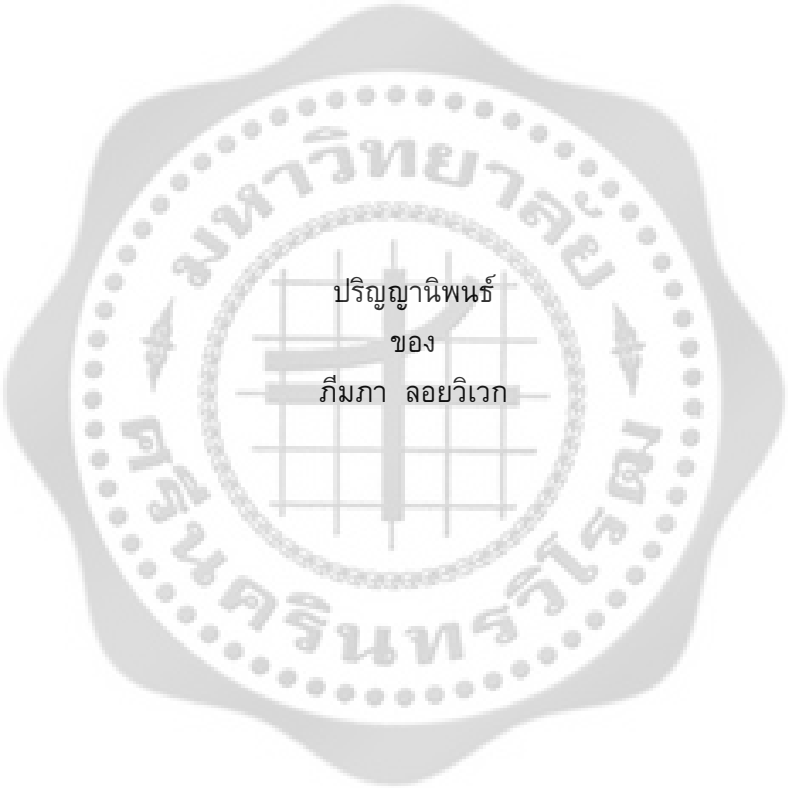
ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



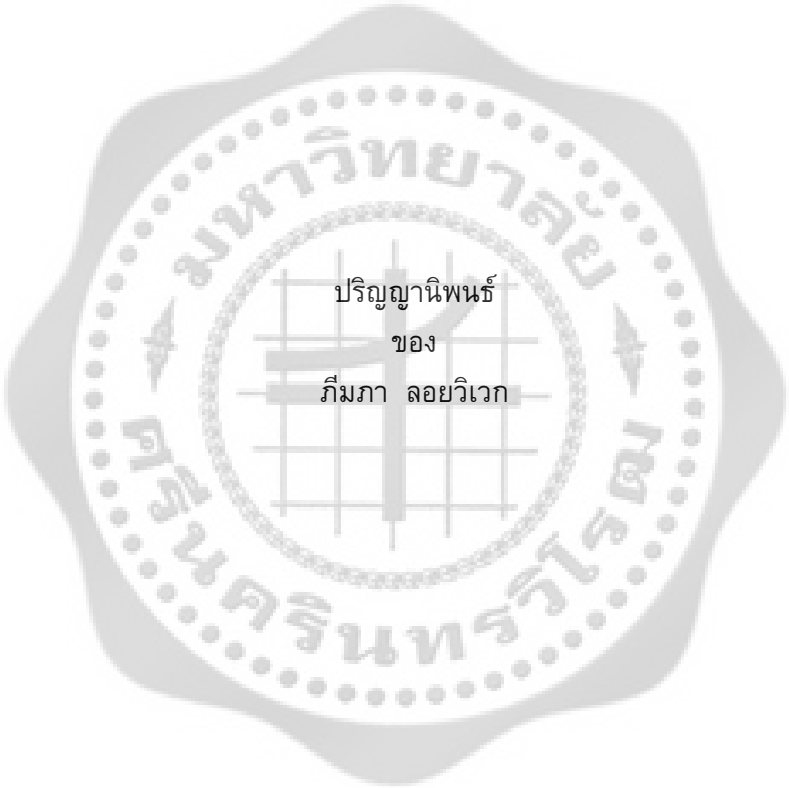
ปริญญานิพนธ์

ของ

ภีมภา ลอยวิเวก

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา
กันยายน 2556

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



ปริญญานิพนธ์
ของ
ภีมภา ลอยวิเวก

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา
กันยายน 2556
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

บทคัดย่อ

ของ

ภีมภา ลอยวิเวก

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา
กันยายน 2556

ภีมภา ลอยวิเวก. (2556). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชูชาติ.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการเชื่อมโยง และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาและเปรียบเทียบกับเกณฑ์

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร ตำบลนาเกลือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 38 คน ซึ่งได้มาโดยใช้การสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ระยะเวลาทดลอง จำนวน 18 คาบ โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One Group Pretest – Posttest Design สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ t – test for Dependent Samples และค่าสถิติ t – test for One Sample

ผลการวิจัยพบว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
3. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
4. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
5. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
6. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

THE EFFECTS OF DHAMMASAKACCHA LEARNING ACTIVITY IN THE SYSTEM OF LINEAR EQUATIONS IN TWO VARIABLES ON MATHEMATICAL ACHIEVEMENTS, MATHEMATICAL CONNECTION SKILLS AND COMMUNICATION SKILLS OF MATHAYOMSUKSA III STUDENTS

AN ABSTRACT

BY

PIEMAPHA LOIWIEWEQ

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Secondary Education
at Srinakharinwirot University
September 2013

Piemapha Loiwieweq. (2013). *The Effects of Dhammasskaccha Learning Activity in the System of Linear Equations in Two Variables on Mathematical Achievements, Mathematical Connection Skills and Communication Skills of Mathayomsuksa III Students.* Master thesis, M.Ed. (Secondary Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor: Assoc. Prof. Dr.Somchai Chuchat.

The purposes of this research was to compare mathematical achievements, Mathematical connection skills and communication skills of Mathayomsuksa III students before and after being taught through the Dhammasakaccha learning activity in the system of linear equations in two variables and compare to the criterion.

The subjects of this study were 38 Mathayomsuksa III students in the first semester of 2012 academic year at Phothisamphanphitthayakhan School, Banglamung, Chonburi. They were randomly selected by using cluster random sampling. The experimental group was taught for 18 periods. The One - Group Pretest – Posttest Design was used for the study. The data were statistically analyzed by using t – test for Dependent Samples and t – test for One Sample.

The findings were as follows :

1. The mathematical achievement of the experimental group after being taught through the Dhammasakaccha learning activity was statistically higher than before being taught at the .01 level of significance.

2. The mathematical achievement of the experimental group after being taught through the Dhammasakaccha learning activity was statistically higher than the 70 percentage criterion at the .01 level of significance.

3. The mathematical connection skill of the experimental group after being taught through the Dhammasakaccha learning activity was statistically higher than before being taught at the .01 level of significance.

4. The mathematical connection skill of the experimental group after being taught through the Dhammasakaccha learning activity was statistically higher than the 70 percentage criterion at the .01 level of significance.

5. The mathematical communication skill of the experimental group after being taught through the Dhammasakaccha learning activity was statistically higher than before being taught at the .01 level of significance.

6. The mathematical communication skill of the experimental group after being taught through the Dhammasakaccha learning activity was statistically higher than the 70 percentage criterion at the .01 level of significance.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาเรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร
ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสาร
ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ของ

ภีมภา ลอยวิเวก

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่ ..... เดือน..... พ.ศ. 2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน ..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชูชาติ) (อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชูชาติ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยความกรุณาและการให้คำปรึกษาแนะแนวทางในการทำวิจัยจาก รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชูชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิจัย อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน ประธานกรรมการสอบปากเปล่า รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์ กรรมการสอบปากเปล่า ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล รองศาสตราจารย์ ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย และรองศาสตราจารย์ ดร.ฉวีวรรณ เศวตมาลย์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ โสภณพินิจ อาจารย์ ดร.ขวัญ เพียซ้าย อาจารย์สุภลักษณ์ สีใส และอาจารย์นุชนาฏ อังคะนาวิน ที่กรุณาอุทิศเวลาในการเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ที่ให้ข้อเสนอแนะ และตรวจแก้ไขเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ และมีค่ายิ่งต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการโรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร อาจารย์จีรนันท์ โสภณพินิจ อาจารย์ไพบูลย์ เลิศล้ำวานิช ที่คอยให้ความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยแก่ผู้วิจัยจนกระทั่งสามารถทำการศึกษาค้นคว้าได้สำเร็จ และขอขอบใจนักเรียนโรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดาผู้เป็นที่รัก ผู้ให้กำลังใจและผู้ให้การสนับสนุนด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัยจนประสบความสำเร็จ และขอขอบใจเพื่อนๆ นิสิตปริญญาโทสาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนคณิตศาสตร์) ทุกคนที่สนับสนุนและให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้เป็นเครื่องบูชาพระคุณของบิดา มารดา ครู อาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทความรู้ทั้งปวงแก่ผู้วิจัย

ภีมภา ลอยวิเวก

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
	ความสำคัญของการวิจัย	4
	ขอบเขตของการวิจัย	4
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	4
	ประชากรที่ใช้ในการวิจัย	4
	กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	4
	ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	4
	เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย	4
	ตัวแปรที่ศึกษา	4
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	7
	นิยามศัพท์เฉพาะ	5
	สมมติฐานการวิจัย	8
2	**เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	9
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบธรรมสากัจฉา	10
	ความหมายของการสอนแบบธรรมสากัจฉา	10
	กลวิธีการสอนแบบธรรมสากัจฉา	11
	ขั้นตอนการสอนแบบธรรมสากัจฉา	12
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบธรรมสากัจฉา	15
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	17
	ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	17
	องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	20
	การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	21
	สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	21
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	23
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์	24
	งานวิจัยต่างประเทศ	24
	งานวิจัยในประเทศ	25

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2 (ต่อ)		
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	26
	ความหมายของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	27
	มาตรฐานการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	27
	การพัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	30
	คณิตศาสตร์กับการเชื่อมโยง	32
	ประโยชน์ของการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยการเชื่อมโยง	37
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	38
	งานวิจัยต่างประเทศ	38
	งานวิจัยในประเทศ	40
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	42
	ความหมายของทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	42
	มาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	43
	องค์ประกอบของการสื่อสาร	45
	อุปสรรคในการสื่อสาร	49
	การส่งเสริมการสื่อสารในการเรียนคณิตศาสตร์	52
	ประโยชน์ของการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยการสื่อสาร	56
	การประเมินการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	57
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	58
	งานวิจัยต่างประเทศ	58
	งานวิจัยในประเทศ	60
3	**วิธีการดำเนินการวิจัย**	62
	การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง	62
	ประชากรที่ใช้ในการวิจัย	62
	กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	62
	ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	62
	เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย	62
	การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	63
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	73

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 (ต่อ)	
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	74
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	78
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	78
การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	78
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	79
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	83
ความมุ่งหมายของการวิจัย	83
สมมติฐานการวิจัย	83
วิธีดำเนินการวิจัย	84
วิธีดำเนินการทดลอง	84
การวิเคราะห์ข้อมูล	85
สรุปผลการวิจัย	85
อภิปรายผล	86
ข้อสังเกตจากการวิจัย	89
ข้อเสนอแนะ	89
บรรณานุกรม	91
ภาคผนวก	101
ภาคผนวก ก	102
ภาคผนวก ข	108
ภาคผนวก ค	128
ภาคผนวก ง	157
ประวัติย่อผู้วิจัย	159

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	มาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	44
2	เกณฑ์การให้คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	67
3	เกณฑ์การให้คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	68
4	วิธีการประเมินแบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดและด้านการเขียน	69
5	แบบแผนการวิจัย	73
6	ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา	79
7	ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์	80
8	ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาก่อนและหลังการทดลอง	80
9	ผลการเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์	81
10	ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาก่อนและหลังการทดลอง	81
11	ผลการเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์	82
12	ค่าดัชนีสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์ (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 40 ข้อ	103
13	ค่าดัชนีสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยง และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 12 ข้อ	104
14	ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 38 ข้อ	105

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

15 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรจำนวน 12 ข้อ 106

16 ค่า $\sum X_i$ และ $\sum X_i^2$ ทั้งฉบับที่ใช้ในการหาค่า $\sum \sigma_i^2$ เพื่อใช้แทนค่าในสูตรการหาความเชื่อมั่นแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้น สองตัวแปร 107

17 คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา (คะแนนเต็ม 20 คะแนน) 109

18 คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (X) ของผู้เรียน หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา (คะแนนเต็ม 20 คะแนน) 111

19 คะแนนความสามารถทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาก่อนและหลังการทดลอง (คะแนนเต็ม 24 คะแนน) 114

20 คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา (คะแนนเต็ม 24 คะแนน) 116

21 คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา (คะแนนจากแบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และคะแนนจากแบบทดสอบ รวมคะแนนเต็ม 144 คะแนน) 119

22 คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา (คะแนนจากแบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และคะแนนจากแบบทดสอบ รวมคะแนนเต็ม 144 คะแนน) 121

23 คะแนนความสามารถทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาก่อนและหลังการทดลอง (คะแนนเต็ม 144 คะแนน) 123

24 คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา (คะแนนเต็ม 144 คะแนน) 125

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	8
2 การใช้สมบัติการแจกแจงหาพื้นที่แรเงา	36
3 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ข่าวสาร	48

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ ระเบียบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วน รอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังช่วยพัฒนาคนให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ มีความสมดุลทั้งทางร่างกาย จิตใจ สติปัญญา และอารมณ์ สามารถคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กรมวิชาการ. 2545ข: 1)

