability in Mathematics Test : CAMT) บาลกาได้นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นและแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของมินเนโซตา (Minnesota Test of Creative Thinking) ไปทดสอบกับนักเรียนเกรด 6 เกรด 7 และเกรด 8 จำนวน 500 คนแล้วนำมาตรวจให้คะแนน

สุภาวดีตั่งบุบผา (2533: 153–158) ได้ให้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์บนพื้นฐานทฤษฎีของกิลฟอร์ดทอร์เรนซ์และบาลกาโดยวัดความสามารถของบุคคลที่แสดงความคิดริเริ่มความคล่องแคล่วในการคิดและความยืดหยุ่นในการคิดจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยความสามารถ 7 ด้านดังนี้

1. ความสามารถในการตั้งโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์หมายถึงความสามารถทางสมองของบุคคลในการตั้งคำถามได้โดยไม่จำกัดจำนวนซึ่งโจทย์ที่สร้างขึ้นนั้นเมื่อคำนวณผลลัพธ์แล้วได้คำตอบตรงกับที่กำหนดไว้ให้
2. ความสามารถในการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์หมายถึงความสามารถทางสมองของบุคคลในการที่จะสร้างชุดคำตอบจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยไม่จำกัดจำนวน
3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่แปลกใหม่หมายถึงความสามารถทางสมองของบุคคลในการที่จะคิดวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างไปจากวิธีการเดิมจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยไม่จำกัดจำนวน
4. ความสามารถในการคาดคะเนถึงผลที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์หมายถึงความสามารถทางสมองของบุคคลในการคาดคะเนทำนายเหตุการณ์ต่างๆ จากความสัมพันธ์ที่ได้ในการเปรียบเทียบเหตุการณ์นั้นแล้วขยายความไปสู่เหตุการณ์หรือเรื่องราวในอนาคตได้อย่างถูกต้องจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ในปริมาณที่เป็นไปตามเงื่อนไข
5. ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบและวิธีการคิดหมายถึงความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดหาคำตอบโดยที่สามารถตรวจสอบวิธีการคิดและคำตอบที่ถูกต้องได้จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ในปริมาณที่เป็นไปตามเงื่อนไข

6. ความสามารถในการนำหลักการหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในกรณีทั่วไป หมายถึงความสามารถทางสมองของบุคคลในการให้ข้อมูลที่เป็นคำตอบจากการนำหลักการหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้อย่างไม่จำกัด

7. ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวเลขหรือภาพเรขาคณิตหรือทรงเรขาคณิตหรือการจัดกระทำทางคณิตศาสตร์หมายถึงความสามารถทางสมองของบุคคลในการจัดกลุ่มจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยใช้เกณฑ์หรือคุณสมบัติหรือลักษณะบางอย่างที่รวมกันได้อย่างไม่จำกัดจำนวน

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ลักษณะ นั้นคือ ความคิดคล่องตัว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม เพื่อให้การตรวจมีความเป็นปรนัย เกณฑ์การตรวจให้คะแนนของทอแรนซ์ ดังนี้

1. การให้คะแนนความคล่องตัวทางคณิตศาสตร์ พิจารณาจากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องตามเงื่อนไขของข้อสอบในแต่ละข้อ ให้คะแนนคำตอบข้อละ 1 คะแนน จากคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน

2. การให้คะแนนการยืดหยุ่นทางคณิตศาสตร์ พิจารณาจากคำตอบที่มีความเป็นไปได้ ซึ่งจะจัดกลุ่มหรือประเภทคำตอบของนักเรียนแต่ละคนตามวิธีคิดที่ต่างกัน ต่อเงื่อนไขที่กำหนด โดยให้คะแนนเป็นกลุ่มหรือประเภทละ 1 คะแนน

3. การให้คะแนนความคิดริเริ่มทางคณิตศาสตร์ พิจารณาจากความถี่ของคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่เป็นความคิดที่แปลกแตกต่างไปจากคำตอบของผู้อื่น โดยให้คะแนนดังนี้

ตาราง 7 การให้คะแนนความคิดริเริ่มของทอแรนซ์

คำตอบซ้ำ	คะแนนที่ได้
12 % ขึ้นไป	0
6-11%	1
3-5%	2
2%	3
ไม่เกิน 1 %	4

คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหาได้จาก ผลบวกของ คะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ในแต่ละกิจกรรมมารวมกัน เป็นผลบวกของความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน

ดังนั้นงานวิจัยนี้ การประเมินทักษะการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ นั้น นำเกณฑ์การให้คะแนน แบบรูปรีคของทอแรนซ์ (Torrance. 1969: 16) และแนวทางการประเมินทักษะและกระบวนการ ของกรมวิชาการ (2546: 137-139) นำมาปรับปรุงและมาใช้เป็นแนวทางการให้คะแนน เมื่อดำเนิน กิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยประเมินจากใบงาน และแบบทดสอบวัด ความสามารถทักษะความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เพราะมีความชัดเจนและเหมาะสม

2.6.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยต่างประเทศ

บาลกา (Balka. 1974: 633-636) ได้ศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์โดยการสำรวจเกณฑ์ที่จะนำมาสร้างแบบทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญ 3 กลุ่มได้แก่ครูผู้สอน นักวิชาการทางคณิตศาสตร์และนักคณิตศาสตร์ซึ่งคัดเลือกเกณฑ์ที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็น สอดคล้องกัน 80% ขึ้นไปมาสร้างเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยซึ่งมีทั้งหมด 6 ด้านแล้วนำไปทดสอบ กับนักเรียนเกรด 6 เกรด 7 และเกรด 8 จำนวน 500 คนจากนั้นนำมาตรวจให้คะแนนความคิด สร้างสรรค์ 3 องค์ประกอบคือความคิดคล่องความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มแล้วนำคะแนนมา วิเคราะห์ผลโดยการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มๆ โดยใช้คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์และคะแนนจากแบบวัดเชาว์ปัญญาของทางโรงเรียนเป็นเกณฑ์ผลจากการวิจัยพบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวประกอบด้วยความคิด 2 ลักษณะคือความคิดแบบเอกนัยและความคิดอเนกนัยและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์ดังกล่าวมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เชาว์ปัญญา และความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป

เฮย์ลล็อก (Haylock. 1987: 48-59) ได้ศึกษาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนอายุ 11-12 ปี จำนวน 280 คน เพื่อทำความเข้าใจและประเมินลักษณะความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการเอาชนะ การไม่ยืดหยุ่นของการคิด แบบวัดความสามารถในการคิดแบบอเนกนัย และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงมีคะแนนเฉลี่ย ของความสามารถในการเอาชนะความไม่ยืดหยุ่นของการคิดและความสามารถด้านการคิดอเนกนัย สูงกว่ากลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำ

งานวิจัยในประเทศ

กชกรรุ่งหัวไผ่ (2547: 117-118) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry Method) ดำเนินการทดลองสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

รุจิภากรจุฑาพนนท์ (2550: 51-55) ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดที่มีต่อความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเทศบาลวัดแหลมสุวรรณารามจังหวัดสมุทรสาครจำนวน 16 คน ซึ่งเป็นนักเรียนอาสาสมัครผลการศึกษาพบว่าหลังการทดลองนักเรียนมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็มเป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ระดับนัยสำคัญ .05

จากการศึกษาเกี่ยวกับเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จะเห็นได้ว่าความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่สามารถส่งเสริมและพัฒนาขึ้นโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับการเสริมสร้างกระบวนการคิดจนกระทั่งพัฒนาเป็นความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ดังนั้นครูควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมซึ่งอาจสามารถทำได้โดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมแสดงความคิดเห็นต่อเพื่อนในกลุ่มการแลกเปลี่ยนแนวคิดและการที่นักเรียนได้ค้นหาคำตอบด้วยตนเองเปรียบเทียบข้อบกพร่องของตนเอง กลุ่มตนเอง และเพื่อน โดยนักเรียนได้นำเสนอแนวคิดของตนรวมทั้งรับฟังแนวคิดของเพื่อนคนอื่น ๆ จนกระทั่งมีการอภิปรายเกี่ยวกับคำตอบเกิดขึ้นซึ่งจะทำให้นักเรียนได้รับการเสริมสร้างกระบวนการคิดและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างเต็มที่ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดซึ่งนักเรียนจะมีโอกาสในตอบ และการหาคำตอบได้หลากหลายตามความสามารถความรู้และความเข้าใจของนักเรียน

สรุปจากการศึกษาเกี่ยวกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในแต่ละทักษะ จะเห็นได้ว่าทุกทักษะล้วนมีความสำคัญและจำเป็นต่อนักเรียนเป็นอย่างมาก แต่ละทักษะจะมีความเกี่ยวเนื่องสอดคล้องกันเป็นอย่างมาก การแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกันมากในโจทย์ปัญหาข้อหนึ่ง ๆ นั้นต้องใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาไปพร้อมกับการให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล

เช่น การออกแบบลายกระเบื้องโดยใช้เรขาคณิต แบ่งออกเป็นสี่ส่วนเท่าๆ กัน นอกจากต้องใช้ทักษะเหตุผลทางคณิตศาสตร์แล้วยังใช้ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์อีกด้วย การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้หน่วยการเรียนรู้ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมที่หลากหลายที่ผ่านการออกแบบไว้ น่าจะเป็นเหตุให้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้นกว่าเดิมตามลำดับ



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

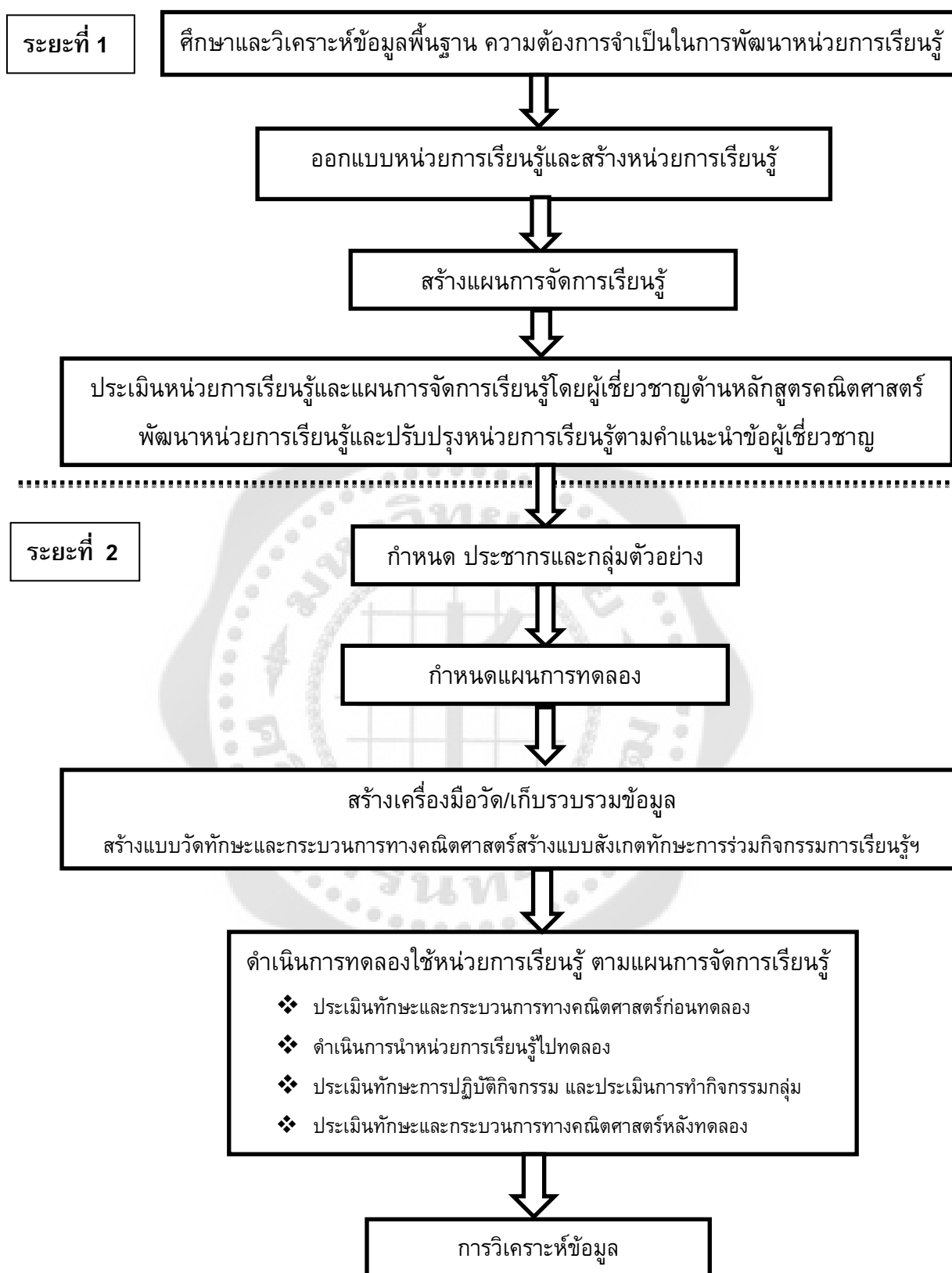
การวิจัยเรื่อง การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้

1. ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน ความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้
2. ออกแบบหน่วยการเรียนรู้ และการสร้างหน่วยการเรียนรู้
3. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้
4. ประเมินหน่วยการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรคณิตศาสตร์พัฒนาและปรับปรุงหน่วยการเรียนรู้

ระยะที่ 2 การทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้

1. กำหนด ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
 2. กำหนดแผนการทดลอง
 3. สร้างเครื่องมือในการวิจัย
 - 3.1 สร้างแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
 - 3.2 สร้างแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติกิจกรรมและแบบประเมินการทำกิจกรรม
 4. ดำเนินการทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้
 - 4.1 วัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ก่อนทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้
 - 4.2 ดำเนินการนำหน่วยการเรียนรู้ไปทดลองใช้ตามเนื้อหาและกิจกรรที่วางแผนไว้
 - 4.3 ประเมินทักษะการปฏิบัติกิจกรรม และประเมินการทำกิจกรรมกลุ่ม
 - 4.4 วัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์หลังใช้หน่วยการเรียนรู้
 5. การวิเคราะห์ข้อมูล
- ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ ตามแผนภาพการวิจัยดังนี้



ภาพประกอบ 3 แผนภาพแสดงขั้นตอนการวิจัย 2 ระยะ

ระยะที่ 1 การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้

การสร้างและการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ที่เน้นส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการดำเนินการตามขั้นตอน4ขั้นดังนี้

1. ขั้นศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน ความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้

1.1 ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับหลักสูตรและการพัฒนาหลักสูตรศึกษาเอกสารเกี่ยวกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ศึกษาเนื้อหาขอบข่ายที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรคณิตศาสตร์ โดยเน้นส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.2 ศึกษาผลการประเมินหลักสูตรคณิตศาสตร์ โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย ตั้งแต่ปีการศึกษา 2555-2558 รวมทั้งข้อเสนอแนะของผู้ปกครองและนักเรียน

1.3 ศึกษาความต้องการในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องได้แก่ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย ผู้บริหาร (หัวหน้างานวิชาการ ผู้ช่วยหัวหน้างานวิชาการ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์) ครูคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย จำนวน 14 ท่าน

ผู้วิจัยสร้างและปรับปรุงแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ จากแบบสอบถามของฝ่ายวิชาการ โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัยโดยสอบถามและสัมภาษณ์ความคิดเห็นเกี่ยวกับหน่วยการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ ที่เน้นส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์จำนวน 1 ฉบับ ซึ่งแบบสอบถามมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ และคำถามปลายเปิด

ขั้นตอนในการสร้างแบบสอบถามสำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับดังนี้

1.3.1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบสอบถามครอบคลุมเนื้อหาตามกรอบแนวคิดเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนรู้ ความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ในระดับมัธยมศึกษา

1.3.2 ศึกษาเอกสารแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหลักสูตร
สถานศึกษาหลักสูตรคณิตศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.3.3 สร้างแบบสอบถามความคิดเห็นแบ่งเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้

ตอนที่ 3 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเกี่ยวกับความต้องการในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.3.4 นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อ
พิจารณาความถูกต้องครบถ้วนตามขอบเขตที่กำหนดและตรวจสอบสำนวนภาษาที่ใช้ในแบบสอบถาม

1.3.5 ขอหนังสือจากสำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เชิญผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม

1.3.6 นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาแนะนำและนำเสนอ
ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity)

1.3.7 ปรับปรุงแบบสอบถามตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญแล้วเสนอให้อาจารย์
ที่ปรึกษาปริญญาโทพิจารณา

1.3.8 นำแบบสอบถามไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายคือคณะกรรมการบริหารหลักสูตร
คณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย จำนวน 14 ท่าน

1.3.9 การวิเคราะห์ผลความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้
วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน หาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบสอบถามใน
แต่ละข้อและวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์

เกณฑ์ค่าคะแนนเฉลี่ยการแปลความหมาย

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 มีความต้องการจำเป็น ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.49 มีความต้องการจำเป็น ระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 3.00 – 3.50 มีความต้องการจำเป็น ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.99 มีความต้องการจำเป็น ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 มีความต้องการจำเป็น ระดับน้อยที่สุด

2. ขั้นตอนออกแบบหน่วยการเรียนรู้ การสร้างหน่วยการเรียนรู้

2.1 นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จะพัฒนาหน่วยการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ ที่เน้นส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีแนวคิดที่ยึดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เป็นหลัก (Designs focused on process skills) แนวคิดนี้มุ่งวิธีการมากกว่าเนื้อหาวิชา เพราะถือว่าความรู้เป็นเพียงพาหนะที่นำไปสู่จุดประสงค์การเรียนรู้การสอนหลักสูตรตามแนวคิดนี้เรียกว่าหลักสูตรที่มุ่งกระบวนการ (The process approach curriculum) ตามแนวคิดของ โอลิวา (Oliva, 1992: 171-175) โดยการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ในครั้งนี้มีองค์ประกอบสำคัญ 12 ขั้นตอนเป็นหน่วยการเรียนรู้ฉบับร่างโดยมีองค์ประกอบ ได้แก่

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการจัดการศึกษา ปรัชญาและหลักจิตวิทยาการศึกษา ซึ่งเป้าหมายนี้เป็นความเชื่อที่ได้มาจากการต้องการของสังคมและผู้เรียน
2. วิเคราะห์ความต้องการจำเป็นของชุมชน ผู้เรียน และเนื้อหาวิชา
3. กำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตร/หน่วยการเรียนรู้
4. กำหนดวัตถุประสงค์ของหลักสูตร/หน่วยการเรียนรู้
5. จัดโครงสร้างของหน่วยการเรียนรู้และนำหน่วยการเรียนรู้ไปใช้
6. กำหนดจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้
7. กำหนดจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้
8. เลือกยุทธวิธีการจัดการเรียนการจัดการเรียนรู้
9. เลือกวิธีการประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียน
10. นำยุทธวิธีการจัดการเรียนการจัดการเรียนรู้ไปใช้
11. ประเมินผลการจัดการเรียนรู้ไปใช้
12. ประเมินผลหลักสูตร/หน่วยการเรียนรู้

2.2 นำผลการวิเคราะห์ความต้องการจำเป็นของผู้ที่เกี่ยวข้องนำมาสร้างเป็นหน่วยการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ ที่เน้นส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้โดยมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

2.2.1 ศึกษาหลักการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เนื้อหาหลักสูตรคณิตศาสตร์ และทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ และผลการวิเคราะห์ความสามารถเกี่ยวกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เพื่อนำมากำหนดเนื้อหาและกิจกรรมของหน่วยการเรียนรู้

2.2.2 กำหนดสาระการเรียนรู้ โดยนำทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง นำมากำหนดกิจกรรมในหน่วยการเรียนรู้ โดยนำมาวิเคราะห์กิจกรรมที่เสริมสร้างทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ นำมารวบรวมและเรียบเรียงลำดับกิจกรรมที่เกิดความสอดคล้องของทักษะที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรม แต่ละหัวข้อ พร้อมทั้งกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสม

2.2.3 กำหนดจุดประสงค์ในการเรียนรู้ในแต่ละกิจกรรม เพื่อให้แต่ละกิจกรรมสร้างให้ผู้เรียนเกิดทักษะตามที่ต้องการ

2.2.4 สร้างโครงสร้างการจัดการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ วิธีการจัดการเรียนการสอน/ การจัดกิจกรรม สื่อการสอน/แหล่งเรียนรู้ และการวัดผลประเมินผล ที่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และทักษะที่ต้องการพัฒนาได้หน่วยการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.2.5 นำหน่วยการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อพิจารณาความเหมาะสม ครบถ้วน และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

3. ขั้นสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยนำหน่วยการเรียนรู้ มาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 20 คาบ โดยมีขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

3.1 ออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องหน่วยการเรียนรู้ โดยดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” จำนวน 20 คาบ โดยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย โครงสร้างการจัดการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ วิธีการจัดการเรียนการสอน/ การจัดกิจกรรม สื่อการสอน/แหล่งเรียนรู้ และการวัดผลประเมินผล ที่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และทักษะที่ต้องการพัฒนา

3.2 นำหน่วยการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ตรวจสอบความถูกต้อง

3.3 นำหน่วยการเรียนรู้ โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ เสนอให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความเชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์จำนวน 3 ท่านตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาความถูกต้องภาษาที่ใช้และกิจกรรมการเรียนรู้

3.4 นำผลที่ได้จากการตรวจไปแก้ไขปรับปรุงหน่วยการเรียนรู้ โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ รวมทั้งปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้สำหรับนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ตาราง 8 ลำดับของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยย่อย 1 การแก้ปัญหาและยุทธวิธีการแก้ปัญหา	
คาบ 1-2	กระบวนการแก้ปัญหา และยุทธวิธีการแก้ปัญหา
คาบ 3-6	การแก้ปัญหาโดยการเขียนสมการและแก้สมการ การแก้ปัญหาโดยใช้การเดา-ตรวจสอบ-ปรับปรุง การแก้ปัญหาโดยการดำเนินการย้อนกลับ การแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลเชิงตรรกศาสตร์
คาบ 7-8	การแก้ปัญหาโดยใช้การเขียนแบบรูปbarmodel การแก้ปัญหาโดยใช้การแจกแจงรายการ การแก้ปัญหาโดยใช้กิจกรรมสนุกกับพีทาโกรัส
แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยย่อย 2คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด	
คาบ 9-10	สนุกคิดกับเกมพัฒนาทักษะการคิด
คาบ 11-14	คณิตคิดสร้างสรรค์
แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยย่อย 3สนุกกับคณิตในชีวิตประจำวัน	
คาบ 15-16	แนวคิดแสนสนุกกับโจทย์ข้อสอบTEDET ข้อสอบPISA
คาบ 17-18	กิจกรรม Tetrahedron activity และกิจกรรมออกแบบลายกระเบื้องहरษา
คาบ 19-20	กิจกรรมบูรณาการ STEM “Rethink before Eat & Drink”

4. ขั้นตอนโดยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรคณิตศาสตร์

4.1 ขอหนังสือจากสำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องของหน่วยการเรียนรู้ โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้

4.2 นำหน่วยการเรียนรู้ โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้ไปประเมินโดยนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คนประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาหลักสูตรคณิตศาสตร์ (หน่วยการเรียนรู้) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาของหน่วยการเรียนรู้คณิตศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผลคณิตศาสตร์เพื่อประเมินหน่วยการเรียนรู้ 2 ด้าน โดย

4.2.1 ประเมินความเหมาะสมของหน่วยการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้

ด้านความเหมาะสมของโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ 1) การจัดแบ่งเนื้อหาสาระของหน่วยการเรียนรู้ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 2) การกำหนดระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในแต่ละหน่วยย่อย เหมาะสมกับการสร้าง/พัฒนา ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ด้านความเหมาะสมและความสอดคล้อง ของ รายละเอียดของหน่วยการเรียนรู้

1) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ 2) ความเหมาะสมของสื่อการจัดการเรียนรู้ และแหล่งการเรียนรู้ 3) ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ 4) การกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการพัฒนา

4.2.2 ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบต่างๆ ในแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดของหน่วยเรียนรู้อยู่ 3 หน่วย ได้แก่ แผนการเรียนรู้ หน่วยย่อยที่ 1 การแก้ปัญหาและยุทธวิธีการแก้ปัญหา จำนวน 8 คาบ หน่วยย่อยที่ 2 คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิดจำนวน 6 คาบ และหน่วยย่อยที่ 3 สนุกกับคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน จำนวน 6 คาบ

4.3 ปรับปรุงหน่วยการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ

4.4 นำหน่วยการเรียนรู้ไป Try Out กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง และนำสิ่งที่ต้องปรับปรุงไปแก้ไขหน่วยการเรียนรู้ โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้และเวลาในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้หน่วยการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ขึ้น จึงได้หน่วยการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ชื่อหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” และนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มทดลองต่อไป

ระยะที่ 2 การทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้

ผู้วิจัย ดำเนินการวิจัยระยะที่ 2 โดยดำเนินการตามขั้นตอนดำเนินการวิจัย 5 ขั้นตอน เพื่อทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

1. ขั้นตอนการกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัยที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องจำนวน 32 คน ที่ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

2. ขั้นตอนกำหนดแผนการทดลอง

แบบแผนการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยใช้รูปแบบการทดลองแบบ One-Group Pretest-Posttest Design (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 248-249) ดังตาราง 9

ตาราง 9 แบบแผนการทดลอง

ทดสอบก่อน	การใช้หน่วยการเรียนรู้	ทดสอบหลัง
T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

X หมายถึง การจัดการกระทำโดยใช้หน่วยการเรียนรู้ และจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้

T_1 หมายถึง การสอบก่อนที่จะจัดการกระทำทดลอง

T_2 หมายถึง การสอบหลังที่จะจัดการกระทำทดลอง

3. ขั้นสร้างเครื่องมือวัดและเก็บรวบรวมข้อมูล

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่ได้ภายหลังจากใช้หน่วยการเรียนรู้และดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 5 ด้าน จึงใช้เครื่องมือวิจัยเพื่อวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

3.1 แบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยผู้วิจัยศึกษาแนวคิดการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์แล้วดำเนินการสร้างโดยเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย ชนิดแสดงวิธีคิด จำนวน 7 ข้อประกอบด้วยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

เกณฑ์การให้คะแนนใช้เกณฑ์คะแนนรูบริคซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำหลักการวัดและเกณฑ์ต่างๆ มาประยุกต์ใช้ให้มีความเหมาะสมกับลักษณะงานของผู้วิจัยซึ่งมีขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

3.1.1 ศึกษาหลักการและวิธีการในการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง

3.1.2 กำหนดโครงสร้างของแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

3.1.3 สร้างแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยสร้างแบบทดสอบชนิดอัตนัยจำนวน 16 ข้อ

3.1.4 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจให้คะแนนพร้อมพิจารณาคำตอบและเหตุผลที่นักเรียนแสดงออกมาว่ามีความสอดคล้องมากน้อยเพียงใดซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน (Rubric) เป็น 5,4,3,2,1

3.1.5 นำแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ พร้อมเกณฑ์การให้คะแนนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทพิจารณา และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบและพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ท่านโดยพิจารณาจากค่า $IOC \geq 0.5$ โดยคัดเลือกข้อที่มีผลการพิจารณา IOC มีค่าตั้งแต่ 0.67 – 1

3.1.6 นำแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่แก้ไขเรียบร้อยแล้ว นำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทตรวจสอบอีกครั้งหนึ่งแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

3.1.7 นำแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปทดสอบกับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัยที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง

3.1.8 นำคะแนนที่ได้จากการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบอัตนัยโดยวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบอัตนัยของวินัยและซาเบอร์ส (ลัวัน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 199-201)

3.1.9 เลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (P_E) ระหว่าง .20-.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไปพบว่าข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (P_E) ตั้งแต่ .21-.68 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ .25 -.67 จำนวน 7 ข้อที่ครอบคลุมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5 ด้าน

3.1.10 วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) จากสูตรของครอนบัค (Cronbach) ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.97 แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทก่อนนำไปใช้กับกลุ่มทดลอง

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma^2} \right]$$

(ลัวัน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 218)

เมื่อ α	แทนสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
σ_i^2	แทนความแปรปรวนของข้อสอบแต่ละข้อของแบบทดสอบ
σ^2	แทนความแปรปรวนของข้อสอบทั้งฉบับของแบบทดสอบ
k	แทนจำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

3.2 แบบสังเกตการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบประเมินการวัดผลด้านพฤติกรรม

3.2.1 แบบสังเกตการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้

การร่วมกิจกรรมการเรียนรู้เป็นสิ่งที่ส่วนหนึ่งที่มาจากการปฏิบัติจริง การวัดผลและประเมินผลจึงต้องทำให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ การใช้การประเมินสภาพจริงสามารถสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพที่แท้จริงของผู้เรียนได้อย่างครอบคลุม ทั้งด้านความรู้ ความคิด ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555: 96-97) ผู้วิจัยจึงใช้การประเมินสภาพจริง เพื่อศึกษาการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยปรับปรุงจากแบบประเมินผลการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพราะมีกรอบการประเมิน รายการประเมินและเกณฑ์การประเมินครอบคลุมทุกขั้นตอนของการทำกิจกรรม

3.2.2 แบบประเมินผลด้านพฤติกรรมของผู้เรียน

พฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกระหว่างการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ การทำกิจกรรม และการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นสิ่งที่สื่อถึงความคิด ความสามารถและคุณลักษณะของผู้เรียน โดยพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีหลากหลาย เช่น ความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหาสื่อถึงความสนใจใฝ่รู้ การให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่มสื่อถึงความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555: 195-199) ผู้วิจัยจึงใช้การประเมินผลด้านพฤติกรรม เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมของนักเรียนขณะเรียนรู้คณิตศาสตร์ของ โดยปรับปรุงจากแบบประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อศึกษาพฤติกรรมซึ่งเป็นอีกส่วนหนึ่งที่สามารถใช้ประเมินระดับความคิด ความสามารถ และคุณลักษณะของผู้เรียนได้

โดยแบบสังเกตการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้และแบบประเมินผลด้านพฤติกรรม
ของผู้เรียนเป็นแบบประเมินที่มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด การให้คะแนนเป็นระดับคุณภาพ
4,3,2,1

4. ขั้นตอนการทดลอง

4.1 ทดสอบก่อนการใช้หน่วยการเรียนรู้ เพื่อวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน
7 ข้อ

4.2 ดำเนินการทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้ 3 หน่วยย่อย จำนวน 20 คาบ ซึ่งมี โดย
ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ครั้งละ 2 คาบ จำนวน 10 สัปดาห์ โดยผู้วิจัย
ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง สังเกตการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้สังเกตพฤติกรรมและประเมิน
ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ทักษะการเชื่อมโยงทาง
คณิตศาสตร์ ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดย
ดำเนินการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนที่วางไว้ตามลำดับ จากหน่วยย่อยที่ 1-3
ตามลำดับ โดยขณะดำเนินการสอนจะให้การสังเกตการทำกิจกรรม โดยใช้แบบสังเกตการร่วม
กิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับแบบประเมินผลด้านพฤติกรรมของนักเรียน แล้วบันทึกเกี่ยวกับทักษะที่
นักเรียนได้ โดยประเมินทุกครั้งเมื่อจบแต่ละหน่วยย่อย โดยมีแบบแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อทดลอง
กำหนดไว้จำนวน 20 คาบ

4.3 การทดสอบหลังการใช้หน่วยการเรียนรู้ เพื่อวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ฉบับคู่ขนาน จำนวน 7 ข้อ
โดยผู้วิจัยเป็นผู้เก็บรวบรวมด้วยตนเอง

4.4 นำแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังมาตรวจ
ให้คะแนน

5. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การเปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังเรียน
โดยนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังเรียน
ด้วยหน่วยการเรียนรู้ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ นำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติ
ทดสอบ t- test for Dependent Samples ในการทดสอบสมมติฐานข้อ 1

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} ; df=n-1$$

(ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2540: 248)

เมื่อ $\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างเป็นรายคู่ระหว่างคะแนนทดสอบ
ก่อนและหลังใช้หน่วยการเรียนรู้
 $\sum D^2$ แทน ผลรวมกำลังสองของความแตกต่างเป็นรายคู่ระหว่างคะแนน
ทดสอบก่อนและหลังใช้หน่วยการเรียนรู้
 n แทน จำนวนนักเรียน

5.2 การเปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์
โดยนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์หลังเรียนด้วยหน่วย
การเรียนรู้ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ นำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ 70%
โดยใช้สถิติทดสอบ t- test for One Sample ในการทดสอบสมมติฐานข้อ 2

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} ; df= n-1$$

(ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2540: 240)

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน
 s แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 μ_0 แทน ค่าเฉลี่ยของเกณฑ์คะแนนที่ตั้งไว้ร้อยละ 70
 n แทน จำนวนนักเรียน

5.3 ศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เรียนจากแบบสังเกตการร่วมกิจกรรมการ
เรียนรู้ร่วมและแบบประเมินผลด้านพฤติกรรมผู้เรียน โดยการวิเคราะห์เนื้อหาจากข้อมูล บันทึกไว้
ในส่วนข้อเสนอแนะและปัญหาที่เกิดขึ้น

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัย เรื่อง การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย” ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้

ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง และการแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เกิดความเข้าใจและการสื่อสารที่ตรงกัน ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ต่างๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
t	แทน	ค่าสถิติทดสอบที
$\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
μ_0	แทน	ค่าคะแนนเกณฑ์ 70 % ของคะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
s	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้

1.1 ผลการวิเคราะห์ความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้

ผลจากการวิเคราะห์แบบสอบถามความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ จากคณะกรรมการบริหารหลักสูตรคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย ปรากฏเนื่องจากผลจะอยู่ในตาราง 10 และข้อความบรรยาย ดังนี้

ตาราง 10 ผลการสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่เน้นส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

รายการประเมิน	$\bar{x}$	s	แปลผล
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1. ควรพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่เน้นส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์	4.36	0.48	มาก
2. ควรจัดหน่วยการเรียนรู้ที่มีความหลากหลายเหมาะสมกับผู้เรียน โดยเน้นการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning	4.14	0.64	มาก
3. หน่วยการเรียนรู้ควรส่งเสริมสรณะและทักษะในศตวรรษที่ 21	4.57	0.49	มากที่สุด
4. หน่วยการเรียนรู้ควรมีกิจกรรมกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และปฏิบัติอย่างมีขั้นตอนหรือกระบวนการ	4.29	0.45	มาก
5. หน่วยการเรียนรู้ควรกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยการค้นพบ การแสวงหาความรู้ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	4.57	0.49	มากที่สุด
6. หน่วยการเรียนรู้ควรส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ มีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการทำงานเป็นกลุ่ม	4.36	0.48	มาก
ด้านสื่อ/นวัตกรรม/แหล่งการเรียนรู้			
7. หน่วยการเรียนรู้ควรมีสื่อที่สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์	4.43	0.49	มาก
8. ควรมีสื่อที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เข้าใจ สื่อความหมายได้ชัดเจน และเป็นรูปธรรม	3.50	0.50	มาก
9. สื่อการเรียนที่จะประกอบหน่วยการเรียนรู้ควรช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างเป็นกระบวนการได้ง่ายและรวดเร็ว	3.36	0.48	ปานกลาง
ด้านการวัดผลและประเมินผล			
10. ควรมีเครื่องมือในการประเมินผลงาน ภาระงาน/ชิ้นงาน ที่สะท้อนทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์	4.50	0.50	มากที่สุด
11. ใช้เกณฑ์การประเมินด้วย Rubric ในการประเมินผลงาน	3.86	0.52	มาก

ตาราง 10 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	s	แปลผล
ภาระงาน / ชิ้นงาน			
12. ควรมีการวัดผลและประเมินผลอย่างหลากหลาย เช่น การประเมินสภาพจริง การประเมินการปฏิบัติงาน การประเมินกระบวนการกลุ่ม เป็นต้น	4.36	0.48	มาก

จากตาราง 10 ลักษณะของหน่วยการเรียนรู้ที่กลุ่มเป้าหมายมีความคิดเห็นว่าการจำเป็นต้องพัฒนาสรุปได้ดังนี้

ระดับมากที่สุด จำนวน 3 ข้อ ได้แก่ ด้านการจัดการเรียนรู้ นั้นควรส่งเสริมสมรรถนะและทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยควรพัฒนาหน่วยการเรียนรู้กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการ การค้นพบ การเสาะแสวงหาความรู้ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ส่วนด้านการวัดผลและประเมินผล ควรมีเครื่องมือในการประเมินผลงาน ภาระงาน/ชิ้นงาน ที่สะท้อนทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ระดับมาก จำนวน 8 ข้อ ได้แก่ ด้านการจัดการเรียนรู้ ควรมีการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่เน้นส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยจัดหน่วยการเรียนรู้ที่มีความหลากหลายเหมาะสมกับผู้เรียนด้วยเน้นการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning ซึ่งมีกิจกรรมกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และปฏิบัติอย่างมีขั้นตอนหรือกระบวนการ ด้านสื่อ/นวัตกรรม/แหล่งการเรียนรู้ สื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สื่อที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เข้าใจ สื่อความหมายได้ชัดเจน และเป็นรูปธรรม และ ด้านการวัดผลและประเมินผล ควรมีการวัดผลและประเมินผลอย่างหลากหลาย เช่น การประเมินสภาพจริง การประเมินการปฏิบัติงาน การประเมินกระบวนการกลุ่ม ใช้เกณฑ์ Rubric ในการประเมินผลงาน ภาระงาน / ชิ้นงาน ส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ มีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการทำงานเป็นกลุ่ม

ระดับปานกลาง จำนวน 1 ข้อ ได้แก่ ด้านสื่อ/นวัตกรรม/แหล่งการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ประกอบหน่วยการเรียนรู้ควรช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างเป็นกระบวนการได้ง่ายและรวดเร็ว มีความต้องการจำเป็นอยู่ในระดับปานกลาง

ผลจากแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเกี่ยวกับความต้องการในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ปรากฏว่า

1. ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกคนมีความคิดเห็นตรงกันว่าควรพัฒนาหน่วยการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพราะว่า หลักสูตรคณิตศาสตร์กลุ่มรายวิชาพื้นฐานมักใช้วิธีการสอดแทรกทักษะเข้าไปในการจัดการเรียนรู้ท้ายบทเรียน โดยแทรกเข้าไปในส่วนโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เท่านั้น ซึ่งมีปริมาณการสอดแทรกค่อนข้างน้อย และหากว่ามีกิจกรรมเข้ามาเบียดบังเวลาการสอนก็ต้องปรับเป็นเฉลยหน้าชั้นเรียนแทนบ้าง ซึ่งไม่ได้พัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างเต็มที่ ตลอดจนเนื้อหาในบางหน่วยการเรียนรู้เน้นทักษะการคำนวณทางคณิตศาสตร์มากกว่า และใช้เวลาค่อนข้างมาก ส่วนกลุ่มรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ครูผู้สอนส่วนใหญ่มักสอนได้ไม่ทันเวลา เพราะเนื้อหาค่อนข้างมากและใช้เวลาในการพัฒนาหรือฝึกทักษะมากเนื่องจากเนื้อหาค่อนข้างยาก เช่น การแยกตัวประกอบ การพิสูจน์เรขาคณิต เป็นต้น

2. ทิศทางในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ตามความคิดเห็นของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรคณิตศาสตร์ นั้น มีความคิดเห็น ว่า ควรจัดหน่วยการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ให้เข้มข้น เช่น ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจกระบวนการแก้ปัญหา และยังเลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหาไม่เป็น มักใช้วิธีคาดเดาอย่างไม่เป็นกระบวนการ โดยไม่สามารถระบุเหตุผล ที่มา หรือสร้างข้อความคาดการณ์ได้ ไม่สามารถเชื่อมโยงเข้ากับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ ไม่สามารถคิดสร้างสรรค์วิธีการ หรือสร้างแนวความคิดใหม่ๆ ขึ้นมาไม่ได้ ตลอดจนไม่สามารถสื่อสารสิ่งที่ตนเองคิด อธิบายให้เพื่อนฟัง หรือไม่สามารถใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ สมการ อสมการ กราฟ สื่อสารหรือนำเสนอปรากฏการณ์ได้ ดังนั้น หน่วยการเรียนรู้ควรต้องพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ให้ครบถ้วนทุกด้าน

3. เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ผ่านกิจกรรมหรือหน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการดังกล่าวแล้ว น่าจะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น นักเรียนควรมีทักษะที่ดีในการแก้ปัญหา สามารถเลือกใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น ให้เหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล รู้จักที่จะเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ สามารถสื่อสารได้ดีขึ้น รวมทั้งมีทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ดีขึ้นมากกว่าเดิม

4. ข้อเสนอแนะโดยส่วนใหญ่เห็นว่า หน่วยการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น ควรเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาของโพลยา มาเป็นฐานในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับการแก้ปัญหา กิจกรรมการเรียนรู้ควรมีลักษณะโดดเด่นด้านการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น แบบ Active Learning ใช้กระบวนการกลุ่มเพื่อระดมสมองช่วยกันคิด โดยอาจใช้การหมุนเวียน สับเปลี่ยนกลุ่ม เพื่อให้ทุกคนได้คิด ได้ลงมือปฏิบัติอย่างเท่าเทียม ไม่เป็นภาระของนักเรียนคนไหนคนเดียว และอาจเสริมเกี่ยวกับกิจกรรม STEM สอดแทรกให้เกิดการบูรณาการเชื่อมโยงหลายสาระวิชาเข้าด้วยกัน และควรให้หน่วยการเรียนรู้นี้เป็นหน่วยที่สนุก ไม่เครียดจนเกินไป ส่วนการประเมินผลควรประเมินผลอย่างหลากหลาย ทั้งการร่วมทำกิจกรรมในห้องเรียน ประเมินการทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน ให้มากกว่าสอบด้วยแบบทดสอบ

1.2 หน่วยการเรียนรู้

1.2.1 ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มีข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะด้านต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) ความเหมาะสมของโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้
- 2) ความเหมาะสมและความสอดคล้อง ของรายละเอียดของหน่วยการเรียนรู้
- 3) ความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบต่างๆในแผนการจัดการเรียนรู้

ตาราง 11 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้

ประเด็นการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
1. การจัดแบ่งเนื้อหาสาระของหน่วยการเรียนรู้ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์	ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าการจัดแบ่งเนื้อหาสาระของหน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสมของโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ ที่ได้ออกแบบไว้ และมีส่วนที่ควรปรับปรุง ดังนี้ 1. แบ่งเนื้อหาสาระของหน่วยเป็นส่วนๆ ได้เหมาะสม แต่ควรปรับปรุงเกี่ยวกับกิจกรรม เช่น กิจกรรมออกแบบลายกระเบื้องความโดดเด่นด้านความคิดสร้างสรรค์ มากกว่าทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ควรจัดกลุ่มให้อยู่ในหน่วยย่อยที่ 2 จะสะท้อนทักษะการคิดสร้างสรรค์ได้เหมาะสมกว่า 2. หน่วยการเรียนรู้มีส่วนที่ต้องควรปรับปรุง ได้แก่ กิจกรรมการเรียนรู้ มีปริมาณมากไปบ้าง ในหน่วยการเรียนรู้ปรากฏการแก้ปัญหาและยุทธวิธีการแก้ปัญหาหลายวิธีและหลายแนวทาง
2. การกำหนดระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในแต่ละหน่วยย่อย เหมาะสมกับ	ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าการกำหนดระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในแต่ละหน่วยย่อยเหมาะสมกับการสร้างและพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยมีข้อเสนอแนะดังนี้

ตาราง 11 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
การสร้าง/พัฒนา ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์	1. สัดส่วนของเวลาเหมาะสมกับการสร้างและพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
	2. บางทักษะอาจต้องใช้เวลาค่อนข้างมาก เช่น ทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ตาราง 12 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเหมาะสมและความสอดคล้อง ของรายละเอียดของหน่วยการเรียนรู้

ประเด็นการพิจารณา	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
1. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้	ผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้ 1. ควรคัดเลือกเฉพาะยุทธวิธีที่เด่นๆ ที่สามารถพัฒนาทักษะและกระบวนการของนักเรียนได้ทั่วทุกคน ทั้งเด็กที่เก่ง ปานกลางและอ่อน นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้อย่างคงทน และใช้ได้บ่อยครั้งกับปัญหาหลายๆแบบ เช่น ยุทธวิธีสร้างตาราง ยุทธวิธีเขียนภาพ ยุทธวิธีการดำเนินการย้อนกลับ ยุทธวิธีการแก้สมการ 2. ยุทธวิธีอื่นๆ อาจเหมาะกับนักเรียนเก่ง ควรเสริมหรือสอดแทรกหากมีเวลาเหลือ หรือใช้ตอนครูผู้สอนเฉลยเพิ่มเติม
2. ความเหมาะสมของสื่อการจัดการเรียนรู้ และแหล่งการเรียนรู้	1. ควรใช้สื่อจัดการเรียนรู้อย่างหลากหลายให้มากขึ้น ควรใช้อุปกรณ์จริงที่ทุกคนมีโอกาสได้จับ สัมผัส หรือมีส่วนร่วมในการใช้อุปกรณ์ให้ครบถ้วนทุกคน 2. อาจให้นักเรียนเตรียมอุปกรณ์ง่าย ๆ ล่วงหน้ามาจากบ้าน
3. ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้	เวลาที่ใช้มีความเหมาะสม
4. การกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ	1. กระบวนการในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ควรเลือกใช้กระบวนการที่เหมาะสมในการพัฒนาทักษะและกระบวนการ

ตาราง 12 (ต่อ)

ประเด็นการพิจารณา	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
ทักษะและกระบวนการทาง คณิตศาสตร์ที่ต้องการพัฒนา	กระบวนการ โดย กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น Active Learning โดยเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติให้มากขึ้น 2. ควรเลือกใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะแสวงหาความรู้ 5Es การเรียนรู้โดยการค้นพบ (Discovery) การเรียนรู้โดยการทดลอง และใช้กระบวนการกลุ่ม การระดมสมอง จะสามารถพัฒนาทักษะ ได้หลายทักษะในเวลาเดียวกัน

ตาราง 13 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบ
ต่างๆ ในแผนการจัดการเรียนรู้

ประเด็นการพิจารณา	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
แผน 1 การแก้ปัญหาและ ยุทธวิธีการแก้ปัญหา	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับ องค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ มีส่วนที่ควรปรับปรุงดังนี้ 1. ควรปรับปรุงเกี่ยวกับการเลือกใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาแต่ละ ตัวอย่าง ซึ่งอาจเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีโอกาสแสดงวิธีคิดของ ตนเองหรือกลุ่มของตนเองหน้าชั้นเรียน ก่อนที่จะเฉลยตาม แนวทางที่ครูเฉลย 2. ควรปรับใบงานให้มีจำนวนข้อลดลงไม่ให้มีจำนวนข้อมาก เกินไป นักเรียนอาจท้อแท้ในการทำโจทย์ 3. ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนอธิบายเหตุผลของวิธีคิดของตนเอง อย่างสม่ำเสมอทุกครั้ง 4. ปรับลักษณะของโจทย์ให้มีการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ปัจจุบัน ดาราเกาหลี หรือการ์ตูน ที่เด็กๆ สนใจจะทำให้โจทย์น่าสนใจมาก ขึ้นกว่าเดิม 5. ควรเพิ่มสีสันให้กับสื่อ หรือรูปแบบของสื่อ จะช่วยสร้างความ สนใจได้มากขึ้น

ตาราง 13 (ต่อ)