แต่เนื่องจากปัญหากิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษานั้น ยังไม่บรรลุผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ดังจะเห็นได้จากการประเมินความก้าวหน้าทางการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นระดับประเทศ พบว่า ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) พ.ศ. 2551, พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2553 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 32.64, 26.05 และ 24.18 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). 2554: ออนไลน์) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยยังต่ำกว่าร้อยละ 50 และต่ำลงตามลำดับในทุกปี แสดงว่า ผู้เรียนมีเกณฑ์ความรู้ อยู่ในระดับต่ำ ควรปรับปรุง ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงสาเหตุที่ทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ไม่บรรลุผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรนั้น มีด้วยกันหลายสาเหตุ โดยสาเหตุที่สำคัญประการหนึ่งคือ ระบบการศึกษาที่เป็นระบบการแข่งขัน (Competitive Learning) ซึ่งสอดคล้องกับ พิณสุดา สิริธรังศรี (2552: 27) ที่ได้คาดการณ์แนวโน้มอนาคตสังคมว่า จะมีการเปลี่ยนแปลงและมีการแข่งขันกันอย่างรุนแรง ความรู้ และการเรียนรู้จะเป็นตัวจักรสำคัญ สังคมที่คนในสังคมมีความรู้ และทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิต และสามารถแข่งขันได้จะมีความได้เปรียบ ซึ่งจากสภาพการณ์ดังกล่าวจะทำให้กิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียนจะถูกแยกเป็นแบบตัวใครตัวมัน ต่างคนต่างเรียน ชิงดีชิงเด่นด้วยคะแนน จึงส่งผลให้ระบบการแข่งขันนี้ จะทำให้ไม่มีการช่วยเหลือกันและกันในระดับผู้เรียน ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนขาดมนุษยสัมพันธ์ที่ดี และเห็นแก่ตัวได้ในที่สุด นอกจากนี้สาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือวิธีสอนของผู้สอน ซึ่งยังคงใช้แบบเดิมๆ คือ วิธีการสอนที่ยึดผู้สอนเป็นศูนย์กลาง เป็นการสอนแบบบรรยาย ทำให้ปฏิสัมพันธ์ในการเรียนการสอนระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้เรียนมีน้อยมาก

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการสนทนาระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการอภิปรายปัญหาและแสวงหาเหตุผล จนสรุปได้ข้อความรู้ร่วมกัน ซึ่งเป็นกระบวนการทางการศึกษาที่เน้นให้ผู้เรียนสามารถค้นพบความรู้ได้ด้วยตนเอง และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน ซึ่งพระธรรมปิฎก (ประยุทธ์

ปยุตโต. 2544: 9 – 45) ได้กล่าวว่า ธรรมสากัจฉา เป็นการสอนของพระพุทธเจ้าที่ฝึกฝนผู้เรียนให้รู้จักคิด หรือเรียกว่าวิธีคิดแบบวิเคราะห์ เป็นวิธีคิดแบบการจำแนก แยกแยะ หรือแจกแจง รวมทั้งการจัดหมวดหมู่ หรือจัดประเภทไปพร้อมกัน ซึ่งเป็นกระบวนการทางการศึกษาที่ให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง จะเห็นได้ว่าวิธีการสอนแบบธรรมสากัจฉา เน้นให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้เรียน เพื่อลดช่องว่างการเรียนแบบตัวใครตัวมัน ต่างคนต่างเรียน และความเห็นแก่ตัวลง ซึ่งได้อธิบายเกี่ยวกับวิธีการสอนแบบธรรมสากัจฉาไว้ว่า เป็นการสอนของพระพุทธเจ้า มีองค์ประกอบที่เป็นคุณลักษณะ 4 ประการ คือ 1) ชี้แจงให้เห็นชัด คือ จะสอนอะไรก็ชี้แจง จำแนก แยกแยะ อธิบาย และแสดงเหตุผลให้ชัดเจน จนผู้ฟังเข้าใจแจ่มแจ้ง เห็นจริงเห็นจังดังจูงมือไปเห็นกับตา 2) ชวนใจให้อยากรับไปปฏิบัติ คือ สิ่งใดควรปฏิบัติหรือหัดทำก็แนะนำให้ซาบซึ้งในคุณค่า มองเห็นความสำคัญที่จะต้องฝึกฝนปฏิบัติจนใจยอมรับ อยากลงมือทำ หรือนำไปปฏิบัติ 3) เร้าใจให้อาจหาญแกล้วกล้า คือ ปลุกเร้าใจให้กระตือรือร้น เกิดความอุตสาหะ มีกำลังใจแข็งขัน มั่นใจที่จะทำให้สำเร็จจงได้ สู้งาน ไม่หวั่นย่อท้อ ไม่กลัวเหนื่อย ไม่กลัวยาก 4) ปลอบชโลมใจให้สดชื่นร่าเริง คือ บำรุงจิตให้แช่มชื่นเบิกบาน โดยชี้ ให้เห็นผลดี หรือคุณประโยชน์ที่จะได้รับและทางที่จะก้าวหน้าบรรลุผลสำเร็จยิ่งขึ้นไป ทำให้ผู้ฟังมีความหวังและร่าเริง เบิกบานใจ ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา จึงก่อให้เกิดความชัดแจ้ง ทำให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ผู้สอนสามารถสอดแทรกทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์อันประกอบด้วย ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอข้อมูล ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ได้ รวมทั้งมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เข้ากับการเรียนการสอนด้านเนื้อหา โดยการให้นักเรียนทำกิจกรรมหรือตั้งคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนคิด อธิบาย และให้เหตุผล เช่น ให้นักเรียนแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ที่เรียนมาแล้วหรือให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหา ให้นักเรียนใช้ความรู้ทางพีชคณิตในการแก้ปัญหาหรืออธิบายเหตุผลทางเรขาคณิต ให้นักเรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายเกี่ยวกับสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน หรือกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการสร้างสรรค์ผลงานที่หลากหลายและแตกต่างจากคนอื่น รวมทั้งการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากคนอื่นด้วย (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา.v 2551: 45)

การเชื่อมโยงเป็นทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ดังที่ เคนเนดี้ และ ทิปส์ (Kennedy; & Tipps. 1994: 194 – 198)กล่าวไว้ว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญ ผู้เรียนจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรม ได้แก่ รูปภาพ สัญลักษณ์ และมโนทัศน์ กับกระบวนการรวมเนื้อหาและวิธีการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน และจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง ซึ่งการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เป็นสิ่งที่ทำให้การเรียนคณิตศาสตร์มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น เพราะเป็นการนำความรู้และทักษะ/กระบวนการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ไปสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลกับเนื้อหาและความรู้ของศาสตร์อื่นๆ เช่น วิทยาศาสตร์ ดาราศาสตร์ พันธุกรรมศาสตร์ จิตวิทยาและเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น

ทำให้การเรียนคณิตศาสตร์น่าสนใจ มีความหมาย และนักเรียนเห็นความสำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น (สสวท. 2551: 114) นอกจากนี้ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ก็เป็นอีกทักษะหนึ่งที่ผู้สอนควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกฝน เพราะการสื่อสารเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญต่อมนุษย์ในด้านการดำเนินชีวิต เพราะเป็นกระบวนการในการแลกเปลี่ยนข่าวสารจากบุคคลหนึ่ง ไปยังอีกบุคคลหนึ่ง เพื่อต้องการได้รับการตอบสนองให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการมุ่งก่อให้เกิดผลของการนำการสื่อสารไปใช้ และเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านการพัฒนาร่วมกัน (กิติมา สุรสนธิ. 2541: 1) แต่จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน พบว่า บางครั้งผู้เรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ แต่ไม่สามารถอธิบายขั้นตอนกระบวนการคิดให้ผู้อื่นเข้าใจได้ ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน ผู้สอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความชำนาญในด้านการใช้ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยการพูดและเขียนอธิบายขั้นตอนกระบวนการคิดของตนเองได้อย่างเป็นลำดับขั้น เพื่อให้สื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

จากเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ก่อนและหลังการทดลอง
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์
3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาก่อนและหลังการทดลอง
4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์
5. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาก่อนและหลังการทดลอง
6. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์

ความสำคัญของการวิจัย

ผลของการวิจัยในครั้งนี้ จะเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร ตำบลนาเกลือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 10 ห้องเรียน มีจำนวนผู้เรียน 420 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร ตำบลนาเกลือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนผู้เรียน 38 คน ซึ่งได้มาโดยใช้การสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยใช้วิธีการทดลองโดยดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 โดยผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยตนเอง ใช้เวลาในการทดลอง 18 คาบๆ ละ 50 นาที

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์พื้นฐาน เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ซึ่งมีเนื้อหาดังนี้

1. สมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 1 คาบ
2. ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 2 คาบ
3. การอ่านและแปลความหมายกราฟของระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 1 คาบ
4. การแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 4 คาบ
5. การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 6 คาบ

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา
2. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ
   2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
   2.2 ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
   2.3 ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ธรรมสากัจฉา หมายถึง การสนทนาธรรมแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การอภิปรายปัญหา การแสวงหาเหตุผลโดยการคิดค้น คิดคัดค้านหรือคล้อยตาม สร้างกระบวนการคิดโดยเน้นการซักถาม เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล ซึ่งเป็นวิธีการสอนของพระพุทธเจ้า

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่เน้นการสนทนาระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการอภิปรายปัญหาร่วมกัน คิดคัดค้านหรือคล้อยตามจนได้ข้อสรุปและความรู้ร่วมกัน ซึ่งเป็นกระบวนการทางการศึกษาที่เน้นให้ผู้เรียนสามารถค้นพบ ความรู้ได้ด้วยตนเอง เนื่องจากมุ่งเน้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยผู้สอนตั้งคำถามให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบและผู้สอนเป็นที่ปรึกษา ซึ่งแนะนำแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ ให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้า จนผู้เรียนเข้าใจประเด็นสำคัญเกี่ยวกับสิ่งที่เรียนรู้จากการอภิปรายร่วมกับผู้เรียนคนอื่นๆ เพื่อนำไปสู่การค้นพบความรู้ต่างๆ โดยผู้เรียนจะรวบรวมความรู้และแนวคิดในการแก้ปัญหา มาวิเคราะห์เพื่อเลือกนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ อย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นเครื่องพิสูจน์ให้เห็นว่า ผู้เรียนมีความรู้และความสามารถเพื่อการนำไปใช้ปฏิบัติจริง ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เตรียมความพร้อมของผู้เรียน โดยการซักถาม สนทนาโต้ตอบระหว่างผู้สอนและผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหาที่จะเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้

2.2 ขั้นสอน

2.2.1 แสวงหาความรู้ ผู้สอนกำหนดประเด็นที่เป็นปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้จากเอกสารประกอบการเรียน ตำรา ใบความรู้ สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ ซึ่งผู้สอนเป็นผู้แนะนำและอำนวยความสะดวกในการศึกษาหาความรู้ให้แก่ผู้เรียน

2.2.2 ค้นพบความรู้ ผู้เรียนฝึกฝนการสร้างแนวคิด เพื่อจับประเด็นสำคัญเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการซักถามและอภิปรายร่วมกับผู้สอนและผู้เรียนคนอื่นๆ โดยผู้สอนอาจยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาให้ผู้เรียนพิจารณาวิธีแก้โจทย์ปัญหานั้นทีละขั้นตอน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจขั้นตอนการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอนอย่างถ่องแท้

2.2.3 รวบรวมความรู้ ผู้เรียนรวบรวมแนวความคิดที่ได้จากการอภิปรายร่วมกับผู้สอนและผู้เรียนคนอื่นๆ มาวิเคราะห์เพื่อเลือกนำไปใช้แก้ปัญหาอย่างถูกต้องและเหมาะสม

2.2.4 พิสูจน์ความรู้ ผู้เรียนทำกิจกรรมฝึกทักษะจากใบงานหรือแบบทดสอบที่ผู้สอนได้มอบหมาย โดยนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า ซึ่งผ่านการคิดวิเคราะห์อย่างสมเหตุสมผลมาแล้วไปใช้ในการปฏิบัติจริง เป็นการนำความรู้มาสู่การปฏิบัติ

2.3 ขั้นสรุปบทเรียน

ผู้เรียนอภิปรายผลที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมไปคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล สามารถค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหาตลอดจนสรุปองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยผู้สอนเพิ่มเติมความรู้ส่วนที่บกพร่องให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญาในการเรียนรู้และแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบเลือกตอบจำนวน 20 ข้อ โดยสอดคล้องกับพฤติกรรมด้านความรู้ ความคิด (Cognitive Domain) ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ตามที่วิลสัน (Wilson. 1971: 643 – 685) จำแนกไว้เป็น 4 ระดับ คือ

3.1 ความรู้ความจำการคิดคำนวณ ประกอบด้วยความรู้ ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง คำศัพท์ นิยาม และความสามารถในการคิดคำนวณตามลำดับขั้นตอนที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้ว

3.2 ความเข้าใจ ประกอบด้วยความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎ การสรุปอ้างอิง และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ สามารถเปลี่ยนรูปแบบปัญหาจากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง การคิดตามแนวของเหตุผล การอ่านและตีความโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3.3 การนำไปใช้ ประกอบด้วยความสามารถในการแก้ปัญหาที่คล้ายคลึงกับที่ผู้เรียนได้ประสบในระหว่างเรียน ซึ่งผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาได้ไม่ยาก

3.4 การวิเคราะห์ ประกอบด้วยความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน ไม่เคยเห็นหรือไม่เคยทำแบบฝึกหัดมาก่อนแต่อยู่ในขอบเขตเนื้อหาที่เรียน สามารถค้นหาความสัมพันธ์จากข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้ โดยใช้ความรู้ที่เรียนมาร่วมกับความคิดสร้างสรรค์ ผู้เรียนสามารถสร้างกระบวนการคิดขึ้นมาใหม่ให้สัมพันธ์กับเรื่องเดิม

4. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ เนื้อหาสาระทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์มาสัมพันธ์กับสาระภายในวิชาหรือวิชาอื่นๆ หรือชีวิตประจำวัน โดยเชื่อมโยงหลักการ วิธีการทางคณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่นๆ สามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้และการดำเนินชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณประโยชน์ของวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ

5. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการพูด การเขียนการใช้คำศัพท์ สัญลักษณ์ เพื่อแสดงและอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และรัดกุม ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้านการพูดและด้านการเขียน โดยใช้แบบทดสอบและแบบสังเกตพฤติกรรมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ที่สามารถสังเกตได้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนี้

5.1 ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูด หมายถึง ความสามารถในการอธิบายแนวคิดหรือสิ่งที่เรียนรู้จากการปฏิบัติกิจกรรมทางการสื่อสารด้วยการใช้ถ้อยคำและน้ำเสียง โดยการอภิปรายและการนำเสนอแนวคิดได้อย่างถูกต้อง ชัดเจนและรัดกุม ซึ่งวัดได้จากแบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูด ที่มีเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถด้านการพูดเป็นแบบรูบริค (Rubric Assessment)

5.2 ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน หมายถึง ความสามารถในการเขียนอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อถ่ายทอดแนวคิดของตน ให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างถูกต้อง ชัดเจนและรัดกุม ซึ่งวัดได้จากการทำใบงานโดยใช้แบบทดสอบและแบบสังเกต

ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน ที่มีเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถด้านการเขียนเป็นแบบรูบริค (Rubric Assessment) และแบบทดสอบเป็นฉบับเดียวกับการวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

6. เกณฑ์ หมายถึง คะแนนขั้นต่ำที่จะยอมรับว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเชื่อมโยง และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ได้จากคะแนนจากใบงานแบบทดสอบหลังเรียนและแบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ แล้วนำคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ เทียบกับเกณฑ์โดยที่ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนรวม ซึ่งปรับปรุงมาจากเกณฑ์การตัดสินผลการเรียนที่กำหนดของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2547: 13) ดังนี้

ร้อยละ 80 – 100 หมายถึง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการเชื่อมโยงทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีเยี่ยม

ร้อยละ 75 – 79 หมายถึง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการเชื่อมโยงทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

ร้อยละ 70 – 74 หมายถึง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการเชื่อมโยงทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี

ร้อยละ 65 – 69 หมายถึง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการเชื่อมโยงทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับค่อนข้างดี

ร้อยละ 60 – 64 หมายถึง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการเชื่อมโยงทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับน่าพอใจ

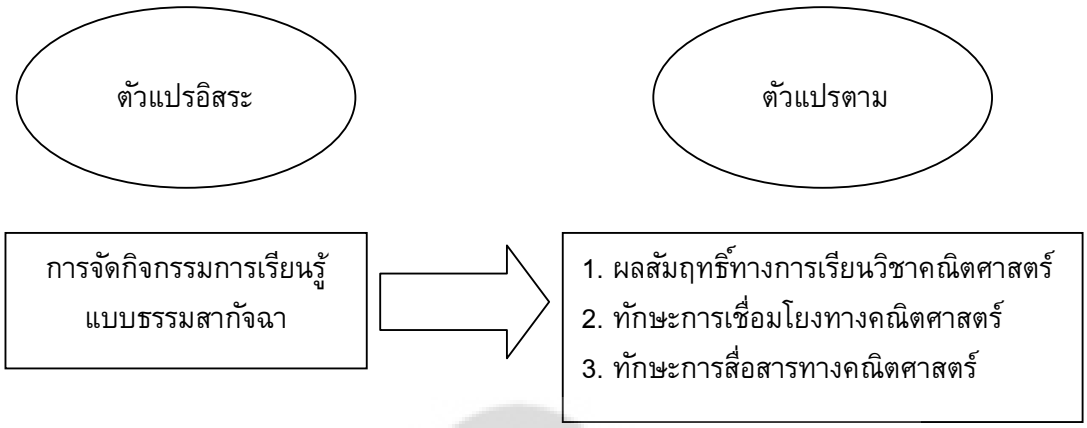
ร้อยละ 55 – 59 หมายถึง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการเชื่อมโยงทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับระดับพอใช้

ร้อยละ 50 – 54 หมายถึง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการเชื่อมโยง/ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ

ร้อยละ 0 – 49 หมายถึง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการเชื่อมโยง/ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แนวคิดจากการศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ จึงสรุปเขียนเป็นแผนภาพแสดงกรอบแนวคิดในการวิจัยดังปรากฏใน ภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรม
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป
3. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรม
4. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป
5. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรม
6. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบธรรมสากัจฉา
   - 1.1 ความหมายของการสอนแบบธรรมสากัจฉา
   - 1.2 กลวิธีการสอนแบบธรรมสากัจฉา
   - 1.3 ขั้นตอนการสอนแบบธรรมสากัจฉา
   - 1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบธรรมสากัจฉา
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
   - 2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
   - 2.2 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
   - 2.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
   - 2.4 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
   - 2.5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
   - 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
   - 3.1 ความหมายของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
   - 3.2 มาตรฐานการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
   - 3.3 การพัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
   - 3.4 คณิตศาสตร์กับการเชื่อมโยง
   - 3.5 ประโยชน์ของการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยการเชื่อมโยง
   - 3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
   - 4.1 ความหมายของทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
   - 4.2 มาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
   - 4.3 องค์ประกอบของการสื่อสาร
   - 4.4 อุปสรรคในการสื่อสาร
   - 4.5 การส่งเสริมการสื่อสารในการเรียนคณิตศาสตร์
   - 4.6 ประโยชน์ของการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยการสื่อสาร
   - 4.7 การประเมินการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
   - 4.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบธรรมสากัจฉา

1.1 ความหมายของการสอนแบบธรรมสากัจฉา

สุมน อมรวิวัฒน์ (2513: 50) ได้อธิบายไว้ว่า ธรรมสากัจฉา หมายถึง การสนทนาธรรม แลกเปลี่ยนความคิดเห็น การอภิปรายปัญหา การแสวงหาเหตุผล คิดค้น คัดค้าน หรือคล้อยตาม เป็นการซักถาม และแก้ปัญหา พุทธวิธีการสอนนี้ใช้กันมาแต่ครั้งพุทธกาล การสอนแบบธรรมสากัจฉาเป็นการสอนเพื่อให้ผู้เรียนรู้จักคิดแก้ปัญหา เป็นคนมีเหตุผล

กระทรวงศึกษาธิการ (2514: 3) ได้ให้ความหมายของวิธีการสอนแบบธรรมสากัจฉาว่า เป็นวิธีสอนที่ผู้สอนเสนอสถานการณ์ที่เป็นปัญหา ให้ผู้เรียนสนทนากันจนได้ข้อสรุปความรู้

ประสาร ทองภักดี (2526: 27) ได้สรุปวิธีการสอนแบบธรรมสากัจฉาว่า การสอนแบบนี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดเพื่อหาคำตอบด้วยตนเอง ซึ่งทำให้เกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง เป็นความเข้าใจที่มั่นคง

พระธรรมปิฎก (ประยุทธ์ ปยุตฺโต. 2544: 158) ได้อธิบายเกี่ยวกับธรรมสากัจฉาไว้ว่า เป็นการสอนของพระพุทธเจ้า มีองค์ประกอบที่เป็นคุณลักษณะ 4 ประการ คือ

1. สันทัสสนา ชี้แจงให้เห็นชัด คือ จะสอนอะไรก็ชี้แจง จำแนก แยกแยะ อธิบาย และแสดงเหตุผลให้ชัดเจน จนผู้ฟังเข้าใจแจ่มแจ้ง เห็นจริงเห็นจังดังจูงมือไปเห็นกับตา
2. สมาทปนา ชวนใจให้อยากรับไปปฏิบัติ คือ สิ่งใดควรปฏิบัติหรือหัดทำก็แนะนำหรือบรรยายให้ซาบซึ้งในคุณค่า มองเห็นความสำคัญที่จะต้องฝึกฝนบำเพ็ญจนใจยอมรับ อยากลงมือทำหรือนำไปปฏิบัติ
3. สมตุเตชนา เร้าใจให้อาจหาญแกล้วกล้า คือ ปลุกเร้าใจให้กระตือรือร้น เกิดความอุตสาหะ มีกำลังใจแข็งขัน มั่นใจที่จะทำให้สำเร็จจงได้ สู้งาน ไม่หวั่นย่อท้อ ไม่กลัวเหนื่อย ไม่กลัวยาก
4. สัมปหังสนา ปลอบชโลมใจให้สดชื่นร่าเริง คือ บำรุงจิตให้แช่มชื่นเบิกบาน โดยชี้ให้เห็นผลดี หรือคุณประโยชน์ที่จะได้รับและทางที่จะก้าวหน้าบรรลุผลสำเร็จยิ่งขึ้นไป ทำให้ผู้ฟังมีความหวังและร่าเริง เบิกบานใจ

พระธรรมปิฎก (ประยุทธ์ ปยุตฺโต. 2544: 9 – 45) กล่าวว่า การฝึกฝนผู้เรียนให้รู้จักคิด หรือเรียกว่าวิธีคิดแบบวิเคราะห์ เป็นวิธีคิดแบบการจำแนก แยกแยะ หรือแจกแจง รวมทั้งการจัดหมวดหมู่หรือจัดประเภทไปพร้อมกัน ซึ่งเป็นกระบวนการทางการศึกษาที่ให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง อันเป็นวิธีสอนที่เหมือนวิธีสอนแบบธรรมสากัจฉา

จากความหมายข้างต้น สรุปได้ว่า การสอนแบบธรรมสากัจฉา หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่เน้นการสนทนาซักถามหรือโต้ตอบกันระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการอภิปรายปัญหาร่วมกัน จนได้ข้อสรุปร่วมกัน ซึ่งเป็นกระบวนการฝึกฝนให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์และค้นพบความรู้ด้วยตนเอง

1.2 กลวิธีการสอนแบบธรรมสากัจฉา

สุมน อมรวิวัฒน์ (2513: 287 – 289) ได้เสนอแนะกลวิธีการสอนธรรมสากัจฉา ว่ามีวิธีการ คือ

1. คู่สนทนา ได้แก่ ผู้สอนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับวิทยากร โดยตั้งจุดมุ่งหมายการสนทนาให้ตรงกัน

2. คู่สนทนากำหนดหัวข้อเรื่อง หัวข้อปัญหา ขอบเขตการถกเถียง การซักถามในเรื่องที่กำหนด

3. คู่สนทนาจะต้องค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งวิทยาการต่างๆ ในหัวข้อที่จะสนทนา โดยเฉพาะการอ่านในใจจะต้องรวบรวมประเด็นเพื่อนำมาสนทนา

4. การจัดการแสดงความคิดเห็น อาจทำได้ ดังนี้

4.1 อภิปรายทั่วไป ผู้สอนควรเป็นผู้ดำเนินการอภิปราย ผู้เรียนแสดงความรู้ แสดงความคิดเห็น หรือคัดค้านตามเวลาที่กำหนดให้ และผู้สอนเป็นผู้สรุป

4.2 อภิปรายเฉพาะกลุ่ม ผู้สอนจัดให้ผู้เรียนประมาณ 4 – 5 คน อภิปรายหน้าชั้น โดยมีผู้สอนเป็นผู้ดำเนินการอภิปรายซักถามผู้เรียน

4.3 อภิปรายเป็นกลุ่ม แบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่ม แต่ละกลุ่มค้นคว้าแล้วให้อภิปรายในกลุ่มของตน ให้ผู้เรียนกลุ่มหนึ่งอภิปรายหน้าชั้น และให้ผู้เรียนกลุ่มอื่นๆ ซักถาม แลกเปลี่ยนความคิดเห็น

4.4 จัดผู้เรียนออกเป็นกลุ่มๆ ละ 5 – 7 คน แต่ละกลุ่มนำความรู้ที่อ่านมาแลกเปลี่ยนความคิดเห็น สรุปเป็นข้อคิดในเวลา 5 – 7 นาที แล้วให้ประธานกลุ่มอภิปรายหรือสนทนาหน้าชั้น

4.5 จัดโต้วาที

4.6 แบ่งกลุ่มๆ ละ 5 – 7 คน ค้นคว้าหาความรู้แล้วแสดงความคิดเห็นในกลุ่ม แล้วส่งผู้แทนมาอภิปรายหน้าชั้น

4.7 ให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ แล้วช่วยกันระดมความคิด เขียนบนกระดานดำ ผู้เรียนทั้งชั้นช่วยกันพิจารณาอีกครั้งหนึ่ง

5. การแสดงความคิดเห็น จะต้องมีการสรุปความคิดเห็นและเรื่องราวทุกครั้ง การสรุปบทเรียนอาจทำได้โดย

5.1 ผู้สอนสรุปด้วยการบอกเล่าและอธิบายเพิ่มเติม

5.2 ผู้เรียนช่วยกันสรุปและเขียนลงบนกระดานดำ

5.3 ผู้เรียนที่เป็นเลขานุการ จดประเด็นและความคิดลงในสมุดให้ผู้สอนตรวจ

5.4 ผู้เรียนที่เป็นเลขานุการ จดประเด็นและความคิดเห็นแล้วพิมพ์สำเนาแจก

กระทรวงศึกษาธิการ (2514: 3) ได้กล่าวถึงลักษณะของการสนทนาจนได้ข้อสรุปความรู้ ว่า มีลักษณะ ดังนี้

1. อภิปรายตามหัวข้อธรรมในหมู่ผู้เรียน จนผู้เรียนสรุปความรู้ร่วมกัน

2. ซักถามผู้เรียนระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้สอนผู้สอน โดยผู้เรียนเป็น

ฝ่ายถามหรือฝ่ายตอบสลับกัน หรือผู้เรียนและผู้สอนผลัดกันถามผลัดกันตอบ จนผู้เรียนสรุปหลักธรรม