ประเด็นการพิจารณา	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
แผน 2 คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับองค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ มีส่วนที่ควรปรับปรุงดังนี้ 1. ลักษณะของโจทย์มีความยากพอสมควร ควรปรับให้สนุกสนานโดยใช้เกมเข้าสอดแทรกจะทำให้สนุกสนานมากขึ้น 2. ควรให้เวลาคิดกับนักเรียน ให้มากขึ้น เพราะโจทย์บางข้อสามารถคิดได้หลากหลายวิธี เช่น สนุกกับตัวเลข การเติมเครื่องหมายสามารถทำได้หลายแบบ ควรมีเฉลยให้นักเรียนได้ด้วย 3. ลดปริมาณของเกมที่ใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ลง มีมากเกินไปอาจทำให้กระทบกับเวลาในการเรียนรู้ และเพื่อให้เกิดสมดุลในการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
แผน 3 สนุกกับคณิตในชีวิตประจำวัน	แผนการเรียนรู้เน้นทักษะการเชื่อมโยงได้ดี มีความสอดคล้องกับทักษะที่ต้องการพัฒนา ควรปรับปรุงเพิ่มเติม ดังนี้ 1. ควรเลือกข้อสอบ TEDET ที่มีความยากง่ายพอเหมาะ ลักษณะโจทย์สามารถแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 วิธี และเป็นข้อที่เร้าให้นักเรียนคิด ถกเถียง อภิปราย และควรเป็นโจทย์ที่ออกบ่อยๆ รวมทั้งต้องใช้เวลาในการคิดให้มาก 2. ควรปรับภาพของแบบรูปที่เลือกมานั้นให้มีสีสันดึงดูด น่าสนใจให้มากกว่านี้ 3. กิจกรรมเกี่ยวกับ STEM ควรเพิ่มเติมการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้ชัดเจน การบูรณาการจะเชื่อมโยงได้ชัดเจน

ผลการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จากผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิด้านคณิตศาสตร์ โดยการวิเคราะห์เนื้อหา พบว่า มีความเหมาะสมและความสอดคล้องของโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ มีความเหมาะสมและความสอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ใช้ และแหล่งการเรียนรู้ มีความเหมาะสมและความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบต่างๆ ในแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดของหน่วยการเรียนรู้ และสามารถใช้พัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

ผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญไปปรับปรุงหน่วยการเรียนรู้ ได้ผลการปรับปรุงแก้ไข
หน่วยการเรียนรู้ แสดงดังตาราง 14

ตาราง 14 หน่วยการเรียนรู้ก่อนและหลังการปรับปรุงจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

หน่วย ย่อย	ก่อนประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ	หลังประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ
1	ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 1.1 การแก้ปัญหของโพลยา 1.2 ยุทธวิธีการแก้ปัญหการแก้ปัญห เช่น ยุทธวิธีแก้ปัญหโดยการเขียนและแก้ สมการการแก้ปัญหโดยใช้การเดา- ตรวจสอบ-ปรับปรุง การแก้ปัญหโดยการ ดำเนินการย้อนกลับการแก้ปัญหโดยใช้ เหตุผลเชิงตรรกศาสตร์	การแก้ปัญหา และยุทธวิธีในการแก้ปัญหา 1.1 กระบวนการแก้ปัญหของโพลยา 1.2 ยุทธวิธีการแก้ปัญหการแก้ปัญห - ยุทธวิธีการสร้างตาราง - ยุทธวิธีการเขียนแผนภาพ - ยุทธวิธีการดำเนินการย้อนกลับ - ยุทธวิธีแก้สมการ และยุทธวิธีอื่นๆ
2	คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด 2.1 พัฒนาการคิดด้วยเกม - เกมคณิตศาสตร์ เกม Board Game - Hide & Seek Game - Beads Puzzle - Deviously Difficult Mind-Bending Puzzle 2.2 คณิตคิดสร้างสรรค์ - Tetrahedron Activity - Pattern Block หารรษา	คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด 2.1 พัฒนาการคิดด้วยเกมคณิตศาสตร์ - ปริศนาคณิตศาสตร์: สนุกกับตัวเลข - เกม Board Game - สนุกกับ Logical Game 2.2 คณิตคิดสร้างสรรค์ - Tetrahedron activity - ลายกระเบื้องหารรษา - Mind-Bending Puzzle
3	สนุกกับคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน - สนุกกับคณิตศาสตร์ PISA และ TEDET - สถานการณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ - กิจกรรมออกแบบลายกระเบื้องหารรษา - การเรียนรู้ด้วย STEM : Rethink before eat & drink	สนุกกับคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน 3.1 สนุกกับคณิตศาสตร์ ข้อสอบ TEDET ข้อสอบสมาคมคณิตศาสตร์ 3.2 PISA : สถานการณ์การเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์ 3.3 สนุกกับกิจกรรมแบบรูปหารรษา 3.4 กิจกรรม STEM: Rethink before eat and drink
รวม		20 คาบ

ภายหลังการปรับปรุงหน่วยการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงการออกแบบรายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญแล้วนำไป try out กับกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง ปรากฏว่า

1) นักเรียนต้องปรับการเรียนรู้ของตนเองมากขึ้น เพราะต้องเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาทีละขั้น ซึ่งนักเรียนอาจไม่คุ้นเคย แต่เมื่อนักเรียนทำใบงานเพิ่มเติมจึงเกิดความคล่องแคล่วมากขึ้น จึงทำให้เสียเวลาค่อนข้างมาก

2) เมื่อนักเรียนต้องอธิบายหรือระบุเหตุผลเกี่ยวกับปัญหา นักเรียนมักละเลย หรือนักเรียนบางคนมักอ้างว่าใช้วิธีคาดเดา ครูต้องพยายามกระตุ้นให้นักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์และระบุเหตุผลที่สมเหตุสมผล

3) เวลาในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำได้ทันเวลาตามกำหนด แต่มีนักเรียนที่เก่งๆ ต้องการโจทย์ที่ท้าทายเพิ่มขึ้น รวมทั้งนักเรียนที่เรียนอ่อนบางคนอาจตามยังไม่ค่อยทัน ต้องให้เพื่อนช่วย

4) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ นักเรียนกระตือรือร้นสนใจในกิจกรรมดี นักเรียนระดมสมองช่วยกันคิดช่วยกันทำได้ดี

จากการนำหน่วยการเรียนรู้ไป Try out เพื่อปรับปรุง แก้ไข หน่วยการเรียนรู้ โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ กระบวนการจัดกิจกรรม สื่อการเรียนรู้ และเวลาในการจัดการเรียนรู้ จึงได้หน่วยการเรียนรู้ที่จะนำไปใช้กับกลุ่มทดลองต่อไป ซึ่งผลจากระยะที่ 1 จึงได้ หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” 3 หน่วยย่อย จำนวน 20 คาบ ดังตาราง 15

ตาราง 15 หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์”

ลำดับ	หน่วยย่อย	ทักษะที่ต้องการพัฒนา
1	การแก้ปัญหา และยุทธวิธีในการแก้ปัญหา (8 คาบ) 1.1 กระบวนการแก้ปัญหของโพลยา 1.2 ยุทธวิธีการแก้ปัญหการแก้ปัญหา - ยุทธวิธีการสร้างตาราง - ยุทธวิธีการเขียนแผนภาพ - ยุทธวิธีการการดำเนินการย้อนกลับ - ยุทธวิธีแก้สมการ และยุทธวิธีอื่นๆ	1. ทักษะการแก้ปัญหา 2. ทักษะการให้เหตุผล 3. ทักษะการเชื่อมโยง 4. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
2	คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด (6 คาบ) 2.1 พัฒนาการคิดด้วยเกมคณิตศาสตร์ - ปริศนาคณิตศาสตร์ สนุกกับตัวเลข - เกม Board Game สนุกกับ Logical Game 2.2 คณิตคิดสร้างสรรค์ - Tetrahedron activity - ลายกระเบื้องहरษา - Mind-Bending Puzzle	1. ทักษะการแก้ปัญหา 2. ทักษะการให้เหตุผล 3. ทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 4. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
3	สนุกกับคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน (6 คาบ) 3.1 สนุกกับคณิตศาสตร์ ข้อสอบ TEDET ข้อสอบสมาคมคณิตศาสตร์ 3.2 PISA : สถานการณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 3.3 สนุกกับกิจกรรมแบบรูปหารษา 3.4 กิจกรรม STEM: Rethink before eat and drink	1. ทักษะการให้เหตุผล 2. ทักษะการเชื่อมโยง 3. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ 4. ทักษะการแก้ปัญหา
รวม		20 คาบ

ภายหลังการปรับปรุงหน่วยการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงการออกแบบรายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ในการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ปรากฏอยู่ในภาคผนวก ง หน้า 200

ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองตามแบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest-Posttest Design ข้อมูลที่ได้จากการทดลองสามารถแสดงค่าสถิติ โดยจำแนกตามตัวแปรที่ศึกษา ได้ดังนี้

2.1 ผลการเปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังตาราง

ตาราง 16 การเปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ (คะแนนเต็ม 105 คะแนน)

การทดสอบ	n	$\bar{x}$	s	t
ก่อนใช้หน่วยการเรียนรู้	32	49.16	8.25	24.06*
หลังใช้หน่วยการเรียนรู้	32	75.41	3.91	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t_{(.05,31)} = 1.69$)

จากตาราง 16 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ พบว่า ก่อนใช้หน่วยการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเลขคณิต 49.16 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.25 คะแนน ภายหลังใช้หน่วยการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเลขคณิต 75.41 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.91 คะแนน โดยคะแนนหลังใช้หน่วยการเรียนรู้มีคะแนนสูงกว่าก่อนใช้หน่วยการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ผลการเปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังใช้หน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ดังตาราง

ตาราง 17 การเปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังใช้หน่วยการเรียนรู้ เทียบกับเกณฑ์ ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 105 คะแนน และ μ_0 (70%) 73.50 คะแนน)

การทดสอบ	n	$\bar{x}$	s	t
หลังใช้หน่วยการเรียนรู้	32	75.41	3.91	2.76*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t_{(.05,31)} = 1.69$)

จากตาราง 17 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังใช้หน่วยการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเลขคณิต 75.41 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.91 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 71.82 โดยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3 ผลการสังเกตการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้และผลด้านพฤติกรรมของผู้เรียนรายหน่วย หน่วยย่อยที่ 1 การแก้ปัญหา และยุทธวิธีในการแก้ปัญหา

นักเรียนร่วมกิจกรรมด้วยความสนใจ โดยแต่ละกลุ่มสามารถสร้างข้อความคาดการณ์ได้ แต่ยังไม่ค่อยสอดคล้องกับปัญหาเท่าใดนัก ในคาบเรียนต้นๆ แต่ภายหลังได้ฝึกเขียน วิพากษ์เกี่ยวกับการสร้างข้อความคาดการณ์ที่เหมาะสมและถูกต้องมากขึ้น จึงสามารถสร้างข้อความคาดการณ์ได้สอดคล้องกับปัญหาได้ดีกว่าเดิม สามารถลงข้อสรุปได้เกือบทุกกลุ่ม ส่วนการวางแผนการทำงานของนักเรียนนั้นยังไม่เป็นระบบเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงต้องปรับแก้ไข แนะนำให้ทำงานได้ตรงกับแผนการที่วางไว้ให้มากขึ้น นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในการทำงานได้ดี มีความเชื่อมั่นในตนเอง กล้าตอบ และกล้าแสดงออก แต่ยังขาดความรอบคอบในการทำงานและการดำเนินการแก้ปัญหาอยู่บ้าง หน่วยย่อยที่ 1 สามารถส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้ชัดเจนขึ้น แต่ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์นั้นยังไม่เด่นชัดเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงได้นำผลการสังเกตนี้ไปใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในหน่วยย่อยที่ 2 ต่อไป

หน่วยย่อยที่ 2 คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด

ผู้วิจัยปรับปรุงการจัดการเรียนรู้โดยทบทวนและยกตัวอย่างการเขียนข้อความคาดการณ์ที่ถูกต้องก่อนให้ทำใบงาน ใบกิจกรรม จึงทำให้แต่ละกลุ่มสามารถเขียนข้อความคาดการณ์ได้ชัดเจนมากขึ้น สามารถตรวจสอบข้อบกพร่องของขั้นตอนการแก้ปัญหาของตนเองได้ดีกว่าเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมสนุกกับตัวเลข นักเรียนกระตือรือร้นสนใจ และสร้างสรรค์แนวคิดของคำตอบในรูปแบบที่แตกต่างจากผู้อื่นได้ดี ส่วนทำงานนั้นสามารถทำงานได้อย่างมีระบบมากขึ้นกว่าเดิม แบ่งงานกันทำงานอย่างชัดเจน ช่วยกันคิด ร่วมกันหาคำตอบด้วยความละเอียดรอบคอบ มีการแข่งขันการเล่นเก๋มด้วยความสนุกสนาน เกิดทักษะการคิดสร้างสรรค์ได้ดียิ่งขึ้นมาก เมื่อทำกิจกรรมออกแบบลายกระเบื้องพระราชก็สร้างสรรค์วิธีได้แปลกใหม่ หรือการสร้างวิธีการดำเนินการทางพีชคณิตเพื่อให้ได้ตัวเลขคำตอบที่กำหนดไว้ก่อน นักเรียนสามารถสร้างวิธีการใหม่ได้หลากหลายแนวคิด สามารถเชื่อมโยงนำสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น แฟคทอเรียล กรณท์ มาใช้ประกอบได้อย่างสร้างสรรค์ รวมทั้งการสร้างภาพจากเรขาคณิต ตามเงื่อนไขที่กำหนดได้ ส่วนกิจกรรมที่สร้างรูปทรงเรขาคณิต Tetrahedron activity : Geometry Structure นั้น นักเรียนร่วมแรงร่วมใจในการทำกิจกรรมอย่างเป็นระบบ สนุกสนาน สามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้ดี สะท้อนการคิดจากผลงานได้อย่างสมเหตุสมผล

จากการจัดการเรียนรู้หน่วยย่อยที่ 2 แสดงให้เห็นถึงทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้งด้านทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดสร้างสรรค์ และยังเกิดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาได้อีกด้วย ทั้งที่ไม่ใช้ทักษะเป้าหมายที่ต้องการพัฒนา

หน่วยย่อยที่ 3 สนุกกับคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

สำหรับหน่วยย่อย สนุกกับการคณิตในชีวิตประจำวัน นักเรียนเกิดความสนใจใฝ่รู้เพื่อเพิ่มพูนความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้ค่อนข้างชัดเจน เพราะผู้วิจัยมอบหมายให้แต่ละกลุ่ม ทำกิจกรรมการสำรวจข้อสอบ PISA ล่วงหน้าก่อนเริ่มเรียน แล้วแต่ละกลุ่มมาร่วมกันวิพากษ์ข้อที่กลุ่มของตนสนใจ แล้วนำเสนอให้เพื่อนต่างกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์ ซึ่งนักเรียนร่วมกิจกรรมด้วยความกระตือรือร้น ขวนขวาย อภิปรายและซักถาม สะท้อนการคิดเห็นเพิ่มเติมได้ดี สามารถใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เชื่อมโยงและอธิบายเหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างสมเหตุสมผล ส่วนการเรียนรู้เกี่ยวกับข้อสอบ TEDET และแบบรูปหรือนั้น นักเรียนมีความสนใจ ร่วมกันคิด ช่วยกันแก้ไขโจทย์ปัญหาได้ แต่มีความขลุกขลักบ้าง เนื่องจากบางข้อนั้นเป็นปัญหาที่แปลก และใช้เวลาในการคิดนาน แต่นักเรียนสามารถบรรลุกิจกรรมได้ เกิดการแข่งขันระหว่างกลุ่มดี แต่ละกลุ่มแสดงแนวคิดของกลุ่มตนเองได้

ชัดเจน บางกลุ่มเห็นถึงรูปทั่วไปได้เอง สะท้อนทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม ส่วนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์นั้น นักเรียนแสดงด้วยการเขียนภาพ การเขียนตาราง การเขียนรูปทั่วไป แบบรูป และเขียนสื่อด้วยข้อความคาดการณ์ได้ และในกิจกรรม STEM นักเรียนสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์บูรณาการเข้ากับสาระอื่นๆ ได้ ทุกคนร่วมมือทำกิจกรรมได้ดี กระตือรือร้น สนใจ และสนุกสนาน โดยสามารถทำงานอย่างเต็มความสามารถ มีความรับผิดชอบ ตลอดจนประพฤติและปฏิบัติตามข้อตกลงของกลุ่ม รวมทั้งรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นมากขึ้นอีกด้วย



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ที่มีความมุ่งหมายเพื่อสร้างและพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเพื่อศึกษาผลของการใช้หน่วยการเรียนรู้ ที่มีต่อทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งสรุปสาระสำคัญ และผลการศึกษาได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีความมุ่งหมายในการวิจัยไว้ดังนี้

1. เพื่อสร้างและพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” โดย
 - 2.1 เปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ก่อนและหลังใช้หน่วยการเรียนรู้
 - 2.2 เปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังใช้หน่วยการเรียนรู้ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

สมมติฐานการวิจัย

1. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังใช้หน่วยการเรียนรู้สูงกว่าก่อนใช้หน่วยการเรียนรู้
2. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังใช้หน่วยการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัย แบ่งเป็น 2 ระยะ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามและสัมภาษณ์ความคิดเห็นเกี่ยวกับความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ ความคิดเห็นเกี่ยวกับหน่วยการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สภาพการจัดการเรียนรู้ ความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหลักสูตร วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ เพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 1 ฉบับ ซึ่งแบบสอบถามมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ระยะที่ 1

1. ขั้นศึกษาสภาพปัญหาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน ศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ จากคณะกรรมการบริหารหลักสูตรคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย จำนวน 14 ท่าน
2. ขั้นตอนออกแบบหน่วยการเรียนรู้ การสร้างหน่วยการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
3. ขั้นสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้
4. ขั้นประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับความเหมาะสมและสอดคล้องของโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ใช้ และแหล่งการเรียนรู้

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในระยะที่ 1 ดำเนินการดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามและการสัมภาษณ์สภาพปัญหาและความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยการวิเคราะห์เนื้อหา
2. การวิเคราะห์โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้ จากข้อมูลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิ ความเหมาะสมและความสอดคล้องของโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ รายละเอียดของหน่วยการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ใช้ และแหล่งการเรียนรู้ ความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้มีกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการพัฒนา ความเหมาะสมและมีความสอดคล้องขององค์ประกอบต่างๆ ในแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดของหน่วยการเรียนรู้ โดยการวิเคราะห์เนื้อหา

ระยะที่ 2 การทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัยที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้อง จำนวน 32 คน ที่ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่สอดคล้องหน่วยการจัดการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 20 คาบ ประกอบด้วย 3 หน่วยย่อย หน่วยย่อยที่ 1 การแก้ปัญหาและยุทธวิธีการแก้ปัญหา หน่วยย่อยที่ 2 คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด และหน่วยย่อยที่ 3 สนุกกับคณิตในชีวิตประจำวัน

2. แบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 7 ข้อ มีค่าความยากง่าย (P_E) อยู่ระหว่าง 0.45-0.57 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.68-0.78 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α – Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) เท่ากับ 0.97

3. แบบสังเกตการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้และผลด้านพฤติกรรมของผู้เรียนรายหน่วย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ทดสอบก่อนการใช้หน่วยการเรียนรู้ เพื่อวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 7 ข้อ

2. ดำเนินการทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้ จำนวน 3 หน่วยย่อย 20 คาบ ซึ่งมี โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ครั้งละ 2 คาบ จำนวน 10 สัปดาห์ โดยผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง สังเกต บันทึกพฤติกรรมและประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ และทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ทุกครั้ง

3. การทดสอบหลังการใช้หน่วยการเรียนรู้ เพื่อวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ฉบับคู่ขนาน จำนวน 7 ข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในระยะที่ 2 การวิเคราะห์ผลการใช้หน่วยการเรียนรู้ โดยดำเนินการ ดังนี้

1. เปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ก่อนและหลังการใช้หน่วยการเรียนรู้
2. เปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังการใช้หน่วยการเรียนรู้ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้

1.1 ผลการศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ จากการวิเคราะห์แบบสอบถามและสัมภาษณ์คณะกรรมการบริหารหลักสูตรคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย ปรากฏว่า กลุ่มเป้าหมายมีระดับความต้องการในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ในระดับมากขึ้นไป ได้แก่ หน่วยการเรียนรู้ที่ต้องการพัฒนาควรมีลักษณะดังนี้ ควรส่งเสริมสมรรถนะและทักษะในศตวรรษที่ 21 กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้โดยการค้นพบ การแสวงหาความรู้ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และควรมีเครื่องมือในการประเมินผลงาน ภาระงาน/ชิ้นงาน ที่สะท้อนทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีความต้องการจำเป็นอยู่ในระดับมากที่สุด

กลุ่มเป้าหมายมีความคิดเห็นว่า ควรพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่เน้นส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีความหลากหลาย เน้นการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning มีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการทำงานเป็นกลุ่ม ส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ซึ่งมีกิจกรรมกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และปฏิบัติอย่างมีขั้นตอนหรือกระบวนการ ควรมีการวัดผลและประเมินผลอย่างหลากหลาย รวมทั้งใช้เกณฑ์ Rubric ในการประเมินผลงาน ภาระงาน /ชิ้นงาน ส่วนสื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สื่อที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เข้าใจ สื่อความหมายได้ชัดเจน และเป็นรูปธรรม มีความต้องการจำเป็นอยู่ในระดับมาก

1.2 การประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จากผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านคณิตศาสตร์ โดยการวิเคราะห์เนื้อหา พบว่า ผลการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้อง

ของโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ใช้ และแหล่งการเรียนรู้ มีความเหมาะสมและความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้ มีความสอดคล้องขององค์ประกอบต่างๆ ในแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดของหน่วยการเรียนรู้ และสามารถชี้พัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ ผลการวิจัยจากระยะที่ 1 นี้จึงได้หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” จำนวน 3 หน่วยย่อย 20 คาบ ได้แก่

- หน่วยย่อยที่ 1 การแก้ปัญหาและยุทธวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
- หน่วยย่อยที่ 2 คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด
- หน่วยย่อยที่ 3 สนุกกับคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้

2.1 ผลเปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ ปรากฏว่ามีค่า t เป็น 24.06 แสดงว่าทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังใช้หน่วยการเรียนรู้สูงกว่าก่อนใช้หน่วยการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ผลการเปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ปรากฏว่ามีค่า t เป็น 2.76 แสดงว่าทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังใช้หน่วยการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

จากการศึกษาสร้างและพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” การศึกษาผลของการใช้หน่วยการเรียนรู้ ที่มีต่อทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

1.1 หน่วยการเรียนรู้นี้ ได้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ละหน่วยย่อย ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้แต่ละหน่วยย่อย จัดกิจกรรมที่ประยุกต์เน้นทักษะความสามารถด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

หน่วยย่อยที่ 1 เน้นกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยนักเรียนต้องมีความเข้าใจในกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยตามแนวคิดของโพลยา (Polya. 1985: 5–19) 4 ขั้นตอนเสียก่อน โดยนักเรียนสามารถแก้ปัญหาและใช้กระบวนการตามขั้นตอนอย่างถูกต้อง ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นขั้นเริ่มต้นของการแก้ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับปัญหา และตัดสินใจอะไรคือสิ่งที่ต้องการค้นหา นักเรียนต้องทำความเข้าใจปัญหาและระบุส่วนสำคัญของปัญหา ให้ชัดเจน

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและสิ่งที่ต้องการค้นหา แล้วนำความสัมพันธ์นั้นมาผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหา และเลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา ซึ่งมีหลากหลายวิธี

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนที่วางไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา โดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผล

จากนั้นนักเรียนได้ฝึกฝนโจทย์ปัญหาอย่างหลากหลาย หน่วยย่อยที่ 1 มีใบงานและใบกิจกรรมที่เป็นตัวช่วยฝึกให้นักเรียนเข้าใจถึงยุทธวิธีการแก้ปัญหาหลากหลายวิธี เช่น การวาดตาราง การวาดภาพ เหล่านี้จะช่วยส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ประกอบกับขั้นตอนในการหาคำตอบใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะแสวงหาความรู้ 5Es เสริมด้วยเทคนิคการระดมสมอง จึงทำให้ทักษะและกระบวนการที่ต้องการพัฒนาขึ้นตามลำดับ

1.2 การจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้สร้างจากหน่วยการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น มีลำดับขั้นการสอนจาก

หน่วยย่อยที่ 1 ซึ่งเริ่มจากการแก้ปัญหาด้วยยุทธวิธีที่หลากหลาย เมื่อนักเรียนมีความคล่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สามารถให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ นักเรียนจึงสามารถเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ เมื่อนักเรียนแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละข้อ แต่ละประเด็นนักเรียนก็ต้องอาศัยแสดงความสามารถด้านการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้วยการเขียน วาดภาพ การใช้สมการ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ หรือรูปแบบอื่น เพื่อนำเสนอ เพื่อสะท้อนการคิดของตนเองออกมา ด้วยการพูด การใช้สื่อหรืออุปกรณ์อื่นๆ ให้ผู้อื่นได้เข้าใจ สอดคล้องกับ พงษ์ธร มหาวิจิตร (2550: 54-55) ระบุว่า นักเรียนสามารถนำความรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้ และเกิดการเรียนรู้มาแล้ว นักเรียนสามารถนำมาเชื่อมโยงได้ สามารถปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม กิจกรรมบางกิจกรรมยังสอดแทรกสถานการณ์และสิ่งที่อยู่รอบตัวนักเรียน ส่งผลให้กิจกรรมมีความน่าสนใจและท้าทายให้ผู้เรียนเกิดความอยากลงมือปฏิบัติอีกด้วย

หน่วยย่อยที่ 2 เน้นเกี่ยวกับการสร้างแบบรูปและความสัมพันธ์ ที่ช่วยส่งเสริมการคิดอย่างหลากหลาย การคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ในการสร้างแบบรูปและความสัมพันธ์ของนักเรียนที่ไม่เหมือนกัน สอดคล้องกับ ครูลิล และ รุดนิก (Krulik; & Rudnick. 1993: 3) พิริยพงศ์ เตชะศิริยีนง (2552: 60-61) และจิตติมา ขอบเอียด (2552: 93-94) ระบุว่า การใช้เกมคณิตศาสตร์ เมื่อนักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนของการทำกิจกรรมเกมคณิตศาสตร์ ตามกระบวนการสืบสวนสอบสวน จะมีผลให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจขั้นตอนต่างๆ เป็นฐานที่จะตั้งสมมติฐาน ซึ่งเป็นกระบวนการที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา การวางระบบ ของการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล เป็นปัจจัยเบื้องต้นของการแก้ปัญหาโจทย์ ความสัมพันธ์ที่เกิด จากปฏิสัมพันธ์ในกลุ่ม นักเรียนได้ตระหนักถึงความสำคัญของการสื่อสาร รวมทั้งการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในลักษณะ ภาพ รูป สมการคณิตศาสตร์ แผนภาพ ที่นักเรียนได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนแนวความคิดซึ่งกันและกันและได้ใช้ทักษะการสื่อสารในการแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ตามความสามารถโดยไม่ต้องกลัวผิด มีอิสระที่จะคิด สามารถทำความเข้าใจกับเนื้อหาที่เรียนได้ง่ายขึ้นจากความคิดของตนเองและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจากเพื่อนทั้งในกลุ่มเดียวกัน และความคิดเห็นระหว่างกลุ่ม และเกิดบรรยากาศในการเรียน การเรียนรู้ที่เหมาะสม เป็นกัลยาณมิตรให้เป็นกันเองระหว่างครูกับนักเรียนและนักเรียนกับนักเรียน ทำให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้แบบ Active Learning ซึ่งต้องใช้ทักษะการสื่อสาร เพื่อนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่อถ่ายทอดเรื่องราวต่างๆ ที่เป็นข้อเท็จจริง ข้อคิดเห็น เป็นการฝึกทักษะกระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นทำให้เกิดการระดมความคิด เป็นปฏิกิริยาที่ตอบสนองสิ่งเร้า จากปัญหา ที่พบทำให้เกิดความรวดเร็วต่อการเรียนรู้ โดยนักเรียนต้องสร้างข้อความคาดการณ์ หาข้อสรุปจากความสัมพันธ์ของสถานการณ์ปัญหา แล้วแสดงเหตุผล พร้อมทั้งอธิบายข้อสรุปและข้อยืนยันนั้น โดยข้อสรุปดังกล่าวนั้นจะเกิดจากการนำมารวมกันจนกลายเป็นความรู้ใหม่ได้

หน่วยย่อยที่ 3 ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดมากขึ้น กระบวนการคิดเชิงเหตุผล การคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้งด้านจุด เส้น ภาพเรขาคณิต ล้วนทำให้นักเรียนเกิดแนวความคิดแบบใหม่ที่แตกต่างจากเดิม เกิดคำตอบที่หลากหลายแนวคิด นักเรียนค้นพบวิธีคิดคำตอบด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่เกิดการค้นพบ สอดคล้องกับ ยุพิน พิพิธกุล (2556: หน่วยที่ 6: 15-32) กล่าวถึงการเรียนรู้แบบค้นพบจะทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถสรุปโมเดล หลักการ หรือข้อเท็จจริงได้ โดย ผู้เรียนค้นพบด้วยตนเอง และค้นพบด้วยตนเองภายใต้การวางแผนและแนะนำทางของผู้สอนได้เช่นกัน เมื่อถึงกิจกรรมที่เป็นเกมเพื่อพัฒนาทักษะการคิด เกมทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย เกิดการเรียนรู้ สนุกสนานผ่านเกม ผ่านการแข่งขัน เกิดการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น ส่วนในหน่วยย่อยที่ 3 นักเรียนได้มีโอกาสแก้ปัญหาโดยผ่านกระบวนการทดลองทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง เช่น การย้ายเหรียญ จนเกิดเป็นแนวคิด การสร้างสูตรในการตัดเค้กให้ได้จำนวนชิ้นมากที่สุด การระบายสีจังหวัดด้วยสีที่แตกต่างกันตามข้อกำหนด หรือการสร้างรูปสามเหลี่ยมจากจตุรหุรูปวงกลม นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ พิสูจน์ด้วยตนเอง ร่วมอภิปรายกับเพื่อนร่วมกลุ่มและเพื่อนต่างกลุ่ม ให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล มีส่วนช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้หลากหลายทักษะ ตลอดจนการเรียนรู้จากข้อสอบ PISA และข้อสอบ TEDET มีส่วนช่วยให้นักเรียนเกิดความตระหนักต่อความจำเป็นของคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ส่วนข้อสอบสมาคคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน

2. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก หน่วยการเรียนรู้ที่สร้างและพัฒนาขึ้นนั้น นักเรียนได้ทำกิจกรรมมุ่งเน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทั้งโดย

2.1 การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การจัดการเรียนรู้คาบ 1-4 จากหน่วยย่อยที่ 1 เน้นให้ผู้เรียนแสดงวิธีคิดทีละขั้นตอน จนเกิดความเข้าใจ ชำนาญตั้งแต่ขั้นการทำความเข้าใจปัญหา และสามารถระบุปัญหาได้ ชี้แจงแผนแก้ปัญหา ขั้นตอนการดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบผล แต่ละคาบเมื่อนักเรียนทำความเข้าใจปัญหาได้อย่างชัดเจนแล้ว นักเรียนก็สามารถวางแผนแนวทางเป้าหมายในการแก้ปัญหาของตนเองในแต่ละปัญหา ภายหลังจากนักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาได้เสร็จสิ้นแล้ว นักเรียนได้ร่วมสะท้อนการแก้ปัญหาของตนเอง และศึกษาวิธีการของเพื่อนในกลุ่มที่มีวิธีการแตกต่างกัน สามารถนำวิธีการที่ได้รับไปตรวจสอบกับวิธีของผู้อื่น นักเรียนได้มีการสื่อสารแนวความคิดภายในกลุ่มและเพื่อนกลุ่มอื่นที่มีวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายแตกต่างกัน นักเรียน

จึงเกิดการเรียนรู้และเข้าใจมากขึ้น สอดคล้องกับ วิลเลียมส์ (Williams. 2003: 185–187) ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537: 23–79) และ มะลิวรรณ ผ่องราษี (2549: 110-111) ได้ศึกษาพฤติกรรมการแก้ปัญหาโดยเน้นการเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนโดยใช้การเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหา เรียนโดยใช้การแก้ปัญหาตามขั้นตอนปกติ ปรากฏว่ากิจกรรมดังกล่าวช่วยให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น และการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยวิธีการสื่อสารแนวความคิด พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีพัฒนาการสูงขึ้น เช่นเดียวกัน เมื่อใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหการวาดตาราง ยุทธวิธีวาดภาพ ยุทธวิธีการคิดย้อนกลับ และยุทธวิธีอื่นๆ ในการแก้ปัญหา จึงทำให้นักเรียนสามารถนำยุทธวิธีการแก้ปัญหอย่างหลากหลายวิธีแยกแยะสิ่งต่างๆ ได้ และช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบมากขึ้น และเมื่อนักเรียนเลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาด้วยเช่นกัน

2.2 การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแม่นยำในขั้นตอนการแก้ปัญหาและระบุเหตุผลได้อย่างตรงประเด็น ผ่านกระบวนการปรับแก้เกี่ยวกับเหตุผลทางคณิตศาสตร์ จากกระบวนการกลุ่ม ได้ฝึกกระบวนการให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล โดยผู้เรียนต้องฝึกวิเคราะห์ คิดหาความสัมพันธ์ของข้อมูล

2.3 การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ นักเรียนจะได้ฝึกฝนได้เรียนรู้และตระหนักถึงการฝึกการเชื่อมโยงที่อยู่ในปัญหาแต่ละข้อ เช่นในข้อสอบ PISA จนเกิดการเรียนรู้การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์สาขาอื่น ไม่รู้สึกว่าเป็นเรื่องยากสำหรับตนเอง โดยนักเรียนสามารถเข้าใจความสัมพันธ์ของปัญหา และเชื่อมโยงทั้งเนื้อหาในคณิตศาสตร์ได้ สอดคล้องกับ ลอร์สัน และชินนาพเพน (Lawson; & Chinnappan. 2000: 26-43) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานแก้ปัญหากับการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียน และศึกษาต่อไปถึงตัวชี้วัดความสามารถด้านเนื้อหาและการเชื่อมโยงความรู้ในการแก้ปัญหทางเรขาคณิต ระหว่างนักเรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนผลการวิจัย พบว่า นักเรียนกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงมีความสามารถในการสร้างองค์ความรู้ได้มากกว่า สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ครูจัดตามแผนการสอนมาสัมพันธ์กับความรู้เดิมที่มีอยู่และตัวชี้วัดความสามารถด้านการเชื่อมโยงมีผลต่อความสำเร็จในการแก้ปัญหามากกว่าตัวชี้วัดความสามารถด้านเนื้อหา จุดมุ่งหมายในการศึกษาครั้งนี้เพื่อให้ข้อมูลกับครูในการหาวิธีสอนเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ที่มีคุณภาพได้ และสอดคล้องกับ อัมพร ม้าคอง (2547: 101) ระบุ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถของผู้เรียนในการสัมพันธ์ความรู้หรือปัญหาคณิตศาสตร์ที่เรียนมา กับความรู้ ปัญหา หรือสถานการณ์อื่นที่ตนเองพบ

2.4 ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ยกระดับขึ้นเน้นการจัดการเรียนรู้จากแต่ละหน่วยย่อย นักเรียนได้รับการฝึกการเขียนแสดงวิธีคิด ขยายการคิดของตนเองและกลุ่มตนเองจากแผนภาพ การสร้างสมการ การใช้ตาราง การใช้กราฟ ซึ่งเหล่านี้เมื่อนักเรียนได้ฝึกฝนจากปัญหาจากหน่วยย่อยที่ 1 ถึง หน่วยย่อยที่ 3 ตามลำดับ จึงทำให้ทักษะการสื่อสารยกระดับได้มากขึ้น สอดคล้องกับ มัมมี และเชฟเพอร์ต (Mumme; & Shepherd. 1993: 7-9) ระบุถึงทักษะการสื่อสารช่วยส่งเสริมให้นักเรียนทำความเข้าใจเนื้อหาคณิตศาสตร์ โดยการแสดงความคิด การอภิปราย และการฟังความคิดเห็นของนักเรียนคนอื่นๆ จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น เกิดการแลกเปลี่ยน (Share) นักเรียนก็สามารถพัฒนาภาษาทางคณิตศาสตร์ และมีความเข้าใจในกฎและนิยามต่างๆ เป็นผู้เสริมสร้างความรู้ (Empowerment) ด้วยตนเอง เป็นสิ่งที่จะทำให้นักเรียนเกิดความเต็มใจที่จะร่วมกันคิด

2.5 ทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ดีขึ้นอันเนื่องจากการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” เป็นสิ่งที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาดังต่อไปนี้ตั้งแต่ หน่วยย่อยที่ 1 ถึงหน่วยย่อยที่ 3 แต่ละกิจกรรมนอกเหนือจากการหาคำตอบได้แล้ว ต้องสามารถคิดวิธีการได้มากกว่า 1 ยุทธวิธี ผู้เรียนจึงเกิดการเรียนรู้อย่างหลากหลายรูปแบบ เกิดการคิดได้อย่างคล่องแคล่วเพิ่มขึ้น จากตอนแรกนักเรียนมักใช้วิธีคาดเดา และตรวจสอบ แต่เมื่อทำกิจกรรมมากขึ้นบ่อยครั้งนักเรียนจึงเกิดคล่องแคล่วขึ้นโดยใช้วิธีการสร้างตารางแจกแจง และเขียนแผนภาพมากขึ้น สอดคล้องกับ ชีร์เชษฐ์ เรื่องสุขอนันต์ (2554: 105-107) ระบุว่านักเรียนมีความคิดคล่องมากขึ้นเมื่อฝึกการแก้ปัญหา และจำนวนผลเฉลยของคำตอบมีจำนวนมากขึ้นเช่นกัน

ข้อสังเกตที่ได้จากการวิจัย

จากการศึกษาสร้างและพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” และการศึกษาผลของการใช้หน่วยการเรียนรู้ ที่มีต่อทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้พบข้อสังเกตบางประการจากการวิจัยได้ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามหน่วยการเรียนรู้ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์นั้น ครูผู้สอนควรนำให้นักเรียนเข้าสู่ความตระหนักถึงความจำเป็นที่ต้องพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ก่อน เพราะนักเรียนบางส่วนที่ไม่เข้าใจจะไม่ประสบผลสำเร็จในการเรียน และไม่คุ้นเคยกับการเรียนรู้ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2. นักเรียนที่มีผลการเรียนสูงมักไม่ชอบทำงานเป็นกลุ่ม มักชอบทำงานคนเดียว และบางคนอาจแสดงพฤติกรรมคิดคนเดียว ทำคนเดียว ไม่ให้เพื่อนในกลุ่มร่วมกันทำ ไม่ไว้วางใจผู้อื่น กิจกรรมที่ทำอยู่จึงไม่ทันเวลา และในขณะเดียวกันนักเรียนที่ผลการเรียนต่ำ ก็ไม่พยายามคิด พยายามทำหรือช่วยเพื่อคิด ต้องมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการกลุ่มให้มีลักษณะเพื่อนช่วยเพื่อนให้มากขึ้น ทุกคนต้องมีส่วนร่วมในกลุ่ม ควรวัดทั้งสองด้าน ทั้งคะแนนเดี่ยวที่ตนเองทำได้และบวกเพิ่มกับผลคะแนนของกลุ่มด้วย

3. อุปกรณ์ประเภท ICT ต้องมีการจัดเตรียมล่วงหน้า เช่น ห้องคอมพิวเตอร์ที่มีอุปกรณ์เครื่องฉายโปรเจกเตอร์ขนาดใหญ่ และอุปกรณ์ที่ไม่คาดคิด เช่น ไฟดับหรือไวรัสในอุปกรณ์ อาจส่งผลให้การจัดการเรียนรู้ล่าช้า

4. บรรยากาศในการจัดการเรียนรู้เป็นส่วนสำคัญในการจัดการเรียนรู้ ครูต้องอาศัยคำถามกระตุ้น ครูต้องมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนทุกคน เอาใจใส่ต่อนักเรียนทุกคนอย่างเสมอภาค สอบถามอย่างใกล้ชิด รวมทั้งการให้กำลังใจ ซึ่งจะส่งผลต่อพัฒนาการของผู้เรียนอย่างมาก

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้และการศึกษาครั้งต่อไปดังนี้

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ครูควรอธิบายถึงทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ให้ผู้เรียนเข้าใจอย่างชัดเจนและยกตัวอย่างประกอบ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจได้อย่างถูกต้องและเกิดความตระหนักถึงความจำเป็นต่อการพัฒนาทักษะแต่ละทักษะ

2. ในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์นั้น ครูควรเพิ่มบทบาทของผู้เรียน ให้มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมเพิ่มขึ้นบ้าง และควรบันทึกภาพหรือบันทึกวิดีโอเพื่อจะได้สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนได้อย่างต่อเนื่องทุกกิจกรรม

3. ครูควรกำหนดกติกาด้านเวลา และกติกาของกิจกรรม การได้คะแนนแข่งขันให้ชัดเจนมากขึ้น และพึงระมัดระวังเกี่ยวกับจำนวนสมาชิกของแต่ละกลุ่มที่ขาดหายไปในแต่ละครั้งในการแข่งขันกิจกรรม อาจเกิดความได้เปรียบ เสียเปรียบ

4. ควรใช้ระบบหมุนเวียนสมาชิกในกลุ่มในแต่ละกิจกรรมล่วงหน้า ไม่น้อยกว่า 1 สัปดาห์ เพื่อให้ผู้เรียนเตรียมอุปกรณ์ ได้อย่างทันเวลา

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรจัดให้มีหน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แยกออกมาเป็นหน่วยย่อยๆ โดยการจัดการเรียนรู้อย่างน้อยปีการศึกษาละ 1 หน่วย เพื่อฝึกนักเรียนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยแยกหน่วยการเรียนรู้ที่ประมวลเนื้อหาแต่ละปีการศึกษาออกมาเป็นหน่วยใหม่ เป็นต้น
2. ควรให้มีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แบบสอดแทรกเข้าไปในการจัดการเรียนรู้แต่ละหน่วย กับแบบจัดการเรียนรู้แยกหน่วยการเรียนรู้ เป็นต้น
3. ควรพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นหลักสูตรคณิตศาสตร์ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์





บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กชกรรุ่งหัวไผ่. (2547). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่มีต่อความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง การประยุกต์ 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ช่วงชั้นที่ 3). ปริญญาโท กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- กรมวิชาการ. (2535). ความคิดสร้างสรรค์หลักการทฤษฎีการเรียนการสอนการวัดผลประเมินผล. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ.
- (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 – 6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- เกษมา วรวรรณ ณ อยู่ธยา. (2552). ออกแบบการเรียนรู้เพื่อสร้างความเข้าใจ : *Understanding by Design*. โดย Grant Wiggins and Jay McTighe. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์ การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กิตติคุณ รุ่งเรือง. (2557). เอกสารประกอบการเรียนรู้ทฤษฎีและปฏิบัติการพัฒนาหลักสูตร. รายวิชาทฤษฎีและปฏิบัติการพัฒนาหลักสูตร SEM 506. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- จรรยาภุจดม. (2545, พฤษภาคม-กรกฎาคม). แนวการจัดการเรียนการสอนและการประเมินผล ที่สอดคล้องกับสาระที่ 6 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์. *วารสารคณิตศาสตร์*. (524-526): 14,23-24.
- จารีพร ผลมูล. (2558). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3: กรณีศึกษาชุมชนวังตะกอกจังหวัดชุมพร. ปริญญาโท กศ.ม. (วิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- จินดิษฐ์ ลอปกัณณ. (2550). การพัฒนาหลักสูตรเรขาคณิตวิยุตสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จิตติมา ซอบเอียด. (2551). การใช้ปัญหาปลายเปิดเพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จินตนา สุขจรรย์. (2554). การศึกษาตลอดชีวิตและการพัฒนาชุมชน. กรุงเทพฯ: ออเดียนสโตร์.
- ใจทิพย์ เชื้อรัตนพงษ์. (2539). การพัฒนาหลักสูตร: หลักการและปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: อลันเพรส.
- ฉวีวรรณเศวตมาลย์. (2544). ปกิณกะคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ฉวีวรรณเศวตมาลย์; และคนอื่นๆ. (2545). ชุดปฏิบัติการเรียนรู้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ช่วงชั้นที่ 4 ม.4-ม.6. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- เฉลิม พักอ่อน. (2552). การออกแบบการจัดการเรียนรู้อิงมาตรฐาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. ศึกษาวิเคราะห์สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาลำพูน. ม.ป.พ.
- ชมนาดเชื้อสุวรรณทวี. (2542). การสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชัยรัตน์สุล่านาจ. (2547). ผลการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ที่มีต่อทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญานิพนธ์กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชัยศักดิ์ลีลาจรัสกุล. (2542). ชุดกิจกรรมค่ายคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการจัดค่ายคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์.
- (2539). การจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์ในโรงเรียน. กรุงเทพฯ: โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน.
- ดวงเดือนอ่อนน่วม. (2547). จากสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 เรื่องการวัดสู่การจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนในประมวลบทความหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.

- เดชกุล มัทวานกุล. (ม.ป.ป.). *การประเมินหลักสูตร*. สไลด์บรรยาย CURRICULUM EVALUATION. สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. สืบค้นเมื่อ 8 ธันวาคม 2558, จาก <http://slidegur.com/>
- เดชา จินดาพันธ์. (2547). ออกแบบหน่วยการเรียนรู้: ครูทำได้อย่างไร?. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*. 22(1): 25-30.
- ทินรัตน์กาญจกัญชร. (2550). *ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องแคลคูลัสเบื้องต้นโดยใช้หลัก“สุจิตฺติ” ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และทักษะกระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทีศนาแซมมณี. (2545). *กลุ่มสัมพันธ์เพื่อการทำงานและการจัดการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: นิชนแอตเวอร์ไทซิงกรุ๊ป.
- ธำรงบัวศรี. (2542). *ทฤษฎีหลักสูตร*. กรุงเทพฯ: พัฒนาศึกษา.
- . (2531). *ทฤษฎีหลักสูตร: การออกแบบและพัฒนา*. กรุงเทพฯ: เอราวิชันการพิมพ์.
- ธำรงค์ศักดิ์ ธำรงเลิศฤทธิ์. (2553, เม.ย.-มิ.ย.). หน่วยการเรียนรู้ : หัวใจของการนำหลักสูตรสู่การปฏิบัติ. *วารสารวิชาการ*. 13(2): 41-51.
- ธีรเชษฐ์ เรืองสุขอนันต์. (2554). *การศึกษาพฤติกรรมด้านความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่นเรื่องเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผ่านกิจกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และการระดมสมอง*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นริศราภรณ์ ศรีพงษ์ชัย. (2548). *การศึกษาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนมาแตร์เดอีวิทยาลัย*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นิตยา ปิลันธนาพันธ์. (2546). *จากหลักสูตรสู่หน่วยการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช
- นิปัทม์ ทิพยกุลพันธ์. (2558). *การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้สาระประวัติศาสตร์แบบบูรณาการเรื่อง “เสรีไทยแพร่” สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- นุสราสกลนุกรกิจ. (2554). การจัดกระบวนการเรียนรู้การศึกษานอกระบบแบบบูรณาการโดยใช้ ONIE MODEL และKhit- Pen. บทความวิจัยงาน“วันการศึกษานอกโรงเรียนประจำ ปี2554” สาขาวิชาการศึกษานอกระบบโรงเรียนภาควิชาการศึกษาตลอดชีวิต คณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นเมื่อ 24 ธันวาคม 2558, จาก www.portal.edu.chula.ac.th/nfed1/assets//Nusara.pdf
- บุญเชิดภิญโญอนันตพงษ์. (2547). การวัดประเมินการเรียนรู้(การวัดประเมินแนวใหม่). (เอกสารประกอบการสอน). กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ปรีชาเนาว์เย็นผล. (2537). หน่วยที่ 12 การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.ในประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางคณิตศาสตร์หน่วยที่ 12-15. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2551). การพัฒนาการคิด. พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิค ปริ้นติ้ง.
- ผกายมาศ เหมชูเกียรติ. (2557). ผลการใช้ชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบเรียนเป็นคู่เรื่อง ทศนิยม และเศษส่วน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พงศธร มหาวิจิตร. (2550). กิจกรรมเสริมสร้างทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์สาระการเรียนรู้ จำนวนและการดำเนินการเรขาคณิตและพีชคณิตสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พรสวรรค์จรัสรุ่งชัยสกุล. (2547). การพัฒนาชุดการเรียนรู้เรื่องเมทริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์โดยใช้หลักการเรียนรู้เพื่อรอบรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พิณสุตา สิริรังศรี. (2557). ระบบการศึกษาที่เหมาะสมกับคนไทย. การศึกษาฐานรากการจัดการศึกษาแบบมีส่วนร่วมขององค์กรและชุมชน : แนวคิดสู่การปฏิบัติ.ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์; และเพียว ยินดีสุข. (2555). สอนเขียนแผนบูรณาการบนฐานเด็กเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- มะลิวรรณผ่องราษี. (2549). ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสื่อสารตามแนวความคิดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ยุพิน พิพิธกุล. (2546). การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ยุคปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ: พิพิธการพิมพ์.
- ยุพิน พิพิธกุล; และ ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2556). ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางคณิตศาสตร์ หน่วยที่ 6-10. นนทบุรี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช.
- ยุพร ริมชลการ. (2543). การพัฒนาหลักสูตรพีชคณิตสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- รัชดา ยাত্রา. (2549). ผลของการจัดกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์โดยใช้ทักษะการเชื่อมโยงที่มีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- รุจิอาภา รุจิยาพนนท์. (2550). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- แรมสมร อยู่สถาพร. (2534). กระบวนการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2540). สถิติวิทยาทางการวิจัย. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ลิลลาลดา ภาด. (2549). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วัชรินทร์ เชื้อ. (2545). การพัฒนาชุดการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องตรรกศาสตร์เบื้องต้นโดยใช้กระบวนการกลุ่มเพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

วัลลภ เณลิมสุวิวัฒนาการ. (2539). ยุทธวิธีไขปัญหาคณิตศาสตร์ 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

----- . (2540). คณิตศาสตร์วันละข้อ. กรุงเทพฯ: มติชน.