3. ตั้งตัวแทนขึ้นซักถามกันระหว่างผู้เรียนทั้งสองฝ่าย จนสรุปหลักธรรมได้

วิธีสอนแบบธรรมสากัจฉานี้ เหมาะกับผู้เรียนที่มีพื้นความรู้ในเนื้อหาพอสมควร และต้องการที่จะหาความกระจ่างในเนื้อหาเพิ่มขึ้นใช้ได้ดีกับผู้เรียนจำนวนน้อยและมีความสามารถในการใช้ภาษา การซักถาม โต้ตอบ แสดงความคิดเห็น อภิปรายได้ดีพอสมควร

วิธีสอนแบบธรรมสากัจฉามีกลวิธีที่หลากหลาย เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในลักษณะการซักถาม โต้ตอบ การสนทนาในกลุ่มย่อย และการอภิปรายระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนหรือผู้เรียนกับผู้เรียน จนผู้เรียนสามารถสรุปความรู้ที่ได้รับเป็นแนวคิดที่จะนำไปปฏิบัติในชีวิตประจำวันได้

ประสาร ทองภักดี (2526: 122 – 125) ได้สรุปเกี่ยวกับการสอนแบบธรรมสากัจฉาว่า วิธีการสอนแบบนี้ พระพุทธเจ้าทรงใช้บ่อยๆ ในสมัยพุทธกาล ภิกษุทั้งหลาย มักจะประชุมสนทนาธรรมกัน ถกปัญหากัน หากปัญหาใดถกกันแล้ว อภิปรายกันแล้ว โต้เถียงกันแล้ว ยังตกลงกันไม่ได้ พระพุทธองค์ก็มักจะเสด็จมาทรงเป็นประธานตัดสินชี้ขาด ทำให้ผู้เข้าประชุมได้รับความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง และมักปรากฏมีผู้บรรลุธรรมถึงพระอรหันต์ วิธีสอนแบบนี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดเพื่อหาคำตอบด้วยตัวเอง ซึ่งทำให้มีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเป็นความเข้าใจที่มั่นคง

จากการศึกษาเอกสารเรื่องกลวิธีการสอนแบบธรรมสากัจฉาข้างต้น สามารถสรุปได้ดังนี้ กลวิธีการสอนแบบธรรมสากัจฉา เป็นการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยวิธีการซักถาม โต้ตอบระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน และระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน จนสามารถสรุปได้เป็นขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. คู่สนทนา ได้แก่ ผู้สอนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้เรียน ตั้งจุดมุ่งหมายของการสนทนาให้ตรงกัน

2. ค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งวิทยาการต่างๆ ในหัวข้อที่จะสนทนา เพื่อค้นหาความรู้และรวบรวมประเด็นที่เป็นสาระสำคัญที่จะนำมาใช้ในสนทนา

3. จัดการแสดงความคิดเห็นของผู้เรียน เช่น อภิปรายทั่วไป อภิปรายเป็นกลุ่ม อภิปรายเฉพาะกลุ่ม และโต้วาที

4. ผู้สอนและผู้เรียนสรุปข้อคิดเห็นและข้อความรู้ร่วมกันเพื่อนำไปปฏิบัติจริง

1.3 ขั้นตอนการสอนแบบธรรมสากัจฉา

ดุษฎี สีตลวรางค์ (2524: 9 – 34) ได้อธิบายวิธีสอนแบบธรรมสากัจฉาว่า เป็นการสอนที่อาศัยการสนทนาเป็นหลัก มีทั้งการอภิปรายกันในหมู่ผู้เรียน โดยมีผู้สอนเป็นประธาน การถามตอบระหว่างผู้เรียน และการถามตอบระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ความรู้ที่ได้จากการสนทนาธรรมนี้ เกิดจากการไตร่ตรอง ความรู้ที่ได้ยินที่ได้เห็น หลักในการสอนแบบธรรมสากัจฉานั้นผู้สอนจะกำหนดสถานการณ์เร้าให้ผู้เรียนสนทนาซักถาม จนผู้เรียนสรุปหลักธรรมได้เอง พฤติกรรมการสอนจะมี 3 ลักษณะ คือ

1. ขั้นอธิบายตามหัวข้อในหมู่ผู้เรียน จนผู้เรียนสามารถสรุปได้

2. ขั้นซักถามกันระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน โดยผู้เรียนเป็นฝ่ายถามผู้สอนเป็นฝ่ายตอบ

หรือผู้สอนเป็นฝ่ายถามผู้เรียนเป็นฝ่ายตอบ หรือผู้สอนและผู้เรียนผลัดกันถามผลัดกันตอบ จนผู้เรียนสรุปความรู้ได้

3. ขั้นตั้งตัวแทนขึ้นซักถามกันระหว่างผู้เรียนสองฝ่าย จนสรุปความรู้ได้

สุมน อมรวิวัฒน์ (2535: 173 – 174) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบธรรมสากัจฉาว่าเป็นวิธีการที่ผู้สอนช่วยให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมดังต่อไปนี้

1. แสวงหาความรู้ เป็นการสอนให้ผู้เรียนแสวงหาจากแหล่งต่างๆ ผู้สอนจะมีบทบาทเป็นที่ปรึกษา เป็นผู้ชี้แหล่งความรู้ ตอบคำถามให้ความกระจ่าง ผู้เรียนจดบันทึกเพื่อได้แนวคิดมาสู่ธรรมสากัจฉา

2. ค้นพบความรู้อื่น เมื่อผู้เรียนแสวงหาความรู้ก็จะต้องฝึกทักษะการจับประเด็นของความรู้ต่างๆ และนำมาแลกเปลี่ยนความรู้ในกลุ่มของตน

3. รวบรวมความรู้ ผู้เรียนจะรวบรวมความรู้เป็นแนวคิด แนวความเชื่อ และแนวปฏิบัติโดยเลือกเฟ้นและรวบรวมเรื่องราวต่างๆ มาวิเคราะห์ และประเมินค่าให้เกิดความเข้าใจ เห็นคุณค่าเกิดความรู้สึกอยากประพฤติตาม

4. พิสูจน์ เป็นการเกิดความรู้ความคิด ความเข้าใจ มาปฏิบัติทดลองในชีวิตประจำวันเป็นการนำความรู้มาสู่การปฏิบัติ

ส่วนกิจกรรมของผู้สอนก่อนจัดกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าว ผู้สอนจะต้องเสริมสร้างศรัทธาทั้งระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนและผู้เรียนกับผู้เรียนด้วยกัน นอกจากนั้นจะต้องสร้างบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมที่ดี เพื่อบรรยายของการเรียนรู้อีกด้วย

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2538: 25 – 50) ได้จัดระบบการเรียนการสอนแบบธรรมสากัจฉาไว้ดังนี้

1. การเตรียมการก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.1 การสร้างศรัทธาให้ผู้เรียนได้มีความศรัทธา คือ มีความเชื่อ ความรู้สึกซาบซึ้ง มีความมั่นใจต่อการใช้วิธีสอนแบบธรรมสากัจฉาต่อการจัดการเรียนรู้ มีความเชื่อมั่นในความจริง ความดีงาม เชื่อในสิ่งที่ควรเชื่อด้วยเหตุผล

1.2 จัดบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสม ทั้งในด้านการตกแต่งห้องเรียน การจัดห้องเรียนให้เป็นระเบียบ มีการตกแต่งป้ายนิเทศหน้าห้องเรียน มีข้อความสัมพันธ์กับเรื่องที่จะเรียน มีการกำหนดกติกา กฎระเบียบ แนวปฏิบัติร่วมกันในกลุ่มอย่างเหมาะสม การอภิปรายกลุ่มต้องเป็นไปด้วยความเป็นกันเอง

1.3 สร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ระหว่างผู้เรียนด้วยกัน มีการทักทายสนทนากับผู้เรียนในเรื่องทั่วไปก่อนนำเข้าสู่บทเรียน และในระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอนผู้สอนจะต้องเอาใจใส่ผู้เรียนทุกคนอย่างทั่วถึง โดยการสนทนาซักถาม

1.4 สร้างบุคลิกภาพของผู้สอน ผู้สอนจะต้องพัฒนาบุคลิกภาพ การแต่งกายสุภาพเรียบร้อย การพูดจาไพเราะ สนทนากับผู้เรียนด้วยความเป็นกันเอง สุขภาพจิตดี อารมณ์แจ่มใส

มีความมั่นใจในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน มีการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเรียนแก่ผู้เรียนอย่างทั่วถึง

1.5 เตรียมสื่อการสอน ใบความรู้ ใบงานอย่างเหมาะสม และมีการวัดและประเมินผลผู้เรียนครบทุกด้าน

2. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

ผู้สอนยกสถานการณ์หรือตัวอย่างมาเสนอให้ผู้เรียนเห็นปัญหาและหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา และเห็นคุณค่าของการแก้ปัญหาอย่างถูกต้อง

2.2 ขั้นสอน

2.2.1 แสวงหาความรู้ ผู้สอนออกแบบกิจกรรมหรือกำหนดประเด็น เพื่อให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยการค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา หนังสือประเภทต่างๆ ป้ายนิเทศ สื่อต่างๆ ตลอดจนแหล่งความรู้ด้านเทคโนโลยีประเภทต่างๆ และนำมาแลกเปลี่ยนความรู้และช่วยกันสรุป โดยมีผู้สอนคอยช่วยชี้แนะอย่างมีเมตตา

2.2.2 ค้นพบความรู้ ขณะที่ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยวิธีการต่างๆ อย่างหลากหลายนั้น ผู้เรียนก็ย่อมค้นพบความรู้ไปด้วย ซึ่งถ้าจะให้ค้นพบความรู้ได้ตรงประเด็นนั้น ผู้สอนควรจัดทำใบงาน กำหนดหัวข้อ หรือตั้งประเด็นคำถาม เพื่อเป็นการกำกับผู้เรียนให้ศึกษาข้อมูลความรู้ได้ตรงตามเป้าหมาย

2.2.3 การวิเคราะห์และการประเมินค่าความรู้ ผู้สอนควรได้นำวิธีคิดรูปแบบต่างๆ แทรกเข้ามา เพื่อให้ผู้เรียนได้รู้จักวิเคราะห์และประเมินค่าความรู้อย่างมีเหตุผล ผู้สอนอาจนำกรณีตัวอย่างมาให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดหาสาเหตุของปัญหา ต่อจากนั้น ให้ผู้เรียนได้ฝึกการสรุปประเด็นของข้อมูลความรู้ และประเมินค่าโดยวิธีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม และเสนอต่อชั้นเรียน

2.2.4 พิสูจน์ความรู้ เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนได้จัดกิจกรรมปฏิบัติพิสูจน์ความรู้ให้ผู้เรียนทุกคนได้วางแผนการปฏิบัติตน และเลือกแนวการปฏิบัติ เพื่อจะได้รู้ถึงปัญหาและสาเหตุของปัญหาในการปฏิบัติ เพื่อจะได้นำมาอภิปรายร่วมกันเพื่อหาแนวทางแก้ไข

2.3 ขั้นสรุป

2.3.1 ให้ผู้เรียนทุกคนสรุปผลการปฏิบัติและพิสูจน์ความรู้ตามทางเลือกของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม โดยสมาชิกแต่ละกลุ่มได้นำผลการสรุปมาเล่าสู่กันฟัง เพื่อให้ทราบถึงผลการปฏิบัติว่าเป็นอย่างไร มีเรื่องใดเป็นปัญหาหรืออุปสรรค หาสาเหตุของปัญหาและช่วยกันเสนอแนวทางแก้ไข ถ้าบุคคลใดได้ผลดีจากการปฏิบัติ ให้ช่วยกันหาสาเหตุของผลการปฏิบัตินั้น ซึ่งอาจใช้วิธีคิดในแบบที่ผู้เรียนคิดว่าเหมาะสม

2.3.2 นำผลการสรุปของแต่ละกลุ่มมาแลกเปลี่ยนกันด้วยวิธีการต่างๆ เช่น พูด เขียน เพื่อแสดงความมั่นใจว่าข้อมูลที่ได้รับการพิสูจน์ด้วยการปฏิบัตินั้นเป็นไปได้ มีคุณค่า และปฏิบัติได้ผลจริง

ไขศรี พานิกุล (2546: 29 – 30) ได้สรุปการสอนแบบธรรมสากัจฉาไว้ว่า เป็นการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้รับความรู้โดยการอภิปราย ซักถามระหว่างผู้เรียนกันเองหรือผู้เรียนกับผู้สอน โดยผู้สอนเป็นผู้จัดสถานการณ์ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจซักถาม อภิปราย จนผู้เรียนสรุปหลักความรู้ได้มีพฤติกรรมการเรียนการสอน 3 ลักษณะ ดังนี้

1. ผู้สอนถามผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนคิด ค้นหา และสรุปได้
2. ผู้เรียนซักถามผู้สอนในธรรมที่ผู้เรียนสนใจหรือสงสัย ซึ่งผู้สอนจะอธิบายตามลำดับที่ผู้เรียนถาม จนสรุปหลักการได้
3. สนทนาหรืออภิปรายกันเองในหมู่ผู้เรียน จนสรุปความรู้ได้

จากการศึกษาเอกสารขั้นตอนวิธีการสอนแบบธรรมสากัจฉาข้างต้น สามารถสรุปวิธีการสอนธรรมสากัจฉาได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เตรียมความพร้อมของผู้เรียน โดยการซักถาม สนทนาโต้ตอบระหว่างผู้สอนและผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหาที่จะเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้
2. ขั้นสอน

2.1 แสวงหาความรู้ ผู้สอนกำหนดประเด็นที่เป็นปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้จากเอกสารประกอบการเรียน ตำรา ใบความรู้ สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ ซึ่งผู้สอนเป็นผู้แนะนำและอำนวยความสะดวกในการศึกษาหาความรู้ให้แก่ผู้เรียน

2.2 ค้นพบความรู้ ผู้เรียนฝึกฝนการสร้างแนวคิด เพื่อจับประเด็นสำคัญเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการซักถามและอภิปรายร่วมกับผู้สอนและผู้เรียนคนอื่นๆ โดยผู้สอนอาจยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาให้ผู้เรียนพิจารณาวิธีแก้โจทย์ปัญหานั้นทีละขั้นตอน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจขั้นตอนการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอนอย่างถ่องแท้