วิชัยวงษ์ใหญ่. (2537). กระบวนการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว. (2558). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่องอ้อยสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สงกรานต์พรหมวงศ์. (2550). การสร้างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะการสอนที่ส่งเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการความรู้และการวิจัยเชิงปฏิบัติการ. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (หลักสูตรและการสอน). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

สังตุภทรานนท์. (2528). พื้นฐานและหลักการพัฒนาคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: เซนต์เตอร์พับลิเคชั่น.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2557). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน(O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2558, จาก <http://bet.obec.go.th/eqa/>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2543). มาตรฐานการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: หน่วยการพิมพ์.

----- . (2546). คู่มือการวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: หน่วยการพิมพ์.

----- . (2547). การให้เหตุผลในวิชาคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: รากขวัญ.

----- . (2555). การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

----- . (2555). ครูคณิตศาสตร์มืออาชีพ. กรุงเทพฯ: 3- คิวมีเดีย.

----- . (2555). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: 3- คิวมีเดีย.

สนฤดี ศรีสวัสดิ์. (2551). การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้หลักการเรียนรู้แบบไตรสิกขา เรื่อง การเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- สมพร หลิมเจริญ. (2552). *การพัฒนาหลักสูตรเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนช่วง
ชั้น 2. ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.*
- สมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรณ. (2544). *การยัดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการประเมินตามสภาพจริง.
เชียงใหม่: The Knowledge Center.*
- สมศักดิ์ สันธะเวช. (2545). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน
พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.*
- สมเดชบุญประจักษ์. (2543). *การแก้ปัญหา. กรุงเทพฯ: สถาบันราชภัฏพระนคร.*
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2553). *แนวทางการดำเนินงานโรงเรียน
มาตรฐานสากล. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.*
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2546). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ
พุทธศักราช 2542. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.*
- สำนักงานพันธกิจการศึกษา มูลนิธิแห่งสภาคริสตจักรในประเทศไทย. (2557). *รายงานผลการ
วิเคราะห์ข้อมูลการสอบระดับชาติ O-NET โรงเรียนในสังกัดพันธกิจการศึกษา. กรุงเทพฯ:
สภาคริสตจักรในประเทศไทย.*
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2558). *โครงการปฏิรูปการเรียนรู้สู่ผู้เรียน (พ.ศ.2557-2560)
“สะท้อนปัญหาและทางออกตอบโจทย์ปฏิรูปการศึกษาไทย”. กรุงเทพฯ: 21เซนจูรี่.*
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษากระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษา
ขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.*
- สิริพรทิพย์คง. (2544). *การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหนังสือ.*
- . (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.*
- สุนีย์ คล้ายนิล. (2558). *การศึกษาคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียนไทยการพัฒนา –ผลกระทบ-
ภาวะถดถอยในปัจจุบัน. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.*
- สุนีย์ ภูพันธ์. (2546). *แนวคิดพื้นฐานการสร้างและการพัฒนาหลักสูตร. เชียงใหม่: The Knowledge
Center.*
- สุภาวดี ตั้งบุบผา. (2533). *การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทาง
คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.*

- สุวิทย์ มูลคำ; และอรรถ มูลคำ. (2545). *วิธีจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการ*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- เสาวนีย์ เกียรติ. (2540). *คู่มือการอบรมการใช้แฟ้มสะสมงานนักเรียน*. กรุงเทพฯ: เนติกุลการพิมพ์.
- อัครยา สังขจันทร์. (2543). การสอนเพื่อพัฒนาการใช้เหตุผล. *คู่มือการเรียนการสอนการคิดวิเคราะห์วิจารณ์คณะกรรมการการส่งเสริมการเรียนการสอนเน้นการพัฒนาความคิดวิเคราะห์วิจารณ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคนอง. (2547). *การพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในประมวลบทความหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.
- (2558). *คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Akkus, Recai. (2007). *Investigating the Changes in Teachers' Pedagogical Practices Through the Use of the Mathematics Reasoning Heuristic (MRH) Approach. Dissertation Abstracts (Online)*. Retrieved September, 27, 2015, from <http://proquest.umi.com/Retrieved>
- Armstrong, David G. (2003). *Curriculum Today*. New Jersey: Merrill Prentice Hall.
- Balca, D.S. (1974). Creative ability in Mathematic. *Arithmetic teacher*. 21(7): 633-636
- Baroody, Arthur J. (1993). *Problem Solving, Reasoning, and Communication, K-8: Helping Children Think Mathematically*. New York: Macmillan.
- Brandt, Ron. (1984, September). Teaching of Thinking, for Thinking, about Thinking. *Educational Leadership*. 42(1): 3.
- Brannca, N.A. (1980). "Problem Solving as a Goal, Process, and Basic Skill. In S. Krulik and R.E. Reys (Eds.), "Problem Solving in School Mathematics": 1980 Year Book. P.3-8 Reston, VA: NCTM.
- Beauchamp, George A. (1981). *Curriculum Theory*. 4th ed. Illinois: F.E. Peacock.
- Bitter, Gary G.; Hatfield, Mary M.; & Edwards, Noney Tanner. (1989). *Mathematics Method of the Elementary and Middle Schools. A Comprehensive Approach*. Boston: Allyn and Bacon, Inc.
- Busse, Thomas V.; & Mansfield, Richard S. (1980). Theories of the Creative Process: A Review and a Perspective. *Journal of Creative Behavior*. 14(12): 96.

- Burdin, J. L.; & Mcaulay, J. D. (1971). *Elementary school curriculum and instruction: the teacher role*. New York: The Ronald Press Company.
- Buck, J.C. (2000,June). Building Connection among Classes of Polynomial Functions. *Mathematics Teacher*. 93(7): 591-594.
- Charles, Randall; Lester, Frank; & O'Daffer, Phares. (1987). *How to Evaluate Progress in Problem Solving*. Reston,Virginia: The National Council of Teacher of Mathematics.
- Charles, Randall; & Lester, Frank. (1982). *Teaching Problem Solving*. What Why & How. Dale Seymour Publication.
- Cai,Jinfa.;Jacabcsin,Mary S.; & Lane, Suzanne. (1996). Assessing Student's Mathematication. *School Science and Mathematics*. 96(5): 238-246. Retvieved December 4, 2015, from <http://www3.interscience.wiley.com>.
- Davis, G.A.; & Rimm.S.B. (1994). *Education of gifted and talented*. Boston : Allyn & Bacon.
- Drexel, Robert Earl. (1997, July). Connecting Common and Decimal Fraction Concepts: A Common Fraction Perspective. *Dissertation Abstracts International*. 58(6): 2119–A.
- Gerhard, Muriel. (1971). *Effective Teaching Strategies with the Behavioral Outcomes Approach*. New York: Paker.
- Goorich, H. (1997). *Understanding rubrics*.Retvieved, December 15, 2015, from <http://www.ascd.org/>
- Hancock, Lynn C. (1995). Enhancing Mathematics Learning with Open-Ended Questions. *Mathematics Teacher*. 88(6): 496.
- Haylock, D.W. (1987). *Mathematical Creativity in school children*. The journal of creative behavior. 21(1): 547-553.
- Heller; et al. (1989). Proportional reasoning: The Effect of the context variable rate type and problem settings. *Journal of Research in Science Teaching*. 209-211.
- Johanning, Debra I. (2000). "An Analysis of Writing and Post writing Group Collaboration InMiddle School Pre–Algebra," *School Science and Mathematics*. 100(3):151–160.
- Kennedy,Leonard M.; & Tipps, Steve. (1994). *Guiding Children's Learning ofMathematics*. 7th ed. California: Wadsworth.

- Krulik, Stephen.; & Rudnick Jesse A. (1993). *Reasoning and Problem Solving: A Handbook for Elementary School Teacher*. Boston: Allyn and Bacon.
- . (1996). *The New Sourcebook for Teaching Reasoning and Problem Solving in Junior and Senior High School*. Boston: Allyn and Bacon.
- Lannin, John K. (2001). Developing Middle School Students ' Understanding of Recursive and Explicit Reasoning. *Dissertation Abstracts International*. 62-02A.
- Lawson,M.J.; & Chinnappan M. (2000). KnowledgeConnectednessin Geometry Problem Solving. *Journal for Research in Mathematics Education*.31(1): 26-43.
- Mehrens,W.A.; & I.J.Lehmann. (1969). *Standard Test in Education*. New York: n.p.
- Mumme, Judith.; & Shepherd, Nancy. (1993). Communication in Mathematics. In *Implementing the K-8 Curriculum and Evaluation Standards*. Virginia: The NationalCouncil of Teachers of Mathematics.
- National Council of Teachers of Mathematics(NCTM). (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. United statesof America: Inc.
- . (1989). *Curriculum and EvaluationStandards for School Mathematic*. Virginia: National Council of Teacher ofMathematics.
- . (1995). *Principles and Standards for School Mathematics*. Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.
- O'Daffer, Phares G. (1990,May). "Inductive and Deductive Reasoning". *Mathematics Teacher*. 84(5): 378-380.
- Oliva,Peter F. (1992). *Developing The Curriculum*. 3rd ed. New York: Harper Collins.
- Palito,Carolyn M. (1977). *Interpersonal Communication*. California: Cummings.
- Piirto,Jane. (1994). *Talented Children and Adults: Their Development and Education*. New York: Macmillan College.
- Polya, George. (1985). *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method*. England: Penguin Books.
- Reys, Robert E.; et al. (2001). *Helping Children Learn Mathematics*. 6th ed. New York: John Wiley and Sons.

- Rodeheaver, L. R. (2000, January). A Case Study of Communication between Secondary Mathematics Student, Teacher and the Cooperative Teacher. *Dissertation Abstracts International*. 57(1): 61-03A.
- Roy, S. (1982). Mathematical Creativity-C It Be Taught at an Early Age?. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 13(12): 143-147.
- Rowan, Thomas E.; & Morrow, Lorna J. (1993). *Implementting K-8 Curriculum and Evaluation Standards: Reading from the Arithmetic Teacher*. Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics, Inc.
- RungfaJanjaruporn. (2005). *The Development of Problem-Solving Instructional Program to Develop Preservice Teacher' Competence in Solving Mathematical Problems and Their Beliefs Related to Problem Solving*. Bangkok: Graduate School, Srinakarinwirot University.
- Stenmark, J.K. (1991). *Mathematics Assessment : model, good question and practical Suggestion University of California*: The National Council of Teachers of Mathematic.
- Stiggins, Richard. (1997). *Student-Centered Classroom Assessment*. Columbus, Ohio: Merrill.
- Taba, H. (1962). *Curriculum development: theory and practice*. New York, NY: Harcourt, Brace & World.
- Thurber, Walter A. (1976). *Teaching Science in Today's Secondary School*. Boston: Allyn and Bacon.
- Toole, Cecilla Marie. (2001, September). Explaining Math Achievement by Examining its Relationship to Ethnic Background, Gender, and Level of Formal Reasoning. *Dissertation Abstracts International*. 62-03A: 953-A.
- Torrance, Paul E. (1973). *Guiding Creative Talent*. Englewood Cliffs. New Jersey: Prentice-Hall.
- Tyler, Ralph W. (1949). *Basic Principles of Curriculum and Instruction*. Chicago: University of Chicago Press.
- William, Kenneth M. (2003, March). Writing about the Problem-Solving Process to Improve Problem-solving Performance. *Mathematics Teacher*. 96(3): 185.

Xin, Yan Ping. (2003, June). *A Comparison of Two Instructional Approaches on Mathematical Word Problem Solving by Students with Learning Problems*. Retrieved May 01, 2007, from <http://www.eric.ed.gov/>





ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย



รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรคณิตศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้คณิตศาสตร์และแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1. อาจารย์ ดร.รุ่งทิวา แยมรุ่ง

คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน กรุงเทพมหานคร

3. อาจารย์พรจันทร์ ล่องสกุล

ครูชำนาญการ

โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี กรุงเทพมหานคร

ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทรงชัย อักษรคิด

คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

2. อาจารย์อวยพร แสงหิรัญ

ผู้ช่วยหัวหน้างานวิชาการ และครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา

โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

3. อาจารย์เกติษฐ์ จันทรขจร

อาจารย์คณิตศาสตร์

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน กรุงเทพมหานคร

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างเครื่องมือในการวิจัย

1. แบบสอบถามความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้
หลักสูตรคณิตศาสตร์ ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
2. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
ตามหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
3. การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำแนกตามราย
ทักษะที่ต้องการวัด
4. ตัวอย่างแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
และเกณฑ์การประเมินรูบรีค
5. แบบประเมินผลของการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์
และเกณฑ์การประเมินรูบรีค

**แบบสอบถามความคิดเห็นความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้หลักสูตร
คณิตศาสตร์ที่เน้นส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา**

คำชี้แจง โปรดพิจารณาแบบสอบถามและใช้เครื่องหมาย ✓ ให้ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ตอนที่ 1แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ระดับผู้บริหาร ตำแหน่ง.....

ระดับหัวหน้างาน/หัวหน้ากลุ่มสาระฯ ตำแหน่ง.....

ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ระดับ.....

อายุงาน ☐ 1-5 ปี ☐ 6-10 ปี ☐ 11-15 ปี ☐ 16-20 ปี ☐ 21 ปีขึ้นไป

ตอนที่ 2แบบสอบถามความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหลักสูตร/หน่วยการเรียนรู้ ที่ส่งเสริม
ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

5 หมายถึง ความต้องการจำเป็น ระดับมากที่สุด 4 หมายถึง ความต้องการจำเป็น ระดับมาก

3 หมายถึง ความต้องการจำเป็น ระดับปานกลาง 2 หมายถึง ความต้องการจำเป็น ระดับน้อย

1 หมายถึง ความต้องการจำเป็น ระดับน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความต้องการ				
	5	4	3	2	1
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
1. ควรพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่เน้นส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์					
2. ควรจัดหน่วยการเรียนรู้ที่มีความหลากหลายเหมาะกับผู้เรียน โดยเน้นการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning					
3. หน่วยการเรียนรู้ควรส่งเสริมสรณะและทักษะในศตวรรษที่ 21					
4. หน่วยการเรียนรู้ควรมีกิจกรรมกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และปฏิบัติอย่างมีขั้นตอนหรือกระบวนการ					
5. หน่วยการเรียนรู้ควรกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยการค้นพบ การแสวงหาความรู้ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง					
6. หน่วยการเรียนรู้ควรส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ มีการ					

รายการประเมิน	ระดับความต้องการ				
	5	4	3	2	1
จัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการทำงานเป็นกลุ่ม					
ด้านสื่อ/นวัตกรรม/แหล่งการเรียนรู้					
7. หน่วยการเรียนรู้ควรมีสื่อที่สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์					
8. ควรมีสื่อที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เข้าใจ สื่อความหมายได้ชัดเจน และเป็นรูปธรรม					
9. สื่อการเรียนรู้ที่จะประกอบหน่วยการเรียนรู้ควรช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างเป็นกระบวนการได้ง่ายและรวดเร็ว					
ด้านการวัดผลและประเมินผล					
10. ควรมีเครื่องมือในการประเมินผลงาน ภาระงาน/ชิ้นงาน ที่สะท้อนทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์					
11. ใช้เกณฑ์การประเมินด้วย Rubric ในการประเมินผลงาน ภาระงาน /ชิ้นงาน					
12. ควรมีการวัดผลและประเมินผลอย่างหลากหลาย เช่น การประเมินสภาพจริง การประเมินการปฏิบัติงาน การประเมินกระบวนการกลุ่ม เป็นต้น					

ตอนที่ 3แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเกี่ยวกับความต้องการในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.ท่านมีความคิดเห็นต่อความต้องการจำเป็นในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

2. การจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันท่าน ราชวิชาที่ท่านรับผิดชอบ มีการสอดแทรกทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือไม่ และมีการจัดการเรียนรู้อย่างไร

.....

.....

.....

3. ท่านมีความคิดเกี่ยวกับการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นทักษะและกระบวนการอย่างไร

.....

.....

.....

4. ท่านเห็นว่าสิ่งที่ควรส่งเสริมในหน่วยการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการควรมีทิศทางอย่างไร

.....

.....

.....

5. ท่านคิดว่าเมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นจะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

6. ข้อเสนอแนะอื่นๆ ในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้

.....

.....

.....

(ตัวอย่าง)แผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตด้วยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์”

หน่วยย่อยที่ 1 การแก้ปัญหาและยุทธวิธีการแก้ปัญหา จำนวน 4 คาบ

วิชา คณิตศาสตร์เพิ่มพูนประสบการณ์ ชั้น ม.3 กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์

1. มาตรฐานการเรียนรู้

ค 6.1 : มีความสามารถในการแก้ปัญหาลงมือให้เหตุผลการสื่อสารการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

1. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา
2. ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม
3. ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม
4. ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ ได้อย่างถูกต้อง และชัดเจน
5. เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1. ด้านความรู้นักเรียนสามารถ

- 3.1.1 แก้ปัญหาโดยใช้ยุทธวิธีการสร้างตาราง การแจกแจงรายการ และการเขียนภาพ
- 3.1.2 แก้ปัญหาโดยใช้ยุทธวิธีการดำเนินการย้อนกลับและยุทธวิธีอื่นๆ ที่เหมาะสม

3.2 ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์นักเรียน

- 3.2.1 อ่าน ตีความหมายปัญหา สร้างตารางเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ และใช้กระบวนการกลุ่มในการระดมสมองเพื่อแก้ปัญหา
- 3.2.2 สื่อสาร และสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์โดยใช้ การวัด การชั่ง ใช้จุด เส้น ภาพ หรือแผนภาพ ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ และนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาของตนเองและกลุ่ม

3.2.3 เชื่อมโยงการแก้สมการเพื่อแก้ปัญหา การวัด และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์สาขาอื่น

3.2.4 อธิบายโดยให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยคาดการณ์ในสถานการณ์ การทดลอง และความสมเหตุสมผลของคำตอบ

3.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์นักเรียนมีพฤติกรรม

3.3.1 ใฝ่รู้ใฝ่เรียนแก้ปัญหาสถานการณ์ด้วยความกระตือรือร้น

3.3.2 มุ่งมั่นการทำงานโดยพยายามแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน

3.3.3 การทำงานร่วมกับผู้อื่นร่วมกันคิดและทำกิจกรรมด้วยการระดมสมอง

3.3.4 รับผิดชอบต่องานกลุ่มที่ได้รับมอบหมาย

4. สาระสำคัญ

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในที่นี้เน้นที่ทักษะและกระบวนการที่จำเป็นและต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ได้แก่ความสามารถดังต่อไปนี้

ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การใช้ความคิดที่เป็นระบบ ความสามารถทางสติปัญญาด้านต่างๆ ทักษะ และประสบการณ์เดิมมาประกอบกันเพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาหาแนวทางปฏิบัติหรือวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

ทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ ความเข้าใจ การจัดการและสร้างสรรค์ด้วยวาจาอย่างมีประสิทธิภาพ การสื่อสารด้วยการเขียนและการใช้สื่อมัลติมีเดียในรูปแบบและบริบทที่หลากหลาย การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพ ให้ความเคารพต่อความคิดเห็นและการมีส่วนร่วมของผู้อื่น

5. สาระการเรียนรู้

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาใดๆ แม้ว่าเนื้อหาสาระของปัญหาอาจแตกต่างกัน แต่กระบวนการแก้ปัญหาโดยทั่วไปไม่แตกต่างกัน จอร์จโพลยา เสนอแนะวิธีฝึกฝนการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหา 5 ขั้นตอน ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา แก้ปัญหา ตอบปัญหา และตรวจสอบคำตอบ ซึ่งยุทธวิธีการแก้ปัญหามีหลายวิธี เช่น ทำตาราง เขียนแผนภาพ ค้นหาแบบรูป ใช้สมการ/อสมการ การเดา-ตรวจสอบ-ปรับปรุง การดำเนินการย้อนกลับ หรืออาจใช้เหตุผลเชิงตรรกศาสตร์

ยุทธวิธีการสร้างตารางการแจกแจงรายการ จะช่วยเราในการจัดระบบของข้อมูลเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดของข้อมูลและทำให้ง่ายต่อการคำนวณหรือหาคำตอบโดยอาจมีการขยายตารางเพื่อแก้ปัญหานั้น

6. กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรม 1	สามปัญหาพาสหุก	
	การแก้ปัญหาโดยใช้ยุทธวิธีสร้างตาราง เขียนแผนภาพ	2 คาบ

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Method : 5E)

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ(Engage)

1.1. ครูนำเข้าสู่การเรียนรู้ โดยใช้คำถามนำนักเรียนเรื่องการวัด เกี่ยวกับการชั่งน้ำหนักของตนเอง การชั่งน้ำหนักของสิ่งของต่างๆ และเชื่อมโยงถึงเครื่องมือที่ใช้ในการชั่งโดยนำภาพของตาชั่ง ซึ่งมีหลายชนิดเช่น ตาชั่งแขนเดียว ตาชั่ง 2 แขน โดยเปิดจาก Power Point

1.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมชั่งสิ่งของโดยใช้เครื่องชั่งสองแขน จากนั้นครูสุ่มตัวแทนนักเรียนอธิบายวิธีการชั่งสิ่งของโดยใช้เครื่องชั่งสองแขน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

2.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มจับกลุ่ม ๓-๔ คนแล้วให้แต่ละคู่ร่วมกันศึกษาใบงานที่ 1 ยุทธวิธีแก้ปัญหา โดยใช้ตาราง ปัญหา 1 เครื่องชั่งสองแขนกับปัญหาลูกตุ้ม

ถ้านักเรียนใช้ตาชั่ง 2 แขน ซึ่งใช้หลักการสมดุลซึ่งสิ่งของ โดยมีลูกตุ้มขนาด 842 และ 1 หน่วย อย่างละ 1 ลูก จะชั่งของที่มีน้ำหนักเท่าใดได้บ้าง

ปัญหาที่ 1 ลูกตุ้มชั่งน้ำหนัก

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันเสนอแนะเพื่อหาแนวคิดว่าจะต้องทำลูกตุ้มน้ำหนักเท่าใดบ้าง และต้องทำจำนวนกี่ลูก

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้(Explain)

3.1 นักเรียนแต่ละคู่ศึกษาทำความเข้าใจจนกระจ่างชัดเจนแล้วให้รวมกลุ่ม 4 คน และอธิบายแลกเปลี่ยนความรู้กันจนเข้าใจตรงกัน จากนั้นสรุปแนวคิดที่ได้ของกลุ่มพร้อมทั้งตอบคำถามท้ายกิจกรรมลงในกระดาษ A4

3.2 ครูสุ่มตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลงานที่เป็นแนวคิดของกลุ่ม และคำตอบท้ายกิจกรรมจากนั้น
ครูและนักเรียน ที่เหลือร่วมกันตรวจสอบความถูกต้อง และร่วมกันซักถามและเสนอแนวคิดที่
แตกต่าง

3.3 ครูให้นักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน

1.ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

สิ่งที่กำหนดคืออะไร (สิ่งที่กำหนดให้คือ ลูกตุ้มขนาด 842 และ 1 หน่วยอย่างละ 1 ลูก
จะใช้ลูกตุ้มนี้ แสดงน้ำหนักเท่าใดได้บ้าง การใช้ลูกตุ้มน้ำหนัก
อาจใช้ครั้งละ 1 ลูก 2 ลูก 3 ลูก หรือ 4 ลูกก็ได้)

2.ขั้นวางแผนแก้ปัญหา

ถ้านำลูกตุ้มมาใช้ร่วมกันก็จะสามารถหั่งเปรียบเทียบสิ่งของ
น้ำหนักต่างๆ กันได้ ดังนั้น เพื่อให้สามารถมองเห็นกรณีต่างๆ ที่
เป็นไปได้จึงควรใช้ตารางแสดงกรณีต่างๆ ของน้ำหนักของลูกตุ้ม
สร้างตารางแสดงการใช้ลูกตุ้มกับน้ำหนักที่ได้จากการนำลูกตุ้ม
เรียงลำดับจากน้อยไปมาก

3.ขั้นดำเนินการตามแผน

ขนาดลูกตุ้ม				น้ำหนักรวมที่ได้
8	4	2	1	
			✓	1
		✓		2
		✓	✓	3
	✓			4
	✓		✓	5
	✓	✓		6
	✓	✓	✓	7
✓				8
✓			✓	9
✓		✓		10
✓		✓	✓	11
✓	✓			12
✓	✓		✓	13
✓	✓	✓		14
✓	✓	✓	✓	15

4. ขั้นตรวจสอบ

พิจารณากรณีต่างๆ ที่เป็นไปได้โดยพิจารณาจากน้ำหนักรวมที่ได้จากการใช้ลูกตุ้ม 1 2 3 หรือ 4 ลูก ครั้งละ 1 ลูก ซึ่งแต่ละกรณีเรียนลำดับน้ำหนักจากน้อยไปมาก

จำนวนลูกตุ้ม	ขนาดลูกตุ้ม				น้ำหนักรวมที่ได้
	8	4	2	1	
1 ลูก				✓	1
			✓		2
		✓			4
	✓				8
2 ลูก			✓	✓	3
		✓		✓	5
	✓			✓	9
		✓	✓		6
	✓		✓		10
	✓	✓			12
3 ลูก		✓	✓	✓	7
	✓	✓		✓	11
	✓		✓	✓	13
	✓	✓	✓		14
4 ลูก	✓	✓	✓	✓	15

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Expand)

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้สิ่งใดบ้างจากกิจกรรมนี้ให้นักเรียนช่วยกันสรุปอภิปราย ให้นักเรียนจับคู่กันช่วยกันระดมความสมองเมื่อเพิ่มตุ้มน้ำหนักขนาด 16 หน่วย เข้าไปเพิ่มอีก 1 ลูก จะสามารถนำไปซึ่งเปรียบเทียบสำหรับสิ่งของที่มีขนาดน้ำหนักเท่าใดได้บ้างจากหนังสือเรียน เมื่อนักเรียน

แต่ละคนในกลุ่มคิดหาคำตอบเสร็จเรียบร้อยแล้วให้จับคู่กับเพื่อนในกลุ่มผลัดกันอธิบายคำตอบที่ตนทำไว้จากนั้นให้นักเรียนรวมกลุ่ม ผลัดกันอธิบายคำตอบของกิจกรรมที่ทำไว้

4.2 ครูสุ่มตัวแทนกลุ่ม 3-5 กลุ่ม นำเสนอคำตอบของกิจกรรมหน้าชั้นเรียนโดยครูเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้อง

อุทัยเลี้ยงปลาจึงต้องมีหน้าที่คอยเลี้ยงดูเอาใจใส่อยู่ 3 เรื่องได้แก่ต้องให้อาหารปลาทุกๆ 3 วัน
ล้างตู้ปลาทุกๆ 8 วันและใส่สารเคมีเพื่อปรับสภาพน้ำทุกๆ 4 วัน วันนี้อุทัยเป็นวันที่ต้อง
ทำงานทั้ง 3 อย่างนี้พร้อมกันอีกก็วันเขาจึงจะทำงาน 3 อย่างนี้พร้อมกันอีก

ปัญหาที่ 2 หน้าที่รับผิดชอบของอุทัย

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เรารู้อะไรจากโจทย์บ้าง
 อุทัยให้อาหารปลาทุกๆ 3 วัน
 เขาต้องล้างตู้ปลาทุกๆ 8 วันและ
 เขาต้องใส่สารเคมีทุกๆ 4 วัน
 โจทย์ถามอะไร
 อีกกี่วันเขาจึงจะทำงาน 3 อย่างนี้พร้อมกันอีก
2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เลือกใช้ยุทธวิธีการสร้างตารางมาแก้ปัญหานี้ทำโดยสร้างตาราง
 เป็นสามแถวและแต่ละคอลัมน์จะบอกจำนวนวันของภาระงานแต่
 ละอย่างขยายตารางไปจนกว่าจำนวนในแนวตั้งของแต่ละแถวมีค่า
 เดียวกันเป็นครั้งแรกซึ่งก็คือจำนวนที่อุทัยจะต้องทำงาน 3 อย่างนี้
 พร้อมกันอีก
3. ขั้นดำเนินการตามแผน สร้างตารางออกเป็น 3 แถวตามแนวนอนส่วนจำนวนช่องตาม
 แนวตั้งขึ้นกับข้อมูลที่เกิดจำนวนที่เท่ากัน

ให้อาหาร	3	6	9	12	15	18	21	24	27
ล้างตู้ปลา	8	16	24	32	40	48	56	64	72
ใส่สารเคมี	4	8	12	16	20	24	28	32	36

จากตารางจะพบจำนวนน้อยที่สุดที่เป็นตัวคูณร่วมของทั้งสามแถวจำนวนนั้นคือ 24 ซึ่งเป็น
 คำตอบของคำถามข้อนี้จำนวนน้อยที่สุดที่เป็นตัวคูณร่วมของทั้งสามแถวคือ 24

∴ อุทัยจะทำงาน 3 อย่างนี้พร้อมกันต้องใช้เวลามาก 24 วัน

4. ขั้นตรวจคำตอบ เป็นการพิจารณาคำตอบที่ได้ถูกต้องสมเหตุผลหรือไม่โดยใช้การ
 หารดังนี้ $24/3 = 8$, $24/8 = 3$ และ $24/4 = 6$

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล(Evaluate)

5.1 ครูตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนจากการทำกิจกรรมที่ผ่านมา และจากการตอบ
 คำถาม เมื่อนักเรียนเข้าใจกระบวนการคิดแก้ปัญหานี้

5.2 ครูตรวจสอบความรู้ความเข้าใจเพิ่มเติม(หากบางกลุ่มยังไม่เข้าใจ) ครูยกปัญหาที่ 3 ให้
 นักเรียนร่วมแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษา

น้องทิกเกอร์เก็บเงินอยู่ในออมสินมีเงินอยู่ 410 บาทเป็นธนบัตรใบละ 50 บาทและ 20 บาท รวม 13 ใบ อยากทราบว่าน้องทิกเกอร์มีธนบัตรใบละ 50 บาทและ 20 บาทอย่างละกี่ฉบับ

ปัญหา 3 เงินในออมสินของน้องทิกเกอร์

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เรารู้อะไรจากโจทย์บ้าง
 น้องทิกเกอร์มีเงินอยู่ 410 บาทเขามีธนบัตรใบละ 50 บาท และมี
 ธนบัตรใบละ 20 บาทรวมกัน 13 ใบ
 โจทย์ถามอะไรเขามีธนบัตรอย่างละกี่ฉบับ
2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เลือกใช้ยุทธวิธีการสร้างตารางมาแก้ปัญหานี้ทำโดยสร้างตาราง
 เป็น 3 คอลัมน์และแต่ละคอลัมน์ จะบอกจำนวนธนบัตรใบละ 50 มี
 จำนวนฉบับและมูลค่า และธนบัตร 20 บาท จำนวนฉบับ และ
 มูลค่า รวมทั้ง เงินที่มีได้
3. ขั้นดำเนินการตามแผน สร้างตารางออกเป็น 3 แถวตามแนวตั้งส่วนจำนวนช่องตาม
 แนวตั้งขึ้นกับข้อมูลที่เกิดจำนวนที่เท่ากันแจกแจงกรณีได้ดังนี้

ธนบัตร 50		ธนบัตร 20		รวม ทั้งหมด (บาท)
จำนวน (ฉบับ)	รวม (บาท)	จำนวน (ฉบับ)	รวม (บาท)	
13	650	0	0	650
12	600	1	20	620
11	550	2	40	590
10	.	3		
9	.	4		
8	.	5		
7	.	6		
6		7		
5		8		
4		9		
3		10		
2		11		
1		12		
0		13		

4. ชั้นตรวจสอบเป็นการพิจารณาคำตอบที่ได้ โดยใช้การคูณตรวจสอบลงในสมการ เช่น

1. สอดคล้องกับเงื่อนไข ธนบัตร 13 ใบหรือไม่

2. จำนวนธนบัตร $50x+20y=410$ หรือไม่

เสริมประสบการณ์

1. ครูให้นักเรียนแบ่งเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4 คน ช่วยกัน ทำโจทย์จากสถานการณ์ กลุ่มละ 1 สถานการณ์ โดยจับสลากทุกกลุ่มต้องแสดงวิธีคิดตามขั้นตอนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน โดยมีปัญหาจากใบงานที่ 2 สนุกกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2. เมื่อแต่ละกลุ่มทำเสร็จแล้วให้นักเรียนส่งตัวแทนออกมา เลือกอธิบายเพียง 1 ข้อ และอภิปรายร่วมกับกลุ่มอื่น ๆ

กิจกรรม 2	ระดมสมอง ประลองปัญญา	
	การแก้ปัญหาโดยใช้ยุทธวิธีทำย้อนกลับ	2 คาบ

1. ครูนำเข้าสู่การแก้ปัญหาโดยวิธีทำย้อนกลับ โดยครูยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหา 4 ที่เริ่มต้นแก้ปัญหาโดยพิจารณาจากผลลัพธ์ สุดท้ายแล้วค่อยย้อนกลับมาสู่ตัวปัญหาอย่างมีขั้นตอน ซึ่งเป็นกระบวนการคิดวิเคราะห์โดยพิจารณาจากผลไปหาเหตุ ดังนี้

คำสอน “การให้เป็นเหตุให้มีความสุขยิ่งกว่าการรับ” เป็นข้อความที่เด็กชายชาмуเอล ยึดถือปฏิบัติ ทุกปีในวันเกิด เด็กชายชาмуเอลจึงหยิบไข่จนเต็มตระกร้าเดินออกจากบ้าน เขาจะให้ไข่ครึ่งหนึ่งของทั้งหมดที่มีอยู่ในตะกร้า แล้วแถมอีก 1 ฟอง ให้กับคนที่เขาพบ โดยเด็กชายชาмуเอลทำเช่นนั้นกับสามคนแรกที่ได้พบ ปรากฏว่าเหลือไข่ในตะกร้า 1 ฟอง อยากทราบว่าก่อนออกนอกบ้านเขาหยิบไข่ใส่ตะกร้ากี่ฟอง

ปัญหา 4 ปัญหาการแจกไข่

2.ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา

1.ชั้นทำความเข้าใจปัญหา เรารู้อะไรจากโจทย์บ้าง ชาмуเอล แจกไข่ให้กับคนที่เขาพบ
คนแรกที่พบจำนวนครึ่งหนึ่งของที่มีอยู่ในตะกร้าและแถมให้อีก 1 ฟอง
คนที่สองที่พบ ได้รับไข่จำนวนครึ่งหนึ่งของที่เหลืออยู่ในตะกร้า และแถมให้อีก 1 ฟอง
คนที่สาม ก็ได้รับไข่ครึ่งหนึ่งของที่มีอยู่ในตะกร้าและแถมให้อีก 1 ฟองเช่นกันเหลือไข่อยู่ 1 ฟองในตะกร้า
 โจทย์ถามอะไรเรามีไข่มาก่อนแจกในตะกร้าอยู่ที่ฟอง

2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา พิจารณาผลย้อนกลับขึ้นมาหาเหตุโดยหว่าก่อนแจกไขให้กับคนที่ 3 มีไขในตะกร้ากี่ฟอง ก่อนแจกให้คนที่ 2 มีไขในตะกร้ากี่ฟอง และ ก่อนแจกให้คน แรกมีไขในตะกร้ากี่ฟองตามลำดับ
3. ขั้นดำเนินการตามแผน 3.1 หาจำนวนไขในตะกร้าก่อนแจกคนที่ 3 เหลือไขในตะกร้า 1 ฟองรวม กับไขที่เพิ่มให้คนที่สาม 1 ฟอง รวมเป็น 2 ฟองจำนวนนี้คือ ครึ่งหนึ่งของจำนวนไขในตะกร้าก่อนแจกให้คนที่สาม
(คนที่สามได้รับไข $2+1=3$ ฟอง)
ดังนั้นก่อนแจกให้กับคนที่สามต้องมีไขก่อนแจกในตะกร้า $2*2=4$
- 3.2 หาจำนวนไขในตะกร้าก่อนแจกให้กับคนที่สอง ก่อนแจกให้คนที่ 3 มีไขเหลือในตะกร้า 4 ฟอง รวมกับไขที่แถมให้คนที่สองอีก 1 ฟอง รวมเป็น 5 ฟอง จำนวนนี้จำนวนนี้คือครึ่งหนึ่งของ จำนวนไขใน ตะกร้าก่อนแจกให้คนที่สอง (คนที่สองได้รับไข $5+1=6$ ฟอง)
ดังนั้นก่อนแจกให้กับคนที่สามต้องมีไขก่อนแจกในตะกร้า $2*5=10$
- 3.3 หาจำนวนไขในตะกร้าก่อนแจกให้กับคนที่แรก ก่อนแจกให้คนที่ สอง มีไขเหลือในตะกร้า 10 ฟอง รวมกับไขที่แถมให้คนที่สองอีก 1 ฟอง รวมเป็น 11 ฟอง จำนวนนี้จำนวนนี้คือครึ่งหนึ่งของ จำนวน ไขในตะกร้าก่อนแจกให้คนที่ แรก(คนแรกได้รับไข $11+1=12$ ฟอง)
ดังนั้นก่อนแจกให้กับคนที่สามต้องมีไขก่อนแจกในตะกร้า
 $2*11=22$
4. ขั้นตรวจคำตอบ เป็นการพิจารณาคำตอบที่ได้ถูกต้องสมเหตุสมผลหรือไม่โดยใช้ การตรวจสอบโดยนำไขไป 22 ฟองใส่ลงในตะกร้า แล้วให้นักเรียน ออกมาแสดง บทบาทตามสถานการณ์ของโจทย์
2. ครูยกตัวอย่างปัญหาที่เน้นเรื่องราวของการกระทำเป็นขั้น ๆ เกี่ยวกับจำนวน บอกผลลัพธ์ทีละขั้น สุดท้ายแล้วหาจำนวนเริ่มต้น ซึ่งยุทธวิธีที่ใช้แก้ปัญหาเช่นนี้ เรียกว่า “การดำเนินการย้อนกลับ” โดย ครูใช้คำถามนำให้นักเรียนตอบถึงแต่ละขั้นตอนแล้วเขียนลงบนกระดานทีละขั้น เช่น

น้องเกตุเปิดบัญชีออมทรัพย์ในวันจันทร์ เริ่มต้นด้วยเงินรายได้พิเศษที่ได้รับในสัปดาห์แรก วันอังคารฝากเงินเข้าบัญชีอีก 7500 บาท ถอนเงิน 6900 บาท ในวันพุธเพ่งซื้อชุดว่ายน้ำและ ถอนเงินอีก 4500 บาท ในวันพฤหัสบดีเป็นค่าใช้จ่ายอื่นๆ วันศุกร์น้องเกตุถอนเงินครึ่งหนึ่งของเงินที่มีอยู่เพื่อซื้อเสื้อผ้า ปรากฏว่าเหลือเงินในบัญชีอีก 3750 บาท น้องเกตุเปิดบัญชีไว้เริ่มต้น ด้วยเงินเท่าใด

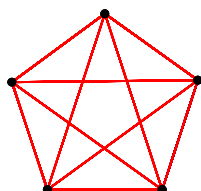
ปัญหา 5 เงินฝากของน้องเกตุ

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วันจันทร์ น้องเกตุเปิดบัญชีออมทรัพย์ด้วยเงินจำนวนหนึ่ง
วันอังคาร ฝากเงินเข้าบัญชีเพิ่มด้วยเงิน 7500 บาท
วันพุธ ถอนเงิน 6900 บาท วันพฤหัสบดีถอนเงินอีก 4500 บาท
วันศุกร์ถอนเงินครึ่งหนึ่งของเงินที่มีอยู่ในบัญชี คงเหลือเงิน 3750 บาท
โจทย์ถามอะไรจำนวนเงินเริ่มต้นที่เปิดบัญชี
2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ในการแก้ปัญหานี้สามารถเริ่มต้นจากเงินที่เหลืออยู่ในบัญชี
วันศุกร์ แล้วดำเนินการย้อนกลับโดยใช้การดำเนินการที่ตรงกัน
ข้าม
3. ขั้นดำเนินการตามแผน/คำตอบ

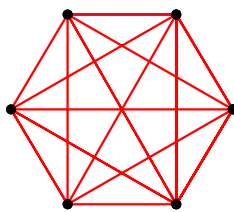
ข้อมูลตามลำดับ	ดำเนินการย้อนกลับ
เปิดบัญชี เริ่มต้นด้วยเงิน x บาท	11400
ฝากเงิน บวก 7500	ลบ 7500 = 11400
ถอนเงิน ลบ 6900	บวก 6900 = 18900
ถอนเงิน ลบ 4500	บวก 4500 = 12000
ถอนเงินครึ่งหนึ่ง (หารด้วย 2)	คูณ $23750 \times 2 = 7500$
คงเหลือเงินในบัญชี 3750	3750

4. ขั้นตรวจคำตอบ เป็นการพิจารณาคำตอบที่ได้ถูกต้องสมเหตุสมผลหรือไม่โดย
แสดงวิธีนำคำตอบมากระทำตามข้อมูลตามลำดับโดยแล้วให้
นักเรียนออกมาแสดง วิธีคิดตามสถานการณ์ของโจทย์
3. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มช่วยกันทำกิจกรรมจากปัญหาที่ 6 และปัญหาที่ 7 โดยให้แต่ละกลุ่มระดม
สมองช่วยกันคิด และเสนอแนวคิด แล้วเขียน/วาดภาพ

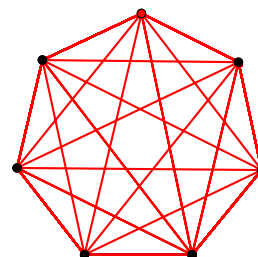
จำนวน 5 คน



จำนวน 6 คน



จำนวน 7 คน



นำผลที่ได้มาเขียนลงในตาราง

จำนวนคนที่ร่วมงาน	1	2	3	4	5	6	7
จำนวนคู่ที่ไหว้วสันตักัน	0	1	3	6	10	15	21
ลักษณะการเพิ่มขึ้น		0+1	1+2	3+3	6+4	10+5	15+6

4. ขั้นตรวจคำตอบ

เป็นการพิจารณาคำตอบที่ได้ว่า ถูกต้องสมเหตุสมผล หรือตรงกับความเป็นจริงหรือไม่สำรวจรูปที่สร้างขึ้น ซึ่งใช้จำนวนจุดแทนจำนวนคนที่มาร่วมงานและจำนวนส่วนของเส้นตรงแทนจำนวนคู่ที่ไหว้วสันตักัน พบว่า รูปที่มีจำนวนส่วนของเส้นตรงทั้งหมด 21 เส้น คือรูปที่มีจุด 7 จุด ดังนั้น มีคนร่วมงานเลี้ยงครั้งนี้ทั้งหมด 7 คน ลองให้นักเรียน 7 คน ออกมาไหว้วสันตักันและกัน โดยนักเรียนแต่ละคนต้องไหว้วสันตักัน นักเรียนที่เหลืออีก 6 คนให้ครบ ตรวจนับจำนวนคู่ที่ไหว้วสันตักัน ได้ 21 คู่จริงหรือไม่

7. สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

1. สไลด์ Power Point เรื่อง การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และยุทธวิธีการแก้ปัญหา
2. ไข่ไก่ / ตะกร้า / นาฬิกา / ตาขังสองแขน
3. ใบกิจกรรม การแก้ปัญหาและยุทธวิธีการแก้ปัญหา
4. ใบงาน 1 สนุกกับยุทธวิธีการแก้ปัญหาด้วยยุทธวิธีการสร้างตาราง และแผนภาพ
5. ใบงาน 2 การแก้ปัญหาโดยการดำเนินการย้อนกลับ

8. การวัด / เกณฑ์การประเมิน/ประเมินผล

8.1 การวัดผลและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด/ประเมิน	วิธีการ	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ 1.ฝึกแก้ปัญหาโดยใช้ยุทธวิธีการสร้างตาราง การแจกแจงรายการ และการเขียนภาพ 2.ฝึกแก้ปัญหาโดยใช้ยุทธวิธีการดำเนินการย้อนกลับและยุทธวิธีอื่นๆ ที่เหมาะสม	1.ตรวจจากใบกิจกรรม และใบงาน 2.การสังเกต	1.ใบกิจกรรมและใบงาน 2.แบบประเมินทักษะการแก้ปัญหา	1.ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป 2.มีคะแนนอยู่ในระดับร้อยละ 80 ขึ้นไป
ด้านทักษะและกระบวนการ 1.การแก้ปัญหาจากสถานการณ์ 2.การสื่อสาร และการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ 3.การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ 4.การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยคาดการณ์ในสถานการณ์ การทดลอง ให้เหตุผลได้	1.ตรวจจากใบกิจกรรมและใบงาน 2.การสังเกตจากการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้	1.ใบกิจกรรมและใบงาน 2.แบบสังเกตการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้	1.ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป 2.มีคะแนนอยู่ในระดับร้อยละ 80 ขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 1.มีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน/กระตือรือร้น 2.มุ่งมั่นการทำงาน 3.มีทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น	การสังเกตจากพฤติกรรม การร่วมกิจกรรม การเรียนรู้	แบบประเมินผลด้านพฤติกรรม	ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป

9.บันทึกหลังการสอน

ผลของการสอน การสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน/ผู้เรียน

นักเรียนเกิดการเรียนรู้สิ่งใดบ้างจากกิจกรรมนี้

.....

.....

นักเรียนค้นพบตนเองเกี่ยวกับทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่ควรได้รับการพัฒนา

.....

.....