2.3 รวบรวมความรู้ ผู้เรียนรวบรวมแนวความคิดที่ได้จากการอภิปรายร่วมกับผู้สอนและผู้เรียนคนอื่นๆ มาวิเคราะห์เพื่อเลือกนำไปใช้แก้ปัญหาอย่างถูกต้องและเหมาะสม

2.4 พิสูจน์ความรู้ ผู้เรียนทำกิจกรรมฝึกทักษะจากใบงาน หรือแบบทดสอบที่ผู้สอนได้มอบหมาย โดยนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า ซึ่งผ่านการคิดวิเคราะห์อย่างสมเหตุสมผลมาแล้วไปใช้ในการปฏิบัติจริง เป็นการนำความรู้มาสู่การปฏิบัติ

3. ขั้นสรุปบทเรียน

ผู้เรียนอภิปรายผลที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมไปคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา อย่างมีเหตุผล สามารถค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหา ตลอดจนสรุปองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยผู้สอนเพิ่มเติมความรู้ส่วนที่บกพร่องให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบธรรมสากัจฉา

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัย พบว่า กลุ่มผู้สอนคณิตศาสตร์และงานวิจัยต่างประเทศยังไม่มีการทำวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ผู้วิจัยจึงนำงานวิจัยในสาขาวิชาอื่น

ที่ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ดังนี้

ดุษฎี สีตลวรางค์ (2524: 67 – 68) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีสอนแบบไตรสิกขา และธรรมสากัจฉาในการสอนเบญจศีลและฆราวาสธรรมในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนจากวิธีสอนแบบธรรมสากัจฉาสูงกว่ากลุ่มที่เรียนจากวิธีสอนแบบไตรสิกขา ส่วนการใช้หลักธรรมในการแก้ปัญหาเชิงจริยธรรมนั้น ผู้เรียนที่เรียนจากวิธีสอนแบบไตรสิกขามีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนจากวิธีสอนแบบธรรมสากัจฉา

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2538: 43) ได้ทำการศึกษาการใช้วิธีการสอนแบบธรรมสากัจฉาเพื่อสร้างศรัทธาและวิธีคิดตามหลักพุทธธรรมแก่ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้เรียนจำนวน 56 คน ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่เรียนโดยใช้วิธีการสอนแบบธรรมสากัจฉา มีความศรัทธาต่อพระพุทธศาสนาหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และผู้เรียนที่เรียนโดยใช้วิธีการสอนแบบธรรมสากัจฉา มีวิธีคิดแบบสืบสาวเหตุปัจจัยหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ประไพศรี ศิริวงศ์ (2540: ก – ข) ได้ศึกษาการใช้วิธีสอนแบบธรรมสากัจฉา เพื่อพัฒนาความคิดรวบยอดของผู้เรียนในวิชาภาษาไทย ท 503 จำนวน 2 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 80 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 40 คน และกลุ่มทดลอง 40 คน ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบธรรมสากัจฉาและเรียนโดยวิธีสอนตามคู่มือผู้สอน มีความคิดรวบยอดในวิชาภาษาไทย ท 503 หลังเรียนดีกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และพบว่า ผู้เรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบธรรมสากัจฉา มีพัฒนาการทางความคิดรวบยอดในวิชาภาษาไทย ท 503 ดีกว่าผู้เรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามคู่มือผู้สอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ไขศรี พานิกุล (2546: 50 – 51) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการใช้เหตุผลเชิงจริยธรรมของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนเรื่องหลักธรรมในพุทธศาสนา โดยการสอนแบบไตรสิกขากับการสอนแบบธรรมสากัจฉา ผู้เรียนจำนวน 50 คน กลุ่มทดลองที่ 1 เรียนโดยการสอนแบบไตรสิกขา จำนวน 25 คน กลุ่มทดลองที่ 2 เรียนโดยการสอนแบบธรรมสากัจฉา จำนวน 25 คน ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่เรียนเรื่องหลักธรรมในพุทธศาสนาโดยการสอนแบบไตรสิกขากับการสอนแบบธรรมสากัจฉา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และผู้เรียนที่เรียนเรื่องหลักธรรมในพุทธศาสนาโดยการสอนแบบไตรสิกขากับการสอนแบบธรรมสากัจฉา มีการใช้เหตุผล เชิงจริยธรรมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ไชยา เพชรพิมล (2547: 117) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย การพินิจวรรณกรรมนวนิยายไทยรางวัลซีไรต์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีสอนแบบธรรมสากัจฉากับวิธีสอนแบบปกติ จำนวน 2 ห้องเรียนๆ ละ 40 คน รวมทั้งสิ้น 80 คน กลุ่มทดลองใช้วิธีสอนแบบธรรมสากัจฉา และกลุ่มควบคุมใช้วิธีสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย เรื่องการพินิจวรรณกรรมนวนิยายไทยรางวัลซีไรต์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบธรรมสากัจฉากับวิธีสอนแบบปกติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดย

กลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบธรรมสากัจฉามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ และผู้เรียนมีความคิดเห็นต่อวิธีสอนแบบธรรมสากัจฉา ในระดับที่เห็นด้วยมากที่สุด

ภัทรรัตน์ แสงเดือน (2553: 92 – 93) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 34 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการสนทนาระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น กระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจซักถามและอภิปรายปัญหาร่วมกัน จนผู้เรียนสามารถสรุปองค์ความรู้ได้ ซึ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

วิลสัน (Wilson. 1971: 643 – 685) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางด้านสติปัญญา (Cognitive Domain) ในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งจำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาไว้เป็น 4 ระดับคือ

1. ความรู้ความจำการคิดคำนวณ (Computation) พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่า เป็นพฤติกรรมที่อยู่ในระดับต่ำสุด แบ่งออกเป็น 3 ขั้น คือ

1.1 ความรู้ ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Knowledge of Specific Facts) เป็นความสามารถที่จะระลึกถึงข้อเท็จจริงต่างๆ ที่ผู้เรียนเคยได้รับจากการเรียนการสอนมาแล้ว คำถามที่วัดความสามารถในระดับนี้จะเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ตลอดจนความรู้พื้นฐาน ซึ่งผู้เรียนได้สั่งสมมาเป็นระยะเวลานานแล้ว

1.2 ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (Knowledge of Terminology) เป็นความสามารถในการระลึกหรือจำศัพท์และนิยามต่างๆ ได้ โดยคำถามอาจจะถามโดยตรงหรือโดยอ้อมก็ได้ แต่ไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณ

1.3 ความสามารถในการใช้กระบวนการคิดคำนวณ (Ability to Carry out) เป็นความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริงหรือนิยาม และกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้วมาคิดคำนวณตามลำดับขั้นตอนที่เคยเรียนรู้มาแล้ว ข้อสอบวัดความสามารถด้านนี้ต้องเป็นโจทย์ง่ายๆ คล้ายคลึงกับตัวอย่าง ผู้เรียนไม่ต้องพบกับความยุ่งยากในการตัดสินใจเลือกใช้กระบวนการ

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมระดับความรู้ ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณแต่ซับซ้อนกว่า แบ่งได้เป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนมติ (Knowledge of Concepts) เป็นความสามารถที่ซับซ้อนกว่าความรู้ ความจำที่เกี่ยวกับข้อเท็จจริง เพราะมโนมติเป็นนามธรรมซึ่งประมวลจากข้อเท็จจริงต่างๆ ต้องอาศัยการตัดสินใจในการตีความหรือยกตัวอย่างของมโนมตินั้น โดยใช้คำพูดของตน หรือเลือกความหมายที่กำหนดให้ ซึ่งเขียนในรูปใหม่หรือยกตัวอย่างใหม่ที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียน

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ (Knowledge of Principles Rules and Generalization) เป็นความสามารถในการนำเอาหลักการ กฎ และความเข้าใจเกี่ยวกับมโนมติไปสัมพันธ์กับโจทย์ปัญหาจนได้แนวทางในการแก้ปัญหาได้ ถ้าคำถามนั้นเป็นคำถามเกี่ยวกับหลักการ และกฎที่ผู้เรียนเพิ่งเคยพบเป็นครั้งแรก ก็อาจจัดเป็นพฤติกรรมในระดับการวิเคราะห์ก็ได้

2.3 ความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (Knowledge of Mathematical Structure) คำถามที่วัดพฤติกรรมระดับนี้ เป็นคำถามที่วัดเกี่ยวกับคุณสมบัติของระบบจำนวน และโครงสร้างทางพีชคณิต

2.4 ความสามารถในการเปลี่ยนรูปแบบปัญหาจากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง (Ability to Transform Problem Elements from One Mode to Another) เป็นความสามารถในการแปลข้อความที่กำหนดให้เป็นข้อความใหม่หรือภาษาใหม่ เช่น แปลจากภาษาพูดให้เป็นสมการ ซึ่งมีความหมายคงเดิม โดยไม่รวมถึงกระบวนการแก้ปัญหา (Algorithms) หลังแปลแล้วอาจกล่าวได้ว่าเป็นพฤติกรรมที่สูงสุดของพฤติกรรมระดับความเข้าใจ

2.5 ความสามารถในการคิดตามแนวของเหตุผล (Ability to Follow a Line of Reasoning) เป็นความสามารถในการอ่านและเข้าใจข้อความทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแตกต่างไปจากความสามารถในการอ่านทั่วๆ ไป

2.6 ความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Ability to Read and Interpret a Problem) ข้อสอบที่วัดความสามารถในขั้นนี้ อาจดัดแปลงมาจากข้อสอบที่วัดความสามารถในขั้นอื่นๆ โดยให้ผู้เรียนอ่านและตีความโจทย์ปัญหา ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของข้อความ ตัวเลข ข้อมูลทางสถิติ หรือกราฟ

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหาที่ผู้เรียนคุ้นเคย เพราะคล้ายกับปัญหาที่ผู้เรียนประสบอยู่ในระหว่างเรียน คือ เป็นแบบฝึกหัดที่ผู้เรียนต้องเลือกกระบวนการแก้ปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาได้โดยไม่ยาก พฤติกรรมในระดับนี้แบ่งออกเป็น 4 ขั้น คือ

3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาที่คล้ายกับปัญหาที่เคยประสบอยู่ในระหว่างเรียน (Ability to Solve Routine problems) ผู้เรียนต้องอาศัยความสามารถในระดับความเข้าใจ และเลือกกระบวนการแก้ปัญหา จนได้คำตอบออกมา

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ (Ability to Make Comparisons) เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด เพื่อสรุปการตัดสินใจ ซึ่งในการแก้ปัญหาขั้นนี้ อาจต้องใช้วิธีการคิดคำนวณและจำเป็นต้องอาศัยความรู้ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งใช้ความสามารถใน

การคิดอย่างมีเหตุผล

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล (Ability to Analyze Data) เป็นความสามารถในการตัดสินใจอย่างต่อเนื่องในการหาคำตอบจากข้อมูลที่กำหนดให้ ซึ่งอาจต้องอาศัยการแยกข้อมูลที่เกี่ยวข้องออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องมาพิจารณาว่าอะไรคือ ข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม มีปัญหาอื่นใดบ้างที่อาจเป็นตัวอย่างในการหาคำตอบของปัญหาที่กำลังประสบอยู่ หรือต้องแยกโจทย์ปัญหาออกพิจารณาเป็นส่วน มีการตัดสินใจหลายครั้งอย่างต่อเนื่องแต่ต้นจนได้คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ต้องการ

3.4 ความสามารถในการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกันและสมมาตร (Ability to Data Recognize Patterns, Isomorphism's and Symmetries) เป็นความสามารถที่ต้องอาศัยพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่การระลึกถึงข้อมูลที่กำหนดให้ การเปลี่ยนรูปปัญหา การจัดกระทำข้อมูลและการระลึกถึงความสัมพันธ์ ผู้เรียนต้องสำรวจหาสิ่งที่คุ้นเคยจากข้อมูล หรือสิ่งที่กำหนดจากโจทย์ปัญหาให้พบ

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนไม่เคยเห็นหรือไม่เคยทำแบบฝึกหัดมาก่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโจทย์พลิกแพลง แต่ก็อยู่ในขอบเขตเนื้อหาวิชาที่เรียน การแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวต้องอาศัยความรู้ที่ได้เรียนมารวบรวมกับความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกันเพื่อแก้ปัญหา พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุดของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นสมรรถภาพสมองระดับสูง แบ่งออกเป็น 5 ขั้น ดังนี้

4.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่เคยประสบมาก่อน (Ability to Solve Nonroutine Problems) คำถามที่ใช้ในขั้นนี้เป็นคำถามที่ซับซ้อน ไม่มีในแบบฝึกหัดหรือตัวอย่าง ไม่เคยเห็นมาก่อน ผู้เรียนต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกับความเข้าใจ มโนมติ นิยาม ตลอดจนทฤษฎีต่างๆ ที่เรียนมาแล้วเป็นอย่างดี

4.2 ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ (Ability to Discover Relationships) เป็นความสามารถในการจัดส่วนต่างๆ ที่โจทย์กำหนดให้แล้วสร้างความสัมพันธ์ใหม่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาแทนการจำความสัมพันธ์เดิมที่เคยพบมาแล้วมาใช้กับข้อมูลชุดใหม่เท่านั้น

4.3 ความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ (Ability to Construct Proofs) เป็นความสามารถที่ควบคู่กับความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ อาจเป็นพฤติกรรมที่มีความซับซ้อนน้อยกว่า พฤติกรรมในขั้นนี้ต้องการให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบข้อพิสูจน์ว่าถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดบ้าง

4.4 ความสามารถในการสร้างสูตรและทดสอบความถูกต้องให้มีผลใช้ได้เป็นกรณีทั่วไป (Ability to Formulate and Validate Generalizations) เป็นความสามารถในการค้นพบสูตรหรือกระบวนการแก้ปัญหาและพิสูจน์ว่า ใช้เป็นกรณีทั่วไปได้

กู๊ด (Good. 1973: 7) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การเข้าถึงความรู้ (Knowledge Attained) หรือการพัฒนาทักษะในการเรียน ซึ่งอาจพิจารณาจากคะแนนสอบที่กำหนดให้ คะแนนที่ได้จากงานที่ผู้สอนมอบหมายให้ หรือทั้งสองอย่าง

นิภา เมธธาวีชัย (2536: 65) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้และทักษะที่ได้รับและพัฒนามาจากการเรียนการสอนวิชาต่างๆ ครูอาศัยเครื่องมือวัดผลช่วยในการศึกษาว่านักเรียนมีความรู้ และทักษะมากน้อยเพียงใด

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ระดับความสามารถหรือระดับผลสัมฤทธิ์ของบุคคลหลังจากการเรียนหรือการฝึกอบรม ซึ่งสามารถแบ่งเป็น

1. ความรู้ความจำการคิดคำนวณ ประกอบด้วยความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง คำศัพท์ นิยาม และความสามารถในการคิดคำนวณตามลำดับขั้นตอนที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้ว

2. ความเข้าใจ ประกอบด้วยความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎ การสรุปอ้างอิง และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ สามารถเปลี่ยนรูปแบบปัญหาจากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง การคิดตามแนวของเหตุผล การอ่านและตีความโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3. การนำไปใช้ ประกอบด้วยความสามารถในการแก้ปัญหาที่คล้ายคลึงกับที่ผู้เรียนได้ประสบในระหว่างเรียน ซึ่งผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาได้ไม่ยาก

4. การวิเคราะห์ ประกอบด้วยความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน ไม่เคยเห็นหรือไม่เคยทำแบบฝึกหัดมาก่อนแต่อยู่ในขอบเขตเนื้อหาที่เรียน สามารถค้นหาความสัมพันธ์จากข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้ความรู้ที่เรียนมาร่วมกับความคิดสร้างสรรค์ ผู้เรียนสามารถสร้างกระบวนการคิดขึ้นมาใหม่ให้สัมพันธ์กับเรื่องเดิม

2.2 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เพรสคอตต์ (Prescott. 1961: 14 – 16) ได้ใช้ความรู้ทางชีววิทยา สังคมวิทยา จิตวิทยา และการแพทย์ ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนการสอนของผู้เรียนและสรุปผลการศึกษาว่าองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน มีดังนี้

1. องค์ประกอบทางด้านร่างกาย ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโตของร่างกาย สุขภาพร่างกาย ข้อบกพร่องทางร่างกาย และบุคลิกภาพ

2. องค์ประกอบทางความรัก ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างบิดาและมารดา ความสัมพันธ์ระหว่างบิดามารดากับลูก ความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างลูกๆ ด้วยกัน และความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกทั้งหมดในครอบครัว

3. องค์ประกอบทางด้านวัฒนธรรมและสังคม ได้แก่ ขนบธรรมเนียมประเพณีความเป็นอยู่ของครอบครัว สภาพแวดล้อมทางบ้าน การอบรมทางบ้าน และฐานะทางบ้าน

4. องค์ประกอบทางความสัมพันธ์ในเพื่อนวัยเดียวกัน ได้แก่ ความสัมพันธ์ของผู้เรียนกับเพื่อนวัยเดียวกันทั้งที่บ้านและที่โรงเรียน

5. องค์ประกอบทางการพัฒนาแห่งตน ได้แก่ สติปัญญา ความสนใจ เจตคติของผู้เรียน

6. องค์ประกอบทางปรับตัว ได้แก่ ปัญหาการปรับตัวการแสดงออกทางอารมณ์

แคร์รอล (Carroll. 1963: 723 – 733) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับอิทธิพลขององค์ประกอบต่างๆ ที่มีต่อระดับผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน โดยการนำเอาผู้สอน ผู้เรียน และหลักสูตรมาเป็นองค์ประกอบ

ที่สำคัญ โดยเชื่อว่าเวลาและคุณภาพของการสอนมีอิทธิพลโดยตรงต่อปริมาณความรู้ที่ผู้เรียนจะได้รับ

จากการศึกษาองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้น สรุปได้ว่า มีองค์ประกอบที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วย องค์ประกอบด้านร่างกาย และสติปัญญาของผู้เรียน องค์ประกอบด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความสัมพันธ์ภายในครอบครัวและความสัมพันธ์ของผู้เรียน และเพื่อนของผู้เรียน การจัดการเรียนการสอน เป็นต้น

2.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ไพศาล หวังพานิช (2526: 79) กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถวัดได้ 2 แบบ ตามจุดมุ่งหมายและลักษณะวิชาที่สอน คือ

1. การวัดด้านการปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถในการปฏิบัติหรือทักษะของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถออกมาในรูปการกระทำจริง เช่น วิชาศิลปะพละ หรืองานช่าง เป็นต้น
2. การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาอันเป็นประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน สามารถวัดได้โดยใช้แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement test)

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543: 146 – 147) กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดความรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนไปแล้ว ซึ่งมักจะเป็นข้อคำถามให้ผู้เรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอกับให้ผู้เรียนปฏิบัติ

จากการศึกษาการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ การวัดความรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ เพื่อประเมินว่าผู้เรียนได้รับผลจากการเรียนการสอนมากน้อยเพียงใด โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องมีเนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

2.4 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

สาเหตุของการสอบตกและการออกจากโรงเรียนในระดับประถมศึกษา ซึ่งเรวัตและคุปตะ (Rawat; & Cupta. 1970: 7 – 9) ได้กล่าวว่า อาจมาจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งหรือมากกว่านั้น โดยมีด้วยกันหลายประการ ได้แก่

1. ผู้เรียนขาดความรู้สึกในการมีส่วนร่วมกับโรงเรียน
2. ความไม่เหมาะสมของการจัดเวลาเรียน
3. ผู้ปกครองไม่เอาใจใส่ในการศึกษาบุตร
4. ผู้เรียนมีสุขภาพไม่สมบูรณ์
5. ความยากจนของผู้ปกครอง
6. ประเพณีทางสังคม ความเชื่อที่ไม่เหมาะสม
7. โรงเรียนไม่มีการปรับปรุงที่ดี
8. การสอบตกซ้ำชั้นเพราะการวัดผลไม่ดี
9. อายุน้อยหรือมากเกินไป
10. สาเหตุอื่นๆ เช่น การคมนาคมไม่สะดวก

วัชรี บูรณสิงห์ (2525: 435) ได้กล่าวถึงลักษณะของผู้เรียนที่เรียนอ่อนวิชาคณิตศาสตร์ว่ามีลักษณะ ดังต่อไปนี้

1. ระดับสติปัญญา (I.Q.) อยู่ระหว่าง 75 – 90 และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางวิชาคณิตศาสตร์จะต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 30
2. อัตราการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์จะต่ำกว่าผู้เรียนคนอื่นๆ
3. มีความสามารถทางการอ่านต่ำ
4. จำหลักหรือมโนคติเบื้องต้นทางคณิตศาสตร์ที่เรียนไปแล้วไม่ได้
5. มีปัญหาในการใช้ถ้อยคำ
6. มีปัญหาในการหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ และการสรุปเป็นหลักเกณฑ์โดยทั่วไป
7. มีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์น้อย สังเกตจากการสอบตกวิชาคณิตศาสตร์บ่อยครั้ง
8. เจตคติที่ไม่ดีต่อโรงเรียนและโดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อวิชาคณิตศาสตร์
9. มีความกดดันและรู้สึกกังวลต่อความล้มเหลวทางด้านการเรียนของตนเอง และบางครั้งรู้สึกดูถูกตนเอง
10. ขาดความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเอง
11. อาจมาจากครอบครัวที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างจากผู้เรียนอื่นๆ ซึ่งมีผล ทำให้ขาดประสบการณ์ที่จำเป็นต่อความสำเร็จในการเรียน
12. ขาดทักษะในการฟังและไม่มีความตั้งใจในการเรียน หรือมีความตั้งใจในการเรียนเพียงชั่วระยะเวลาสั้นๆ
13. มีข้อบกพร่องในด้านสุขภาพ เช่น สายตาไม่ปกติ มีปัญหาทางด้านการฟัง และมีข้อบกพร่องทางทักษะการใช้มือ
14. ไม่ประสบผลสำเร็จในด้านการเรียนทั่วๆ ไป
15. ขาดความสามารถในการแสดงออกทางคำพูด ซึ่งทำให้ไม่สามารถใช้คำถามที่แสดงให้เห็นว่า ตนเองก็ยังไม่เข้าใจในการเรียนนั้นๆ

จากการศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ได้แก่

1. ปัจจัยที่มาจากตัวผู้เรียนเอง คือ ระดับสติปัญญา พื้นฐานความรู้เดิม ความบกพร่องด้านสุขภาพร่างกาย ความกดดันและรู้สึกกังวลต่อความล้มเหลว การขาดความเชื่อมั่นในตนเอง
2. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของผู้สอน เช่น การจัดการเรียนการสอนที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน การวัดผลที่ขาดประสิทธิภาพ
3. สภาพแวดล้อมทั้งที่โรงเรียนและที่บ้าน

2.5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ประกิจ รัตนสุวรรณ (2525: 55) ได้กล่าวถึง แบบทดสอบวัดสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดพฤติกรรมและประสบการณ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียน แบบทดสอบประเภทนี้ จึงมุ่งวัดคุณลักษณะด้านความรู้ความคิดในเรื่องที่เรียน ลักษณะการวัดผลสัมฤทธิ์จะขึ้นอยู่กับลักษณะและธรรมชาติของรายวิชาที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้นๆ โดยอาจจะเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ในแง่เนื้อหาวิชาโดยตรง หรืออาจจะวัดผลสัมฤทธิ์ในเชิงลงมือปฏิบัติ หน้าที่สำคัญของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก็คือ มุ่งตรวจสอบความสามารถในการเรียนของบุคคล ทั้งในส่วนที่เกี่ยวกับระดับความสามารถ ในการเรียน ความก้าวหน้า หรือพัฒนาการในการเรียน

สมเกียรติ ปติฐพร (2525: 7) กล่าวถึงประเภทและรูปแบบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ดังนี้

1. แบบทดสอบที่ผู้สอนสร้างขึ้นเอง (Teacher Made Test) หมายถึง ข้อสอบที่ใช้ทั่วไปในโรงเรียน โดยที่ผู้สอนเป็นผู้สร้างขึ้นเอง สอบแล้วทิ้งไป จะสอบใหม่ก็สร้างขึ้นใหม่
2. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นแล้วนำไปใช้ทดสอบแล้ว วิเคราะห์ผลการสอบตามวิธีทางสถิติหลายครั้งเพื่อปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพดีขึ้น

รูปแบบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างง่ายและนิยมใช้มี 2 แบบคือ

1. แบบอัตนัยหรือความเรียง (Subject or Essay Type) หมายถึง แบบทดสอบที่กำหนดปัญหา หรือข้อคำถามให้ผู้ตอบเขียนตอบยาวๆ เหมาะสำหรับต้องการวัดหลายๆ ด้านในแต่ละข้อ เช่น วัดความคิด วัดภาษา วัดอารมณ์
2. แบบปรนัยหรือแบบใช้คำตอบสั้นๆ (Objective or Short Answer Type) หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้คำตอบสั้นๆ หรือกำหนดคำตอบให้เลือก อาจเป็นแบบถูก-ผิด จับคู่ แบบเติมคำ หรือแบบเลือกตอบ

วิเชียร เกตุสิงห์ (2515: 28) ได้กล่าวถึงหลักและข้อแนะนำในการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบไว้ ดังนี้

1. ตัวคำถามต้องชัดเจน อ่านแล้วเข้าใจว่าต้องการถามอะไร
2. พยายามให้ตัวเลือกสั้น ๆ โดยตัดคำที่ไม่จำเป็นออก
3. อย่าให้มีรายละเอียดในตัวคำถามมากเกินไปเพราะอาจเป็นการแนะคำตอบ
4. ต้องมั่นใจว่าคำถามแต่ละข้อมีคำตอบถูกต้องเพียงคำตอบเดียว
5. พยายามใช้คำถามที่วัดสมองขั้นลึกๆ เช่น ถามความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์
6. ระวังการใช้ตัวเลือก “ไม่มีข้อใดถูก” หรือ “ถูกทุกข้อ” ถ้าจะใช้ก็ให้ใช้อย่างเหมาะสม เช่น กรณีที่หาตัวเลือกอื่นไม่ได้อีกแล้ว
7. ถ้าจะใช้คำถามปฏิเสธ ควรแสดงให้เห็นชัดว่าเป็นคำถามปฏิเสธ โดยการขีดเส้นใต้หรือใช้ตัวพิมพ์หนาแสดงข้อความที่แสดงคำถามปฏิเสธ

8. ตัวเลือกที่ถูกควรมีความยาวใกล้เคียงกับตัวอื่น

9. ตัวเลือกที่เป็นตัวเลือกถูกและผิด ต้องถูกผิดในแง่ของความหมาย ไม่ใช่ถูกผิดในแง่ของภาษา

10. ตัวเลือกแต่ละตัวควรให้เป็นอิสระขาดจากกัน กล่าวคือ ไม่ควรกล่าวถึงกัน ไม่ควรให้ตัวเลือกตัวหนึ่งคลุมตัวเลือกอื่นๆ

11. การวางตำแหน่งตัวถูกควรกระจายกันออกไป ไม่ควรซ้ำกันหรือเรียงกัน อย่างมีระบบทางที่ดีควรเรียงตามลำดับความยาว ให้ตัวเลือกที่มีความยาวน้อยที่สุดเป็นข้อ ก.

12. ตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ต้องมีเหตุผลที่ใช้เป็นตัวลวง ไม่ใช่ผิดจนเห็นได้ชัดเจน

13. ควรเรียงลำดับตัวเลือกเป็นตัวเลข

14. ถ้าใช้รูปภาพประกอบคำถามยิ่งดี

15. ข้อหนึ่งควรมีตัวเลือก 4 – 5 ตัวเลือก

16. อย่าให้คำถามข้อแรกๆ แนะคำตอบข้อหลังๆ

จากการศึกษาจึงพอสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ แบบทดสอบที่วัดความสามารถในการเรียนของผู้เรียน ซึ่งอาจวัดได้จากพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกในการแก้ปัญหา โดยลักษณะของแบบทดสอบที่นิยมใช้ในปัจจุบันจะมีอยู่ 2 แบบ คือ

1. แบบทดสอบที่เป็นปรนัย
2. แบบทดสอบที่เป็นอัตนัย

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

งานวิจัยต่างประเทศ

ไดแกน (Deighan. 1971: 3333 – A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติทางคณิตศาสตร์ของผู้สอนและผู้เรียน กลุ่มตัวอย่าง เป็นผู้เรียนเกรด 3 – 6 จำนวน 1,022 คน ผู้สอน 44 คน ในโรงเรียนประถมศึกษาที่อยู่ในชนบท โดยใช้แบบวัดเจตคติ 2 ชนิด คือ 1) การตอบ “ใช่” “ไม่ใช่” ของแอทโทเนน (Attonen) 2) Semantic Differential และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้ JOHN Test of Basic Skills และ LORGE Thorndike of Intelligence วิเคราะห์ผลโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และวิเคราะห์สมการถดถอย ผลปรากฏว่า เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน แต่เจตคติทางคณิตศาสตร์ของผู้สอนและผู้เรียนไม่สัมพันธ์กัน

ริโอแดน และ นอยซ์ (Riordan; & Noyce. 2001: 368 – A) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของหลักสูตรมาตรฐานหลักวิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เรียนเกรด 5 – 8 ศึกษาโดยการเปรียบกับผู้เรียน 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เรียนตามหลักสูตรเดิม กลุ่มที่ 2 เรียนตามหลักสูตรมาตรฐานหลัก ผลจากการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่เรียนตามหลักสูตรมาตรฐานหลัก มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนตามหลักสูตรเดิม

ฟินน์และคนอื่นๆ (Finn; et al. 2003: 228 – A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้สอนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรมาตรฐานหลัก โดยทำการศึกษากับผู้สอน 40 คน ผู้เรียน 1,466 คน จาก 26 โรงเรียน ผลการวิจัยพบว่าสิ่งที่สำคัญมากที่สุด คือ การเตรียมการสอนตามหลักสูตร รองลงมา คือ พฤติกรรมการสอนของผู้สอนซึ่งมีผลในทางบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

เรย์ และคนอื่นๆ (Reys; et al. 2003: 74 – A) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับหลักสูตรมาตรฐานหลักและหลักสูตรเดิม วิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เรียนเกรด 8 โดยแบ่งผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกให้เรียนโดยใช้หลักสูตรมาตรฐานหลักอย่างน้อย 2 ปี และอีกกลุ่มเรียนโดยใช้หลักสูตรเดิม ผลวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่เรียนตามหลักสูตรมาตรฐานหลักมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนตามหลักสูตรเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

งานวิจัยในประเทศ

รจนา รัตนานิคม (2544: 29) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการเปรียบเทียบผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องความน่าจะเป็นของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผลจากการวิจัยพบว่า ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความสามารถเพียงพอในการเรียนที่ระดับนัยสำคัญ .01 และผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความสามารถทางการเรียนแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05

พงศ์รัศมิ์ เฟื่องฟู (2545: 28) ได้สร้างบทเรียนเรื่องการอุปนัยเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการอุปนัยเชิงคณิตศาสตร์ตามบทเรียนที่ผู้วิจัยเรียบเรียงมา กลุ่มตัวอย่างได้รับการสอนโดยใช้บทเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลจากการวิจัยพบว่าผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความสามารถเพียงพอในการเรียนรู้ และประยุกต์ในเรื่องการอุปนัยเชิงคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

มยุรี บุญเยี่ยม (2545: 95) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดการเรียนเรื่อง “ความน่าจะเป็น” โดยใช้วิธีแก้ปัญหา เพื่อส่งเสริมความตระหนักในการรู้คิดของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง หลังการทดลองใช้ชุดการเรียน เรื่อง “ความน่าจะเป็น” โดยใช้วิธีการแก้ปัญหา เพื่อส่งเสริมความตระหนักในการรู้คิดสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ปริยทิพย์ บุญคง (2546: 78 – 79) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยบางประการกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และหาค่าน้ำหนักของความสำคัญของปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น ผลจากการวิจัยพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างปัจจัยด้านการกำกับตนเองในการเรียน ด้านการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ ด้านความเชื่ออำนาจภายในตน ด้านการรับรู้ความคาดหวังของผู้ปกครองด้านการศึกษา และความมีวินัยในตนเองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ 0.561 ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

และค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยด้านการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ และด้านการรับรู้ความคาดหวังของผู้ปกครองด้านการศึกษา ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนปัจจัยด้านการกำกับตนเองในการเรียน ความเชื่ออำนาจภายในตนและความมีวินัยในตนเอง ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เสาวภา อนุเพชร (2548: 56) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ โดยได้รับการสอนเสริมด้วยชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์นันทนาการ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำที่ได้รับการสอนเสริมด้วยชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์นันทนาการสูงกว่าก่อนได้รับการสอนเสริมด้วยชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์นันทนาการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สันติ อิทธิพลนาวากุล (2550: 91) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ใช้ชุดการเรียนคณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวน โดยใช้โปรแกรม GSP เพื่อส่งเสริมความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนคณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวน โดยใช้โปรแกรม GSP เรื่อง ภาคตัดกรวย สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนคณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวน โดยใช้โปรแกรม GSP เรื่อง ภาคตัดกรวย ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บุศรา อิ่มทรัพย์ (2551: 89 – 90) ได้ศึกษาการใช้สื่อประสม เรื่อง “การแปลงทางเรขาคณิต” ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิตของผู้เรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้สื่อประสมสูงกว่าเกณฑ์การเรียน 50% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติเพื่อพัฒนาความรู้ความสามารถของตนเอง จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งจะมีผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

การจัดกระบวนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ การบูรณาการเนื้อหาต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันเป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานที่แข็งแกร่งในการเรียนคณิตศาสตร์ต่อไป และทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้อย่างมีความหมาย

3.1 ความหมายของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาความหมายของทักษะการเชื่อมโยงทั้งของไทยและต่างประเทศ ซึ่งมีผู้ให้ความหมายไว้ ดังนี้

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1991: 102) ได้ให้ความหมายของการเชื่อมโยง คือ การผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกันให้รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น

1. การเชื่อมโยงภายในวิชาเป็นการนำเนื้อหาภายในวิชาเดียวกันไปสัมพันธ์กัน ให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะไปใช้ในชีวิตจริง ช่วยให้ผู้เรียนทำความเข้าใจถึงความแตกต่างของเนื้อหาวิชารวมทั้งพีชคณิต เรขาคณิต และตรีโกณมิติ ซึ่งจะทำให้การเรียนของผู้เรียนมีความหมาย
2. การเชื่อมโยงระหว่างวิชาเป็นการรวมศาสตร์ต่างๆ ตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไป ภายใต้หัวเรื่องที่เกี่ยวข้องกันให้มาสัมพันธ์กัน เช่น วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ สังคม กีฬาหรือศิลปะ เป็นการเรียนรู้โดยใช้ความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในวิชาต่างๆ มากกว่า 1 วิชาขึ้นไป จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและตรงกับสภาพชีวิตจริง

กระทรวงศึกษาธิการ (2544: 20) กล่าวว่า ทักษะการเชื่อมโยง คือ การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้และมีพื้นฐานในการที่จะนำไปศึกษาต่อนั้นจำเป็นต้องบูรณาการเนื้อหาต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เช่น การใช้ความรู้เรื่องเซตในการให้คำจำกัดความบทนิยามในเรื่องต่างๆ เช่น บทนิยามของฟังก์ชันในรูปของเซต บทนิยามลำดับในรูปของฟังก์ชัน

นอกจากการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาต่างๆ ในคณิตศาสตร์ด้วยกันแล้ว ยังมีการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ โดยใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้และใช้ในการแก้ปัญหา เช่น เรื่องการเงิน การคิดดอกเบี้ยทบต้น ก็อาศัยความรู้ในเรื่องเลขยกกำลังและผลบวกของอนุกรม ในงานศิลปะและการออกแบบบางชนิดก็ใช้ความรู้เกี่ยวกับรูปเรขาคณิต

อัมพร ม้าคนอง (2547: 101) กล่าวถึงการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นความสามารถของผู้เรียนในการสัมพันธ์ความรู้หรือปัญหาคณิตศาสตร์ที่เรียนมากับความรู้ ปัญหา หรือสถานการณ์อื่นที่ตนเองพบ การเชื่อมโยงอาจทำได้หลากหลาย แต่ที่นิยมทำในห้องเรียนคณิตศาสตร์มี 3 ประเภท ดังนี้

1. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน
2. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนเรียนกับเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่นๆ
3. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์หรือสาขาวิชาอื่นๆ

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ เนื้อหาสาระ ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาสัมพันธ์กับสาระภายในวิชา หรือวิชาอื่นๆ หรือชีวิตประจำวัน โดยเชื่อมโยง หลักการ วิธีการทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ สามารถไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าและความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์

3.2 มาตรฐานการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

เพื่อให้การจัดกระบวนการเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ได้มีการจัดโปรแกรมการสอนเป็นมาตรฐานหลักสูตร สำหรับให้ผู้สอนใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ดังนี้

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 002: 64 – 66) ได้กำหนดมาตรฐานการเชื่อมโยง (Connection Standard) ไว้ดังนี้คือ โปรแกรมการสอนตั้งแต่ชั้นก่อนปฐมวัยถึงเกรด 12 มุ่งให้ผู้เรียนสามารถ

1. ตระหนัก และรู้จักเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์ การศึกษาคณิตศาสตร์สามารถเชื่อมโยงกันได้ ควรสอดแทรกในการเรียนการสอนในโรงเรียนในทุกระดับชั้น การให้ประสบการณ์การเรียนคณิตศาสตร์กับเด็กในครั้งแรกที่เข้ามาในโรงเรียน ไม่ควรแยกเป็นเรื่องๆ แต่ควรรวมคณิตศาสตร์เข้าหลายๆ เหตุการณ์ ซึ่งเด็กสามารถเรียนรู้ และจดจำแบบรูปของคณิตศาสตร์จากจังหวะดนตรี เพลงที่ร้อง รูปหกเหลี่ยมในรวงผึ้ง จำนวนครั้งที่กระโดด เมื่อขึ้นไปเรียนในระดับเกรด 3 – 5 กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ควรเป็นนามธรรมมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเริ่มเห็นการเชื่อมโยงระหว่างการดำเนินการทางเลขคณิต ตัวอย่างเช่น การคูณเป็นเหมือนการบวกจำนวนที่ซ้ำกัน รู้ว่าการดำเนินการทางคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ในเหตุการณ์ต่างๆ ด้วยตนเอง ทั้งเรื่องตรรกยะ สัดส่วน และความสัมพันธ์เชิงเส้น ควรสอดแทรกเข้ามาในกิจกรรมการเรียนการสอนทุกครั้ง ในเกรด 9 – 12 ผู้เรียนไม่เพียงต้องรู้ถึงลักษณะของการเชื่อมโยงแต่ต้องสามารถหยั่งรู้ที่จะนำความรู้หนึ่งไปแก้ปัญหาต่างๆ ได้ ตลอดการเรียนตั้งแต่อนุบาลถึงเกรด 12 ผู้เรียนควรถามตนเองว่า “ปัญหานี้หรือคณิตศาสตร์เรื่องนี้ เหมือนกับปัญหาอื่นหรือเรื่องอื่นที่เคยเรียนมาก่อนหรือไม่ อย่างไร” การเชื่อมโยงเป็นการสร้างแนวคิดใหม่ๆ ขยายเพิ่มเติมจากคณิตศาสตร์ที่เคยเรียนมาแล้ว เรียนรู้ในการเตรียมตัวรับความรู้ใหม่ ผู้เรียนระดับประถมศึกษารู้จักนำเรื่องการลบจำนวนเต็มบวกมาโยงเข้ากับการลบทศนิยมและเศษส่วน ผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นตระหนักและรู้จักวิธีนำเสนอการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่มีแนวคิดเดียวกัน เช่น อัตราส่วนใช้ในการนำเสนออัตราการเปลี่ยนแปลงเพื่อหาความเอียงหรือความชันของเส้นตรง ผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย รู้จักเชื่อมโยงแนวคิดในพีชคณิตและเรขาคณิต กิจกรรมที่ใช้ในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและเส้นรอบวงกลม ทำการทดลองโดยนำวงกลมขนาดต่างๆ หลายๆ รูป มาวัดความยาวของเส้นรอบวงและเส้นผ่านศูนย์กลาง ผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นอาจจะนำข้อมูลมาเขียนกราฟ 2 ตัวแปร เส้นรอบวง (c) และเส้นผ่านศูนย์กลาง (d) จะได้แนวเส้นตรงผ่านจุด (0, 0) และอัตราส่วนของ c/d คงที่ เมื่อเฉลี่ยค่าของ c/d จะได้ค่าอยู่ระหว่าง 3.1 และ 3.2 ซึ่งเป็นค่าประมาณของ π ปัญหานี้ได้นำแนวคิดในเรื่องของการวัด การวิเคราะห์ข้อมูล เรขาคณิต พีชคณิต และจำนวนมาใช้