นักเรียนเกิดทักษะใดในกิจกรรมนี้บ้าง

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

(นายหนันทพล มียิ่ง)

อาจารย์ผู้สอน

/ / ____

ใบงานที่ 1

สนุกกับยุทธวิธีการแก้ปัญหาด้วยยุทธวิธีการสร้างตาราง และการเขียนแผนภาพ

1. อริสาเลี้ยงนกขุนทองไว้จำนวนหนึ่งเธอต้องให้อาหารเม็ดทุกๆ 2 วันเปลี่ยนถ้วยน้ำทุกๆ 3 วันและทำความสะอาดทุกๆ 5 วันวันนี้อริสาทำงานทั้ง 3 อย่างนี้พร้อมกันอีกกี่วันเธอจึงจะทำงานพร้อมกันเช่นนี้อีกครั้ง
2. ฌัฐนิชาไปเที่ยวชายทะเลเธอเก็บเปลือกหอย 10 ชิ้นในวันจันทร์และเก็บ 6 ชิ้นในแต่ละวันตั้งแต่วันอังคารถึงวันศุกร์วันศุกร์ ฌัฐนิชาเก็บเปลือกหอยได้รวมทั้งหมดกี่ชิ้น
3. ในร้านขายของชำแห่งหนึ่งมีขนมราคาแตกต่างกันอยู่ 3 ชนิด ชนิดที่หนึ่งราคาชิ้นละ 2 บาทชนิดที่สองราคาชิ้นละ 5 บาทและชนิดที่สามราคาชิ้นละ 10 บาท วันหนึ่งมีแม่และลูกชายเข้ามาซื้อของในร้านแห่งนี้ลูกชายเห็นขนมและอยากได้จึงร้องขอให้แม่ซื้อให้แม่บอกให้ลูกชายเลือกหยิบขนมเองตามใจชอบมา 3 ชิ้นอยากทราบว่าแม่ต้องจ่ายเงินเป็นค่าขนมให้ลูกชายเป็นจำนวนเงินเท่าไรบ้าง
4. อารีเล่นเกมอย่างหนึ่ง 7 เกมจะชนะ 5 เกมถามว่า ถ้าอารีเล่นเกมแพ้ 12 เกมอารีต้องเล่นเกมทั้งหมดกี่เกม
5. ในห้องสมุดแห่งหนึ่งมีจำนวนผู้ใหญ่ครึ่งหนึ่งของเด็กต่อมามีเด็กหญิง 3 คนและเด็กชาย 4 คนออกไปจากห้องสมุดทำให้มีผู้ใหญ่มากกว่าเด็กอยู่ 1 คนจงหาว่าเดิมมีคนอยู่ในห้องสมุดกี่คน
6. ฟาร์มเลี้ยงสัตว์แห่งหนึ่งเลี้ยงเป็ดและหมูไว้เมื่อนับตัวสัตว์รวมกันได้ 80 ตัวถ้านับขา รวมกันได้ 186 ขาอยากทราบว่าฟาร์มแห่งนี้เลี้ยงเป็ดไว้กี่ตัวและเลี้ยงหมูไว้กี่ตัว
7. ไฟกะพริบ 3 ดวงดวงที่ 1 กะพริบทุก 6 วินาทีหลังจากไฟดวงที่ 1 กะพริบอีก 2 วินาทีไฟดวงที่ 2 จะกะพริบหลังจากไฟดวงที่ 2 กะพริบอีก 3 วินาทีไฟดวงที่ 3 จะกะพริบไฟทั้ง 3 ดวงกะพริบพร้อมกันครั้งแรกแล้วจะมีโอกาสกะพริบพร้อมกันอีกหรือไม่ถ้ากะพริบพร้อมกันอีกเป็นครั้งที่สองเมื่อเวลาผ่านไปกี่วินาที
8. A เป็นจำนวนนับจำนวนหนึ่งที่มีค่าน้อยกว่า 1,000 ถ้า A ถูกหารด้วย 5 จะเหลือเศษ 4 ถ้าถูกหารด้วย 7 จะเหลือเศษ 2 ถ้าถูกหารด้วย 11 จะเหลือเศษ 6 และถ้าถูกหารด้วย 13 จะเหลือเศษ 9 จงหาจำนวน A ที่มีค่ามากที่สุดที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขทั้งหมดที่กำหนดให้

ใบงานที่ 2

การแก้ปัญหาโดยการดำเนินการย้อนกลับ

1. การแข่งขันวอลเลย์บอลจะเริ่มเล่นเวลา 10.00 น. ทองใบต้องการไปให้ทันชมการแข่งขัน โดยที่ทองใบต้องใช้เวลาเดินทางจากบ้านถึงสนามแข่งขันประมาณ 1 ชั่วโมงและใช้เวลาเตรียมตัวก่อนออกเดินทาง 30 นาทีทองใบต้องออกจากบ้านเวลาใดจึงจะไปทันชมการแข่งขันวอลเลย์บอล
2. ยอดใช้เวลากินข้าวกลางวัน 35 นาทีใช้เวลาวาดรูปด้วยสีน้ำมัน 1 ชั่วโมงและใช้เวลาอ่านหนังสือ 30 นาทีเสร็จทั้งสามกิจกรรมนี้แล้วปรากฏว่าเป็นเวลา 15.00 น. ถ้าวัดเวลาที่ยอดเริ่มกินข้าวเวลาใด
3. ในระหว่างการก่อสร้างโครงการหนึ่งมีสามบริษัททำร่วมกันคือ A, B และ C ซึ่งทั้งสามบริษัทกำลังขาดแคลนรถแทรกเตอร์จึงใช้วิธีช่วยเหลือกันโดยการให้ยืมรถแทรกเตอร์ซึ่งกันและกันตามความจำเป็นครั้งแรก A ให้ B และ C ยืมรถแทรกเตอร์มาเท่ากับจำนวนที่แต่ละบริษัทมีอยู่ต่อจากนั้น B ให้ A และ C ยืมรถแทรกเตอร์มาเท่ากับจำนวนที่แต่ละบริษัทมีอยู่แล้วต่อจากนั้น C ให้ A และ B ยืมรถแทรกเตอร์มาเท่ากับจำนวนที่แต่ละบริษัทมีอยู่แล้วหลังจากการให้ยืมปรากฏว่าทั้งสามบริษัทมีรถแทรกเตอร์อยู่บริษัทละ 24 คันเท่าๆกันถ้าวัดรถแทรกเตอร์ที่แต่ละบริษัทมีอยู่ตั้งแต่แรกมีบริษัทละกี่คัน
4. ปอมมีแสดมปี จำนวนหนึ่งเธอให้น้องชายไป 37 ดวงให้น้องสาวไป 18 ดวงแต่ก็ได้รับจากเพื่อนมา 25 ดวงทำให้ขณะนี้ปอมมีแสดมปี 112 ดวงเดิมปอมมีแสดมปีกี่ดวง
5. ใจดีมีลูกอมจำนวนหนึ่งเขาแบ่งให้พอใจไปครึ่งหนึ่งและแถมให้อีก 3 เม็ดแล้วแบ่งให้พอดีครึ่งหนึ่งของที่เหลือและแถมให้อีก 5 เม็ดต่อจากนั้นแบ่งให้เพียงพอไปครึ่งหนึ่งของที่เหลือและแถมให้อีก 9 เม็ดสุดท้ายใจดีเหลือลูกอม 2 เม็ดเดิมใจดีมีลูกอมกี่เม็ด
6. เด็ก 3 คนได้แก่ A, B และ C มีเหรียญรวมกันได้ 21 เหรียญถ้า A นำเงินของตนเองไปให้ B 2 เหรียญ B นำเงินของตนเองไปให้ C 3 เหรียญส่วน C นำเงินของตนเองไปให้ A 1 เหรียญจะทำให้ทุกคนมีจำนวนเหรียญเท่ากันถ้าวัดว่า A, B และ C เดิมมีเหรียญคนละกี่เหรียญ

ตาราง 18 แสดงการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำแนกตามรายทักษะที่ต้องการวัดจากข้อที่คัดเลือกไว้ตามเกณฑ์ จำนวน 7 ข้อ

ทักษะที่ต้องการวัด ข้อที่	ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์					รวม
	แก้ปัญหา	ให้เหตุผล	สื่อสาร	เชื่อมโยง	คิดสร้างสรรค์	
1	✓	✓		✓		3
3	✓	✓			✓	3
7		✓	✓		✓	3
9	✓		✓		✓	3
10		✓	✓	✓		3
13	✓	✓		✓		3
14			✓	✓	✓	3
รวม	4	5	4	4	4	

จากตาราง 18 แสดงการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยจำแนกข้อสอบรายข้อ ในแต่ละทักษะที่ต้องการวัดแต่ละข้อ แต่ละข้อวัดจำนวน 3 ทักษะ แต่ละทักษะจะวัดซ้ำในแต่ละข้อในจำนวนที่ใกล้เคียงกัน เพื่อให้ครอบคลุมทุกทักษะ ซึ่งแต่ละข้อจะมีคะแนนเต็ม 15 คะแนน (ทักษะละ 5 คะแนน)

(ตัวอย่าง)

**แบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ฉบับนี้มีจำนวน7ข้อแต่ละข้อมีคะแนนข้อละ15คะแนน (ทักษะละ 5 คะแนน)
2. ให้นักเรียนเขียนอธิบายขั้นตอนการคำนวณและแสดงแนวทางที่ทำให้ได้คำตอบอย่างละเอียดและเป็นขั้นตอนโดยอาศัยแนวคิดความรู้หลักการทางวิชาคณิตศาสตร์ที่สามารถนำมาใช้ในการคำนวณ เพื่อหาคำตอบหรือแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม



ข้อสอบข้อที่ 1 (ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์)

ปัจจุบันโลกมีการแพร่กระจายข่าวได้อย่างรวดเร็ว มีทั้งข่าวที่เป็นจริงและเท็จปะปนอยู่ทั่วไป ข่าวลือเรื่องหนึ่งกระจายไปทั่วเมือง เมืองหนึ่งซึ่งมีประชากร 30,550 คน แต่ละคนที่ได้รับข่าวลือนั้น จะ บอกข่าวไปยังคนอื่น ๆ 4 คนในวันรุ่งขึ้น และจะไม่บอกข่าวแก่ผู้ใดอีก มีคนคนหนึ่งในเมืองนี้ สร้างข่าวลือขึ้นมาเรื่องหนึ่ง และบอกข่าวนั้นกับคนอื่น 4 คน ในวันที่ 1 กรกฎาคม จงวิเคราะห์ว่า อย่างเร็วที่สุดที่ทุกคนในเมืองจะทราบข่าวลือนี้ในวันที่เท่าใด

1. เข้าใจปัญหา/สิ่งที่โจทย์ถาม

1.1 โจทย์ระบุอะไรให้บ้าง

.....

1.2 ให้นักเรียนเขียนแผนภาพการกระจายข่าวลือ

.....

.....

1.3 โจทย์ถามอะไร

.....

.....

2. แนวทางการแก้ปัญหา

2.1 นักเรียนมีแนวทางอย่างไรในการแก้ปัญหาข้อนี้พร้อมระบุเหตุผลในการแก้ปัญหา

.....

.....

2.2 นักเรียนใช้ความรู้เรื่องอะไรในการแก้ปัญหา ใช้การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์อย่างไรบ้าง

..... (ใช้การคูณ/เลขยกกำลัง ใช้การแจกแจงกรณี ประกอบตาราง วิธีอื่น ระบุ).....

3. ดำเนินการแก้ปัญหา

3.1 แนวทางในการแก้ปัญหา 1 พร้อมระบุเหตุผลในการแก้ปัญหา

วันที่	จำนวนคนที่ทราบข่าวลือ	จำนวนคนทั้งหมด ที่ทราบข่าว
1	④	4
2	4+ ④×④ หรือ 4+ ④ ²	20
3	20+ ④×④×④ หรือ 20+ ④ ³	80
5	80+.....	
6		
7		
8		

3.2 แนวทางการแก้ปัญหาวิธีอื่นพร้อมระบุเหตุผลในการแก้ปัญหา

.....

.....

④ เป็นตัวเลขที่แสดงค่าอะไร (จำนวนคนที่ทราบข่าวลือในวันถัดไป)

สรุปจำนวนวันที่ข่าวลือที่ทุกคนในเมืองนี้จะทราบ คือวันที่.....

4. ตรวจสอบคำตอบ

นักเรียนตรวจสอบได้อย่างไร

.....

.....

.....

ข้อสอบข้อที่ 2(ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์)

ในระหว่างการก่อสร้างโครงการหนึ่งมีบริษัท 3 แห่งดำเนินการร่วมกันคือ A, B และ C ซึ่งทั้งสามบริษัทกำลังขาดแคลนรถแทรกเตอร์จึงใช้วิธีช่วยเหลือกันโดยการให้ยืมรถแทรกเตอร์ซึ่งกันและกันตามความจำเป็น

ครั้งแรก A ให้ B และ C ยืมรถแทรกเตอร์มาเท่ากับจำนวนที่แต่ละบริษัทมีอยู่

ครั้งที่สอง B ให้ A และ C ยืมรถแทรกเตอร์มาเท่ากับจำนวนที่แต่ละบริษัทมีอยู่แล้ว

ครั้งที่สาม C ให้ A และ B ยืมรถแทรกเตอร์มาเท่ากับจำนวนที่แต่ละบริษัทมีอยู่แล้วหลังจากการให้ยืมปรากฏว่าทั้งสามบริษัทมีรถแทรกเตอร์อยู่บริษัทละ 24 คันเท่าๆกันถามว่ารถแทรกเตอร์ที่แต่ละบริษัทมีอยู่ตั้งแต่แรกมีบริษัทละกี่คัน

1. เข้าใจปัญหา/สิ่งที่โจทย์ถาม

1.1 โจทย์ระบุอะไรให้บ้าง

.....

.....

.....

1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับการให้ยืมรถแทรกเตอร์ซึ่งกันและกันเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

1.3 โจทย์ถามอะไร

.....

.....

2. แนวทางการแก้ปัญหา

2.1 นักเรียนมีแนวทางอย่างไรในการแก้ปัญหาข้อนี้

.....

.....

.....

2.2 นักเรียนใช้ความรู้เรื่องใดในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล ใช้การเชื่อมโยงเรื่องต่างๆ ของคณิตศาสตร์ และนำเสนอแนวความคิดอย่างไร

.....

.....

.....

3. ดำเนินการแก้ปัญหา

3.1 การให้ยืม เมื่อบริษัท A ยืมรถจากบริษัท B และ C เขียนแผนภาพได้อย่างไรบ้าง และบริษัท B ยืมรถจากบริษัท A และ C และลำดับสุดท้ายบริษัท C ยืมรถจากบริษัท B และ A พร้อมระบุเหตุผลในการแก้ปัญหา

3.2 แสดงว่า

.....

.....

.....

4. ตรวจสอบคำตอบ

.....

.....

.....

ข้อสอบข้อที่3 (ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์)

จงนำจำนวนตั้งแต่ 1 ถึง 20 ที่จำนวนก็ได้และไม่จำเป็นต้องใช้ทุกจำนวน มาดำเนินการบวก ลบ คูณ หรือหาร เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็น 1950 และการดำเนินการนั้นจะต้องใช้จำนวนที่แตกต่างกันทุกตัวเลข และมีการดำเนินการทั้ง บวก ลบ คูณ และหาร ซึ่งมีได้มากกว่า 1 วิธี

1. เข้าใจปัญหา/สิ่งที่โจทย์ถาม

1.1 โจทย์ระบุอะไรให้บ้าง.....

.....

1.2 จำนวนในบ้าง ตั้งแต่ 1-20 ที่สามารถนำมาดำเนินการ บวก ลบ คูณ หาร ได้ผลลัพธ์1950

.....

1.3 โจทย์ถามอะไร.....

.....

2. แนวทางการแก้ปัญหา

2.1 นักเรียนมีแนวทางอย่างไรในการแก้ปัญหาข้อนี้

.....

2.2 จำนวนดังกล่าวนั้นเกี่ยวข้องกับจำนวนอื่นอย่างไร และจะมีการดำเนินการอะไรบ้างที่สามารถนำมากระทำกันแล้วได้ผลลัพธ์ 1950 พร้อมระบุเหตุผลในการแก้ปัญหา

.....

.....

3. ดำเนินการแก้ปัญหา

3.1 จำนวน 1950 ประกอบด้วยตัวเลขใดได้บ้างกระทำกันด้วย บวก ลบ คูณ และหาร

$$\text{ตัวอย่าง } 1950 = 2 \times 3 \times 5 \times 5 \times 13$$

$$= 2 \times 3 \times 5 \times 5 \times (20-7)$$

$$= (8/4) \times (5+7-9) \times (2+3) \times (20-15) \times (12+1) \checkmark$$

.....

.....

.....

.....

3.2 ชุดคำตอบด้านบน ชุดใดบ้างที่ใช้เครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ครบถ้วนตามเงื่อนไขที่โจทย์
ต้องการ/พร้อมระบุเหตุผลในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

4. ตรวจสอบคำตอบ

.....

.....

.....



เกณฑ์ในการให้คะแนนทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

เกณฑ์ในการให้คะแนน

ทักษะ/ กระบวนการ	คะแนน	พฤติกรรมที่ปรากฏให้เห็น
ด้าน การแก้ปัญหา	5	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ คำตอบที่ได้จากวิธีดำเนินการแก้ปัญหอธิบายถึงเหตุผล และแสดงรายละเอียดปลีกย่อยที่สำคัญถึงขั้นตอนวิธีการได้ อย่างละเอียดเข้าใจอย่างชัดเจนโดยการสร้างตาราง หรือ เขียนแจกแจงกรณี หรือสามารถใช้วิธีการอื่นๆ
	4	คำตอบที่ได้จากวิธีดำเนินการแก้ปัญหอธิบายถึงเหตุผล และแสดงขั้นตอนวิธีการได้อย่างเข้าใจแต่แสดงรายละเอียด ปลีกย่อยเพียงบางส่วนโดยการเขียนแผนภาพหรือวาดภาพ เพื่อแสดงแนวคิดรวมทั้งระบุวิธีการในการแก้ปัญหา
	3	คำตอบที่ได้จากวิธีดำเนินการแก้ปัญหอธิบายถึงเหตุผล และแสดงขั้นตอนวิธีการได้เพียงบางส่วนโดยการเขียน แผนภาพหรือวาดภาพเพื่อแสดงแนวคิดรวมทั้งระบุวิธีการ ในการแก้ปัญหา
	2	คำตอบที่ได้จากวิธีดำเนินการแก้ปัญหายังไม่ถูกต้องแต่ สามารถอธิบายถึงเหตุผลและแสดงขั้นตอนวิธีการได้เพียง บางส่วนโดยการเขียนแผนภาพหรือวาดภาพเพื่อแสดง แนวคิด
	1	มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหบางส่วนเริ่มคิดว่าทำไม จึงต้องใช้วิธีการนั้นแล้วแต่อธิบายต่อไม่ได้แก้ปัญหาไม่ สำเร็จ

ปรับปรุงจากแนวทางการให้คะแนนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามรูปแบบของ ชาร์ลส์
และเลสเตอร์. (1982: 11-12); และกรมิวิชาการ. (2546: 137-139)

เกณฑ์ในการให้คะแนน

ทักษะ/ กระบวนการ	คะแนน	พฤติกรรมที่ปรากฏให้เห็น
ด้านการให้ เหตุผล	5	นักเรียนแสดงให้เห็นว่า สามารถยืนยันข้อสรุป หรือ ข้อความคาดการณ์ได้อย่างชัดเจน แสดงวิธีการยืนยัน ข้อสรุป หรือข้อความคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล เสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผลและมี วิธีการอ้างอิงได้ถูกต้อง มีการคำนวณและวาด ภาพประกอบชัดเจน
	4	นักเรียนแสดงให้เห็นว่า สามารถยืนยันข้อสรุป หรือ ข้อความคาดการณ์ได้อย่างชัดเจนครบถ้วน มีข้อบกพร่อง บางประการหรือเหตุผลที่ใช้ไม่รัดกุมเพียงพอ บอกสิ่งที่ โจทย์กำหนดและต้องการได้อย่างถูกต้องมีการอ้างอิงเสนอ แนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล
	3	นักเรียนแสดงให้เห็นว่า สามารถยืนยันข้อสรุป หรือ ข้อความคาดการณ์ได้อย่างชัดเจน แต่ยังไม่ครบถ้วน มี ข้อบกพร่องบางประการหรือเหตุผลที่ใช้ไม่รัดกุมเพียงพอ บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดและต้องการได้อย่างถูกต้องมีการ อ้างอิงยังไม่ถูกต้องเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ อย่างสมเหตุสมผลและมีการคิดคำนวณ
	2	นักเรียนแสดงให้เห็นว่า สามารถยืนยันข้อสรุป หรือ ข้อความคาดการณ์ได้อย่างชัดเจน แต่ยังไม่ครบถ้วน มี ข้อบกพร่องบางประการหรือเหตุผลที่ใช้ไม่รัดกุมเพียงพอ บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดและต้องการได้อย่างถูกต้องมีการ อ้างอิงยังไม่ถูกต้องเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ อย่างสมเหตุสมผลและยังขาดความรัดกุมในการคิดคำนวณ
	1	นักเรียนแสดงให้เห็นว่า สามารถยืนยันข้อสรุป หรือ ข้อความคาดการณ์ได้บ้าง แสดงเหตุผลได้เฉพาะบาง กรณี แต่ไม่ได้แสดงเหตุผลในกรณีทั่วไป หรือมีการแสดง เหตุผลที่บกพร่อง ไม่ชัดเจน อ้างอิงไม่ถูกต้อง ไม่ สมเหตุสมผลในบางกรณี

ปรับปรุงจากแนวทางการให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามรูปแบบของ

จิณดิษฐ์ ลออักษิณ. (2550: 183); และกรมวิชาการ. (2546:137-139)

เกณฑ์ในการให้คะแนน

ทักษะ/ กระบวนการ	คะแนน	พฤติกรรมที่ปรากฏให้เห็น
ด้านการสื่อสารการ สื่อความหมายทาง คณิตศาสตร์และ การนำเสนอ	5	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องนำเสนอ โดยใช้กราฟแผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบ ตามลำดับขั้นตอนได้เป็นระบบกระชับชัดเจนและมี รายละเอียดสมบูรณ์ สื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้ง ยกตัวอย่างประกอบทำให้เหตุผลได้
	4	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องนำเสนอ โดยใช้กราฟแผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบ ตามลำดับขั้นตอนได้เป็นระบบสื่อสารส่วนใหญ่มี ประสิทธิภาพ กระชับชัดเจนแต่ขาดรายละเอียดบางส่วน
	3	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอนได้ ถูกต้อง อธิบายคำตอบไม่ชัดเจน การสื่อสารส่วนใหญ่มี ประสิทธิภาพ แสดงการสนับสนุนการให้เหตุผลแต่ยังไม่ ชัดเจนขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์
	2	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายหรือ พยายามนำเสนอโดยใช้กราฟแผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูล ประกอบได้ชัดเจนบางส่วน อธิบายคำตอบที่เข้าใจยาก การ ให้เหตุผลอาจไม่สมบูรณ์และยังขาดหลักฐานสนับสนุน
	1	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้องแต่มีความ พยายามในการนำเสนอโดยใช้กราฟแผนภูมิหรือตาราง แสดงข้อมูล แผนภาพประกอบยังไม่ถูกต้อง

ที่มา: Cai,Jinfa.;Jacabcsin,Mary S.;& Lane, Suzanne. (1996,May). Assessing Student's Mathematication. *School Science and Mathematics*. 96(5): 242; และกรมวิชาการ (2546: 137-139)

เกณฑ์ในการให้คะแนน

ทักษะ/ กระบวนการ	คะแนน	พฤติกรรมที่ปรากฏให้เห็น
ด้านการเชื่อมโยง ทางคณิตศาสตร์	5	นำความรู้หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการ เชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ / สาระอื่นในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ได้อย่างสอดคล้อง และเหมาะสม
	4	นำความรู้หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการ เชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ / สาระอื่นในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ได้แต่ขาดความ สมบูรณ์บางส่วน
	3	เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ได้บางส่วนนำ ความรู้หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยง กับสาระคณิตศาสตร์ / สาระอื่นในชีวิตประจำวัน
	2	นำความรู้หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการ เชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ได้บางส่วนหรือเชื่อมโยงยังไม่ เหมาะสม
	1	นำความรู้หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการ เชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ได้บางส่วนหรือเชื่อมโยงยังไม่ เหมาะสมแต่มีความพยายามในการเขียนอธิบายด้านการ เชื่อมโยง

ที่มา: ปรับปรุงจากกรมวิชาการ. (2546: 137-139).

เกณฑ์ในการให้คะแนน

ทักษะ/ กระบวนการ	คะแนน	พฤติกรรมที่ปรากฏให้เห็น
ด้านความคิด สร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์	5	มีแนวคิด/แปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้อง สมบูรณ์โดยมีคำตอบเป็นจำนวนมาก และ มีคำตอบ สอดคล้องกับเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด 4 คำตอบขึ้นไป คำตอบที่เป็นไปได้ของนักเรียนแต่ละคนที่มีวิธีคิดที่ต่างกัน และมีแนวทางของคำตอบแปลกแตกต่างไปจากวิธีคิดของ ผู้อื่น
	4	มีแนวคิด/แปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องแต่ยัง ขาดความสมบูรณ์โดยมีคำตอบเป็นจำนวนมาก และ มี คำตอบสอดคล้องกับเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด 3 คำตอบ คำตอบที่เป็นไปได้ของนักเรียนแต่ละคนที่มีวิธีคิดที่ต่างกัน และมีแนวทางของคำตอบแปลกแตกต่างไปจากวิธีคิดของ ผู้อื่น
	3	มีแนวคิด/แปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องแต่ นำไปปฏิบัติแล้วไม่ถูกต้องสมบูรณ์ โดยมีคำตอบเป็น จำนวนมาก และ มีคำตอบสอดคล้องกับเงื่อนไขที่โจทย์ กำหนด 2 คำตอบคำตอบที่เป็นไปได้ของนักเรียนแต่ละคน ที่มีวิธีคิดที่ต่างกัน
	2	มีแนวคิด/วิธีการแปลกใหม่แต่นำไปปฏิบัติแล้วยังไม่ สมบูรณ์ โดยมีคำตอบเป็นจำนวนมาก และ มีคำตอบ สอดคล้องกับเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด 1 คำตอบ และคำตอบ ที่เป็นไปได้ของนักเรียนแต่ละคนที่มีวิธีคิดที่ต่างกัน
	1	มีแนวคิด/วิธีการไม่แปลกใหม่แต่มีความพยายามในการ นำเสนอแนวคิดด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์โดยมีคำตอบ เป็นจำนวนมาก แต่ไม่มีคำตอบที่สอดคล้องกับโจทย์ กำหนด

ปรับปรุงจากแนวทางการให้คะแนนการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตามรูปแบบของ
ทอแรนซ์ (Torrance. 1969: 16); และกรมวิชาการ. (2546 :137-139).

แบบแบบสังเกตการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ลักษณะของกิจกรรม ☐ การทดลอง ☐ การนำเสนองาน ☐ การศึกษาสำรวจ
☐ อธิบายและแสดงเหตุผล ☐ อื่นๆ.....

ลักษณะการทำงาน ☐ เดี่ยว ☐ กลุ่ม
☐ งานเดี่ยว รายชื่อผู้จัดทำ.....
☐ งานกลุ่ม รายชื่อสมาชิก 1..... 2 3.....
4..... 5 6.....

สถานะผู้ประเมิน ☐ ผู้สอน ☐ ผู้เรียน ☐ ผู้เกี่ยวข้อง(ระบุ.....)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	4	3	2	1
1. การสร้างข้อความคาดการณ์สอดคล้องกับปัญหาที่ต้องการเรียนรู้				
2. การออกแบบกิจกรรมสอดคล้องกับข้อความคาดการณ์ที่ต้องการตรวจสอบ				
3. การศึกษาค้นคว้าได้ข้อมูลที่ครอบคลุมเพียงพอ				
4. การลงข้อสรุปที่ถูกต้องเหมาะสม				
5. การวางแผนการทำงานเป็นระบบ				
6. การทำงานได้ตรงตามแผนงาน				
7. ความถูกต้องของผลงานที่ปรากฏ				
8. การมีส่วนร่วมในการทำงานกลุ่ม				
9. ความกระตือรือร้นในการปฏิบัติงาน				
10. ความเชื่อมั่นในตนเอง				
รวมคะแนน				
คะแนนเฉลี่ย				

ข้อเสนอแนะ / ปัญหาที่ควรแก้ไข

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

ลงชื่อผู้ประเมิน.....วันที่

แบบประเมินผลด้านพฤติกรรมของผู้เรียน

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....ห้อง.....

สถานะผู้ประเมิน ☐ ผู้สอน ☐ ผู้เรียน

คำชี้แจง แบบประเมินพฤติกรรมฉบับนี้ ออกแบบเพื่อให้ผู้สอนประเมินผู้เรียน หรือให้ผู้เรียนประเมินตนเอง โดยพฤติกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนแสดงออกในระหว่างการเรียนรู้หรือการทำการกิจกรรม จำแนกได้เป็น 4 ระดับ ดังต่อไปนี้

4 หมายถึง ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่ประเมินอย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา

3 หมายถึง ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่ประเมินบ่อยครั้ง

2 หมายถึง ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่ประเมินบางครั้ง

1 หมายถึง ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่ประเมินน้อยครั้งมาก หรือไม่แสดงออกเลย

พฤติกรรมตามคุณลักษณะ	ระดับของพฤติกรรมที่แสดงออก			
	4	3	2	1
1. ความสนใจใฝ่รู้เพื่อเพิ่มพูนความรู้ทางคณิตศาสตร์				
1.1 มีความกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้ที่แปลกใหม่				
1.2 อภิปรายและซักถามเพื่อขยายความคิดเดิม				
1.3 ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีบทต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ ทั้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับบทเรียน				
1.4 มีส่วนร่วมในกิจกรรม หรือ การประชุมที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์				
1.5 สนใจอ่านบทความหรือวรรณกรรม ตลอดจนหนังสือสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์				
1.6 ขวนขวายหาโจทย์ที่แปลกใหม่เพื่อฝึกฝนแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย				
2. ความรับผิดชอบและความเพียรพยายาม				
2.1 ทำงานอย่างเต็มความสามารถ				
2.2 ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้เสร็จสมบูรณ์ตามกำหนดและตรงต่อเวลา				
2.3 ไม่ทอดทิ้งในการแก้ปัญหาเมื่อพบอุปสรรค				
2.4 มีความอดทนในการแก้ปัญหาที่ยากและซับซ้อน				
2.5 มีความอดทนในการทำงานที่ต้องใช้กระบวนการที่ซับซ้อน				

พฤติกรรมตามคุณลักษณะ	ระดับของพฤติกรรมที่ แสดงออก			
	4	3	2	1
หรือระยะเวลาที่ยาวนาน				
2.6 ละเว้นการกระทำอื่นที่เป็นผลเสียแก่ส่วนรวม				
3. ความละเอียดรอบคอบในการทำงาน				
3.1 มีการใคร่ครวญไตร่ตรองในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย				
3.2 มีการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของข้อมูลต่าง ๆ				
3.3 มีความละเอียดถี่ถ้วนในการดำเนินการแก้ปัญหา				
4. ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น				
4.1 ประพฤติและปฏิบัติตามข้อตกลงของกลุ่ม				
4.2 ปฏิบัติตามบทบาทและหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย				
4.3 ให้ความร่วมมือในการทำงานร่วมกับผู้อื่น				
4.4 ให้การยกย่องบุคคลอื่นตามความเหมาะสม				
4.5 รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น				
รวมคะแนน				
คะแนนเฉลี่ย				

ข้อเสนอแนะ / ปัญหาที่ควรแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อผู้ประเมิน.....วันที่

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
2. ค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบ
3. ค่า $\sum X_i$, $\sum X_i^2$, s_i^2 ที่ใช้ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
4. การวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนก่อนและหลังการใช้หน่วยการเรียนรู้ และการทดสอบสมมติฐานด้วย สถิติ t-test for Dependent Sample และ การวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนหลังการใช้หน่วยการเรียนรู้ เทียบกับเกณฑ์ 70% โดยทดสอบสมมติฐานด้วย สถิติ t-test for One Sample

ตาราง 19 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1	+1	+1	+1	1.00
2	+1	+1	+1	1.00
3	+1	+1	+1	1.00
4	+1	0	+1	0.67
5	+1	0	+1	0.67
6	+1	+1	+1	1.00
7	0	+1	+1	0.67
8	+1	0	+1	0.67
9	+1	+1	+1	1.00
10	+1	+1	+1	1.00
11	+1	+1	0	0.67
12	0	+1	+1	0.67
13	+1	0	+1	0.67
14	+1	+1	+1	1.00
15	+1	0	+1	0.67
16	+1	+1	+1	1.00

คัดเลือกแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ข้อที่มีค่าดัชนีความ
สอดคล้อง (IOC) โดยพิจารณาค่า $IOC \geq 0.5$ จึงคัดเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67-1.00 จำนวน
16 ข้อ

ตาราง 20 ค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ข้อที่	(P_E)	(D)	ผลการพิจารณา
1	0.50	0.68	คัดเลือกไว้
2	0.46	0.64	ตัดออก
3	0.45	0.77	คัดเลือกไว้
4	0.43	0.78	ตัดออก
5	0.42	0.68	ตัดออก
6	0.38	0.75	ตัดออก
7	0.57	0.73	คัดเลือกไว้
8	0.44	0.67	ตัดออก
9	0.48	0.76	คัดเลือกไว้
10	0.48	0.73	คัดเลือกไว้
11	0.42	0.69	ตัดออก
12	0.39	0.76	ตัดออก
13	0.50	0.78	คัดเลือกไว้
14	0.48	0.78	คัดเลือกไว้
15	0.45	0.74	ตัดออก
16	0.48	0.80	ตัดออก

คัดเลือกแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยคัดเลือกตามเกณฑ์ 7 ข้อ มีค่าความยากง่าย (P_E) อยู่ระหว่าง 0.45-0.57 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.68-0.78 จึงคัดเลือกข้อสอบจากแบบทดสอบได้จำนวน 7 ข้อได้แก่ข้อ 1, 3, 7, 9, 10, 13 และ 14 ที่ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ในการใช้ครั้งต่อไป

$$P_E = \frac{S_U + S_L - (2NX_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

ตาราง 21 ค่า $\sum X_i$, $\sum X_i^2$, s_i^2 ที่ใช้ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะและ
กระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 7 ข้อ

ข้อที่	$\sum X_i$	$\sum X_i^2$	s_i^2
1	236	2130	9.43
3	234	2116	10.03
7	219	1939	11.73
9	208	1796	12.20
10	229	2113	12.59
13	197	1609	10.88
14	238	2198	10.69
			$\sum s_i^2 = 77.54$

ตาราง 22 ค่า $\sum X_i$, $\sum X_i^2$ ทั้งฉบับ เพื่อใช้ในการหาค่า s_i^2 ที่ใช้ในการหาค่าความเชื่อมั่นของ
แบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 7 ข้อ

คนที่	X_i	X_i^2
1	79	6,241
2	73	5,329
3	72	5,184
4	86	7,396
5	83	6,889
6	86	7,396
7	77	5,929
8	78	6,084
9	53	2,809
10	54	2,916
11	57	3,249
12	53	2,809
13	47	2,209

ตาราง 22 (ต่อ)

คนที่	X_i	X_i^2
14	51	2,601
15	62	3,844
16	57	3,249
17	50	2,500
18	53	2,809
19	56	3,136
20	55	3,025
21	47	2,209
22	57	3,249
23	25	625
24	23	529
25	24	576
26	16	256
27	24	576
28	24	576
29	20	400
30	19	361
	$\sum X_i = 1,561$	$\sum X_i^2 = 94,961$

การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตร

การหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α – Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum s_i^2}{s^2} \right] \text{ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 218)}$$

เมื่อ

α แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

s_i^2 แทน ความแปรปรวนของข้อสอบแต่ละข้อของแบบทดสอบ

s^2 แทน ความแปรปรวนของข้อสอบทั้งฉบับของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

$$s_i^2 = \frac{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{N(N-1)}$$

เมื่อ s_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนเป็นรายข้อ
 $\sum X_i$ แทน ผลรวมคะแนนของแต่ละคนในข้อ i
 $\sum X_i^2$ แทน ผลรวมคะแนนแต่ละคนยกกำลังสองในข้อ i
 N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$$s_t^2 = \frac{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{N(N-1)}$$

เมื่อ s_t^2 แทน ความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ
 $\sum X$ แทน ผลรวมคะแนนของแต่ละคนของแบบทดสอบทั้งฉบับ
 $\sum X^2$ แทน ผลรวมคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง
 N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

จากตาราง 22 จะได้ $\sum X_i = 1,561$, $\sum X_i^2 = 94,961$ และ $N = 30$

$$\begin{aligned} s_t^2 &= \frac{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{N(N-1)} \\ &= \frac{30(94,961) - (1,561)^2}{30(30-1)} \\ &= 473.65 \end{aligned}$$

จากตาราง 22 จะได้ $k=7$, $\sum s_i^2 = 77.54$ และ $\sum s_t^2 = 473.65$

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum s_i^2}{s^2} \right]$$

$$\alpha = \frac{7}{7-1} \left[1 - \frac{77.54}{473.65} \right]$$

$$= 0.97$$

ตาราง 23 คะแนนทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยใช้หน่วยการเรียนรู้ คะแนนเต็ม 105 คะแนน

คนที่	คะแนนก่อน เรียน (X_1)	คะแนนหลัง เรียน (X_2)	$\sum X^2$	D	D^2
1	54	81	6561	27	729
2	47	79	6241	32	1024
3	55	79	6241	24	576
4	54	76	5776	22	484
5	41	78	6084	37	1369
6	52	77	5929	25	625
7	52	79	6241	27	729
9	51	75	5625	24	576
10	42	73	5329	31	961
11	36	70	4900	34	1156
12	48	74	5476	26	676
13	57	78	6084	21	441
14	54	80	6400	26	676
15	51	74	5476	23	529
16	51	74	5476	23	529
17	39	74	5476	35	1225
18	42	73	5329	31	961
19	58	76	5776	18	324
20	58	76	5776	18	324
21	33	69	4761	36	1296
21	66	79	6241	13	169
22	63	81	6561	18	324
23	50	80	6400	30	900
24	41	76	5776	35	1225
25	46	73	5329	27	729
26	50	73	5329	23	529
27	42	73	5329	31	961

ตาราง 23 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อน เรียน (X_1)	คะแนนหลัง เรียน (X_2)	$\sum X^2$	D	D^2
28	43	75	5625	32	1024
29	49	72	5184	23	529
30	65	80	6400	15	225
31	46	73	5329	27	729
32	37	63	3969	26	676
		$\sum X = 2,413$	$\sum X^2 = 182,429$	$\sum D = 840$	$\sum D^2 = 23,230$

เปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ด้วยหน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์” โดยใช้สถิติ t- test for Dependent Samples ในการทดสอบสมมติฐานข้อ 1

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} ; df = n-1$$

(ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2540: 248)

เมื่อ $\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างเป็นรายคู่ระหว่างคะแนนทดสอบก่อนและหลังใช้หน่วยการเรียนรู้

$\sum D^2$ แทน ผลรวมกำลังสองของความแตกต่างเป็นรายคู่ระหว่างคะแนนทดสอบก่อนและหลังใช้หน่วยการเรียนรู้

n แทน จำนวนนักเรียน

จากตาราง 22 จะได้ $\sum D = 840$, $\sum D^2 = 23,230$ และ $n = 30$

$$t = \frac{840}{\sqrt{\frac{32(23,230) - (840)^2}{32-1}}}$$

$$= 24.06^* \quad * \text{ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ } .05 \text{ (} t_{(.05,31)} = 1.69 \text{)}$$

การเปรียบเทียบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ โดยนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์หลังเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ นำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ 70% โดยใช้สถิติ- test for One Sample ในการทดสอบสมมติฐานข้อ 2

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}; df = n-1$$

(ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2540: 240)

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนหลังจัดการเรียนรู้

s แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

μ_0 แทน คะแนนเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 70 (73.5 คะแนน จาก 105 คะแนน)

n แทน จำนวนนักเรียน

จากค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ของคะแนนหลังการจัดการเรียนรู้ (Posttest)

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{2,413}{32} = 75.41$$

จากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนนหลังการจัดการเรียนรู้ (Posttest) ด้วยหน่วยการเรียนรู้หาได้จากสูตร

$$s = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{(32)(182,429) - (2,413)^2}{32(32-1)}}$$

$$= 3.91$$

เนื่องจาก $\bar{x} = 75.41$, $\mu_0 = 73.5$, $s = 3.91$ และ $n = 32$

$$t = \frac{75.41 - 73.5}{\frac{3.91}{\sqrt{32}}}$$

= 2.76* * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t_{(.05,31)} = 1.69$)

ภาคผนวก ง

หน่วยการเรียนรู้และโครงสร้างการจัดการเรียนรู้

1. หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์”
2. โครงสร้างการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์”

ตาราง 24 (ต่อ)

ลำดับ	หน่วยการเรียนรู้ย่อย	จำนวน คาบ	ทักษะ เป้าหมาย
8-10	หน่วยย่อยที่ 3 สนุกกับคณิตในชีวิตประจำวัน 3.1 สนุกกับคณิตศาสตร์ ข้อสอบ TEDET ข้อสอบสมาคมคณิตศาสตร์ 3.2 PISA : สถานการณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 3.3 สนุกกับกิจกรรมแบบรูปพรรณษา 3.4 กิจกรรม STEM: Rethink before eat and drink	6 (3) (3)	1. ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 2. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 3. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
รวมทั้งสิ้น			20 คาบ

ตาราง 25 ออกแบบโครงสร้างการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ “สนุกกับการคิด พิชิตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์”

หน่วยการเรียนรู้ย่อย	กระบวนการ	วิธีสอน การจัดการเรียนรู้/กิจกรรม	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้/เครื่องมือ	ทักษะที่ต้องการพัฒนา/การวัดผล
1.การแก้ปัญหาและยุทธวิธีการแก้ปัญหา (8 คาบ)	1.การเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาโดยวิธีการของโพลยา 2.การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ 3. กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ 4. กระบวนการสอนแบบค้นพบ 5. กระบวนการทดลอง	1.ให้นักเรียนฝึกกระบวนการแก้ปัญหา 5 ขั้นตอน โดยใช้ยุทธวิธี เขียนแผนภาพ ค้นหารูปแบบ การเขียนสมการและแก้สมการ เขียนสมการและการแก้สมการ ใช้การคาดเดา-ตรวจสอบ-ปรับปรุง การดำเนินการย้อนกลับ การใช้เหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ 2.แบบอภิปราย/ผู้สอนกำหนดสถานการณ์ให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันแบบ Inquiry Method จากปริศนาเรขาคณิต ปริศนาตัวเลข จัตุรัสกล การแบ่งเค้กแสนสนุก การสร้างตัดกระดาษเพื่อสร้างที่มีกล่องปริมาตรสูงสุดจากกระดาษ ปัญหาเหรียญปลอม ฯ 3.แบบอุปนัย/ผู้สอนให้ตัวอย่างเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปหรือกฎเกณฑ์ แล้วฝึกทักษะ	1.เอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแก้ปัญหาและยุทธวิธีการแก้ปัญหา 2. สไลด์ Power point 3.แบบสังเกตการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบประเมินด้านพฤติกรรมของผู้เรียน	1.ทักษะการแก้ปัญหา 2.ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 3. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 4. ทักษะการสื่อสารและการนำเสนอทางคณิตศาสตร์

ตาราง 25 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้ย่อย	กระบวนการ	วิธีสอน การจัดการเรียนรู้/กิจกรรม	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้/เครื่องมือ	ทักษะที่ต้องการพัฒนา/การวัดผล
		4.แบบอุปนัย/ผู้สอนให้ตัวอย่างเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปหรือกฎเกณฑ์ โดยยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา ร่วมกันอภิปราย สะท้อนแนวคิด แล้วใช้โจทย์ฝึกทักษะนักเรียน 5.แบบปฏิบัติการ/ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้จากสภาพจริง สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ฝึกระดมสมองเพื่อหาทางแก้ไขปัญหาร่วมกัน ปฏิบัติด้วยตนเอง		
2. คณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนาการคิด (6 คาบ)	1. การเรียนรู้แบบร่วมมือ กระบวนการกลุ่ม 2. กระบวนการสอนโดยใช้เทคนิคการสอน TGT	ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเกมหลากหลาย โดยดำเนินการแข่งขันเป็นทีม tournamentแต่ละทีม แข่งขันเก็บแต้มสะสม ได้แก่ T1 Camouflage : the transparent game T2 Hind and Seek Game T3 Creative Pattern Puzzle เป็นต้น	1.เกมเพื่อพัฒนาทักษะการคิดและสมอง 2.แบบประเมินด้านพฤติกรรมของผู้เรียน	1.ทักษะการแก้ปัญหาและยุทธศาสตร์การคิด การวางแผน 2.ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ตาราง 25(ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้ย่อย	กระบวนการ	วิธีสอน การจัดการเรียนรู้/กิจกรรม	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้/ เครื่องมือ	ทักษะที่ต้องการ พัฒนา/การวัดผล
	3. การเรียนรู้ด้วย เกมโดยจัดการ เรียนรู้ที่เน้น กระบวนการคิด (Thinking-Base Instuction) 4. เทคนิคการ ระดมสมอง	T4 Chocolate :a logical deduction Game T5 strategy game : Magic Square 3D T6Korean Beats Puzzle 8*8 ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเกมเสริมสร้างการ แก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ เช่น - Tetrahedron activity : Geometry Structure - สนุกคิดสร้างสรรค์กับตัวเลขหรรษา สร้างสรรค์กับตัวเลข - กิจกรรมออกแบบกระเบื้องหรรษา - Diviously Difficult Mind-Bending Puzzle	3.แบบสังเกตการร่วม กิจกรรมการเรียนรู้	3.ทักษะการคิด สร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์ 4. ทักษะการสื่อสาร ทางคณิตศาสตร์

ตาราง 25 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้ย่อย	กระบวนการ	วิธีสอน การจัดการเรียนรู้/กิจกรรม	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้/เครื่องมือ	ทักษะที่ต้องการพัฒนา/การวัดผล
3. สนุกกับ คณิตศาสตร์ใน ชีวิตประจำวัน (6 คาบ)	1.เรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นหลัก (Problem base instruction) 2. จัดการเรียนรู้ โดยใช้ กระบวนการสืบ สอบ (Inquiry Method) 3.กระบวนการ ทดลอง 4. การจัดการ เรียนรู้บูรณาการ STEM	1.ใช้สถานการณ์ปัญหาจากข้อสอบ TEDET/PISA มาเป็นสถานการณ์ปัญหาให้ นักเรียนร่วมกันคิด ร่วมกันวิเคราะห์และแก้ปัญหา แล้วดำเนินการสะท้อนการคิดของแต่ละกลุ่ม ตาม วิธีการของกลุ่มตนเอง แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน 2.ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ “Rethink your Eat & Drink” โดยให้นักเรียนทดลองศึกษาปริมาณแป้ง/ ปริมาณน้ำ จาก โยเกิร์ต และเครื่องดื่ม จากร้าน สะดวกซื้อเปรียบเทียบกัน 5 ยี่ห้อ ปริมาณมาก หรือน้อยเพียงใด โดยศึกษาจากปริมาณที่ระบุไว้ ที่ฉลาก และพิสูจน์ด้วยการหยดสารละลายเบเน ดิกต์และสารละลายไอโอดีน 3. กิจกรรมแบบรูปแสนหรรษา จากข้อสอบ สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทย	1.ข้อสอบ PISA / TEDET/ข้อสอบสมาคม คณิตศาสตร์แห่ง ประเทศไทย 2. สไลด์ Power Point การออกแบบลาย กระเบื้อง 3. ชุดทดสอบแป้งและ น้ำตาล 4.แบบสังเกตการร่วม กิจกรรมการเรียนรู้ และแบบประเมินด้าน พฤติกรรมของผู้เรียน	1.ทักษะการให้เหตุผล ทางคณิตศาสตร์ 2.ทักษะการเชื่อมโยง ทางคณิตศาสตร์ 3.ทักษะการสื่อสารและ การนำเสนอ 4. ทักษะการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์



ประวัติย่อผู้วิจัย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล

น้ำหนักพล มีying

วันเดือนปีเกิด

18 กรกฎาคม 2516

สถานที่เกิด

เขตดอนเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ที่อยู่ปัจจุบัน

44/17 หมู่บ้านกิตติชัย 6 ตำบลศาลายา

อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

ตำแหน่ง

ครูผู้สอน ระดับมัธยมศึกษา

สถานที่ทำงานปัจจุบัน

โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2532

มัธยมศึกษาก่อนปลาย

จาก โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี กรุงเทพมหานคร

พ.ศ.2538

การศึกษำบัณฑิต (กศ.บ.) วิชาเอกวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

พ.ศ.2559

การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.)

สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้

วิชาเอกวิทยาการจัดการเรียนรู้อัตนศาสตร์

จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