2. เข้าใจคณิตศาสตร์ว่าเชื่อมโยงกันได้อย่างไร และนำความรู้หนึ่งไปสร้างความรู้ใหม่ที่เกี่ยวข้องกันได้ เมื่อผู้เรียนสั่งสมประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่โรงเรียนไปเรื่อยๆ ความสามารถในการเห็นส่วนที่สามารถเกี่ยวข้องกันได้ในคณิตศาสตร์ควรมีเพิ่มขึ้น ผู้เรียนในระดับชั้นอนุบาลถึงเกรด 2 จะตระหนักในเรื่องการนับ รู้จักจำนวน และสัณฐานของวัตถุต่างๆ ผู้เรียนในระดับชั้นประถมศึกษาจะได้ค้นหาการดำเนินการทางเลขคณิตแบบต่างๆ และผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจะได้ค้นหาตัวอย่างของจำนวนตรรกยะ รู้จักการสร้างสัดส่วน และความสัมพันธ์เชิงเส้น ส่วนผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

ตอนปลายจะได้ค้นหาการเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์ในเรื่องต่างๆ ดังตัวอย่าง พีระมิดสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ถูกตัดยอดสามารถนำมาเป็นแนวทางในการหาสูตรการหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

3. ตระหนัก และรู้จักประยุกต์คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ในการเรียนคณิตศาสตร์ควรได้ทำงานเกี่ยวกับปัญหาในวิชาอื่นๆ บ้าง การเชื่อมโยงสามารถทำได้กับวิชาอื่นๆ ที่เป็นชีวิตประจำวันของผู้เรียน ตั้งแต่ระดับอนุบาลถึงเกรด 2 ผู้เรียนสามารถเรียนคณิตศาสตร์พื้นฐานที่มีการเชื่อมโยงกับชีวิตจริง ผู้เรียนในระดับเกรด 3 – 5 ควรจะได้เรียนการประยุกต์ของคณิตศาสตร์ที่สำคัญกับวิชาอื่นๆ และขยายเพิ่มเติมขึ้นไปอีกในระดับเกรด 6 – 8 และในระดับเกรด 9 – 12 ควรจะใช้คณิตศาสตร์ไปอธิบายปัญหาที่ประยุกต์ซับซ้อนขึ้น การให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยการให้งานถือเป็นเรื่องสำคัญ คณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ในวิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ เภสัชศาสตร์ และบริหารธุรกิจ การเชื่อมต่อคณิตศาสตร์เข้ากับวิทยาศาสตร์ไม่ได้ทำแค่เฉพาะเนื้อหา แต่ยังรวมถึงกระบวนการ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้นำไปประยุกต์ให้เข้ากับการเรียนคณิตศาสตร์ ดังในมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Education Standards) ที่ระบุให้ใน 1 ปี โรงเรียนประถมศึกษาจะต้องสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง อากาศ โดยนำคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกับกิจกรรมการสอนนี้ ซึ่งสามารถทำได้หลากหลาย เช่น ผู้เรียนอาจจะออกแบบเครื่องมือ หรืออุปกรณ์วัดสภาพอากาศ วางแผนการจัดการ และการสื่อสารข้อมูล เป็นต้น

ตัวอย่างของการประยุกต์คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เป็นเรื่องที่ผู้เรียนในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายแห่งหนึ่งได้ไปฝึกงานที่บริษัทผลิตยาแห่งหนึ่ง ซึ่งกำลังขยายงานด้วยการตั้งสาขาใหม่ จากข้อมูลที่ทราบทางบริษัทไม่ได้คำนึงถึงแต่เฉพาะยอดขายที่จะได้ในอนาคตในการหาทำเลที่ตั้งร้านเท่านั้น ทีมงานของผู้เรียนได้รับความช่วยเหลือให้คำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านการบริหารของบริษัท ผู้เรียนได้ทำการวิเคราะห์สถิติข้อมูลประชากร และข้อมูลทางเศรษฐกิจที่ทำให้เราทราบถึงอุปสงค์ทางการตลาด ผู้เรียนได้ทำงานกับพนักงานของบริษัทและร่วมประเมินความเป็นไปได้ของทำเลที่ตั้งสาขาใหม่ ผู้เรียนได้ทำงานกับสถาปนิกในการออกแบบตัวร้าน และทำงานร่วมกับพนักงานบัญชีในการวางแผนในเรื่องการเงิน

โทมัส และ ซานเทียโก (Thomas; & Santiago. 2002: 484 – 488) กล่าวถึงมาตรฐานการเชื่อมโยง ปี 1989 และ 2000 ว่า ในปี 1989 มาตรฐานหลักสูตรและการประเมินผล มาตรฐานการเชื่อมโยงได้กำหนดไว้อย่างมีความหมายเป็น 1 ใน 4 ของมาตรฐานด้านกระบวนการที่เชื่อมต่อเนื่องกัน เพื่อการผ่านระดับช่วงชั้นทั้งหมด แต่ละกลุ่มระดับอนุบาล-เกรด 4, เกรด 5 – 8 และเกรด 9 – 12 ลักษณะเฉพาะของหลักสูตรจะส่งเสริมให้การเชื่อมโยงในคณิตศาสตร์เป็นการพิสูจน์ว่า ระดับช่วงชั้นที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มความลึกซึ้งในการสร้างการเชื่อมโยงให้มากขึ้น ในระดับอนุบาลถึงเกรด 4 เน้นการกำหนดนึกถึงความสัมพันธ์สร้างการเชื่อมโยงในคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยให้พวกเขาเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดในวิชาคณิตศาสตร์ ในเกรด 5 – 8 การสังเกตการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์เป็นการเน้นถึงจุดมุ่งหมายอย่างกว้างๆ ของผู้เรียน เทคนิคการเขียนภาพให้ได้สัดส่วนอย่างที่เห็นด้วยตาจริง ในวิชาคณิตศาสตร์เหมือนกับการรวบรวมสิ่งทั้งหมด หลักสูตรที่สนับสนุนผู้เรียนในเกรด 9 – 12 มีความสำคัญต่อการสืบสวนสอบสวนของการเชื่อมโยง

คณิตศาสตร์ต่อไปถึงการรวบรวมความสนใจในความสัมพันธ์ระหว่างหัวข้อคณิตศาสตร์และการประยุกต์ หลักการและมาตรฐานขั้นสูง มาตรฐานการเชื่อมโยงตลอดจนหลักสูตร เป็นตัวบ่งชี้ที่มากกว่าการเข้าใจ (หยั่งรู้) จุดความสนใจ และการเชื่อมโยงกันเป็น 1 ใน 5 ของมาตรฐานด้านกระบวนการ มาตรฐานการเชื่อมโยงนิยามอย่างชัดเจน เป็น 1 ในกลุ่มของเกณฑ์สำหรับผู้เรียนระดับอนุบาล เกรด 12 ในแผนการเรียนรู้ ซึ่งแผนการเรียนรู้จากระดับอนุบาล เกรด 12 ควรจะทำให้ผู้เรียนสามารถ

1. ตระหนัก และรู้จักเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์
2. เข้าใจถึงความคิดทางคณิตศาสตร์ว่ามีการเชื่อมโยงกันอย่างไร และสร้างความคิดเพื่อสร้างการเชื่อมโยงทั้งหมดเข้าด้วยกัน
3. ตระหนัก และรู้จักประยุกต์คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

กระทรวงศึกษาธิการ (2545ก: 26 – 27) ได้กล่าวถึงมาตรฐานการเชื่อมโยงในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ช่วงชั้นที่ 4 ดังนี้

1. เชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆ ได้
2. นำความรู้และทักษะที่ได้จากการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้ในงานและในการดำรงชีวิต

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า มาตรฐานการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เข้าใจถึงความรู้ที่เชื่อมโยงกันได้ของวิชาคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ และเห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์และสถานการณ์ต่างๆในชีวิตประจำวัน

3.3 การพัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

การจัดกระบวนการเรียนรู้ ผู้สอนถือว่าเป็นผู้ที่มีบทบาทที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยง ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการพัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงสำหรับผู้สอนที่จะนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ดังนี้

เบซิล (Basil. 1999: 8 – 12) ผู้สอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนหาข้อมูลนอกห้องเรียน เนื่องจากการให้ผู้เรียนได้มีโอกาสหาข้อมูลนอกห้องเรียน เป็นการช่วยให้พวกเขาเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริง การเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นการเพิ่มความสามารถของผู้เรียนให้สามารถเชื่อมโยงแนวคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์สาขาอื่นๆ และชีวิตจริง โดยการใช้ประสบการณ์เหล่านี้จะเป็นการกระตุ้นสนับสนุนการเรียนการสอน และผู้เรียนจะได้จดจำว่าความรู้ในตอนเริ่มต้นของพวกเขาเกี่ยวกับจำนวน ขนาด รูปร่าง และแบบรูป เกี่ยวพันกับสิ่งที่อยู่รอบตัวโดยผ่านการเก็บรวบรวมข้อมูล

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 360) กล่าวว่า ผู้เรียนควรได้รับโอกาสในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ทั้งในโรงเรียน และในสังคมปัจจุบันมากขึ้น ผู้สอนคณิตศาสตร์ต้องค้นคว้าร่วมมือกับผู้สอนในวิชาอื่นเพื่อสำรวจแนวคิดต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ไปยังปัญหาอื่น ซึ่งเกิดขึ้นในห้องเรียน การรวมคณิตศาสตร์เข้าไปในเนื้อหา ซึ่งให้สัญลักษณ์ และกระบวนการที่มีประโยชน์ เป็นจุดมุ่งหมายที่สำคัญของมาตรฐานทั้งหมด ทำให้ผู้เรียนมองเห็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์

ที่จะช่วยให้เข้าใจมันได้ ทักษะการเชื่อมโยงมีประโยชน์ในการแก้ปัญหา การอภิปราย และแบบจำลองข้อเท็จจริงในโลก และการสื่อสารความคิดและข้อมูลที่ซับซ้อนในลักษณะที่ละเอียดและชัดเจน การนำเสนอปัญหาช่วยให้มองสิ่งต่างๆ ได้ทั่วและชัดเจนขึ้น ทำให้ผู้เรียนอธิบายปัญหาและหาคำตอบได้ ถ้าผู้เรียนเป็นผู้มีศักยภาพทางคณิตศาสตร์จำเป็นต้องฝึกให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนวิธีการหาคำตอบที่หลากหลายขึ้น และตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างมุมมองที่แตกต่างกัน

การเชื่อมโยงระหว่างหัวข้อทางคณิตศาสตร์สามารถสร้างได้หลายแนวทางเมื่อผู้เรียนศึกษาหัวข้อหนึ่งก็สามารถนำไปประยุกต์ในหัวข้ออื่นได้ โดยการเชื่อมโยงปรากฏออกมาขณะผู้เรียนทำคณิตศาสตร์ ตัวอย่างเช่น

1. ความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ สามารถช่วยให้เข้าใจในการดำเนินการของเศษส่วน การนำเสนอข้อมูล การแก้ปัญหาสัดส่วน การหาตัวประกอบ และความน่าจะเป็น
2. บทเรียนเรื่องการวัด ต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างสูตรและแก้ปัญหา โดยใช้แนวคิดทางเรขาคณิต การวัด และพีชคณิต

ผู้เรียนจะได้แนวคิดใหม่ๆ กระบวนการ และทักษะจากการแก้ปัญหา แล้วสามารถรวบรวมแนวคิดและความคิดรวบยอดเพื่อส่งเสริมความเชื่อมั่นของผู้เรียนในความคิดของเขาเอง เนื้อหาส่งเสริมทัศนคติของผู้เรียนที่มีต่อการเชื่อมโยง แต่ผู้สอนจะต้องหาโอกาสในการช่วยเหลือผู้เรียนให้สร้างการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ปัญหาที่สร้างขึ้น ต้องเป็นปัญหาที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เอาใจใส่ต่อการตระหนัก และการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างหัวข้อจะค่อยๆ ซึมซาบเข้าไปในตัวผู้เรียน ซึ่งคาดหมายว่าแนวคิดที่พวกเขาจะได้เรียนรู้เป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหา และค้นคว้ามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์อื่นๆ

ไคล์ และคนอื่นๆ (Kyle; et al. 2001: 80 – 86) กล่าวว่า ผู้สอนควรจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนร่วมกันแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม และแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงที่พวกเขาสนใจ เนื่องจากการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงเข้ากับความเป็นส่วนตัวของพวกเขา ผู้เรียนจะชอบแก้ปัญหาและสนุกกับการเรียนรู้ และผู้เรียนได้ทำงานอย่างมีความหมาย อีกทั้งกิจกรรมหรือปัญหาที่ให้ควรเป็นปัญหาเปิด เพื่อให้ผู้เรียนได้คิด สามารถบอกแนวคิดและแสดงเหตุผลได้

กรมวิชาการ (2545ก: 200 – 205) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์นั้น ผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหา สอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ หรือนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือเห็นการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และองค์ประกอบหลักที่ส่งเสริมการพัฒนาการเรียนรู้ทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยง มีดังนี้

1. มีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์อย่างเด่นชัดในเรื่องนั้น
2. มีความรู้ในเนื้อหาที่จะนำไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์ หรืองานอื่นๆ ที่ต้องการ

เป็นอย่างดี

3. มีทักษะในการมองเห็นความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงระหว่างความรู้และทักษะ/กระบวนการที่มีในเนื้อหานั้นกับงานที่เกี่ยวข้องด้วย

4. มีทักษะในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างความสัมพันธ์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ที่ต้องเกี่ยวข้องด้วย

5. มีความเข้าใจในการแปลความหมายของคำตอบที่หาได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ว่ามีความเป็นไปได้หรือสอดคล้องกับสถานการณ์นั้นอย่างสมเหตุสมผล

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงนั้น ผู้สอนควรบูรณาการเนื้อหาวิชาต่างๆ ภายในคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลายซึ่งเชื่อมโยงคณิตศาสตร์เข้ากับศาสตร์อื่นๆ รวมถึงนำคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน โดยผู้สอนควรสนับสนุนให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้ผู้เรียนได้มองเห็นมุมมองความคิดในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

3.4 คณิตศาสตร์กับการเชื่อมโยง

คณิตศาสตร์มีความเชื่อมโยงกันอยู่ภายในเนื้อหา ทั้งยังมีการเชื่อมโยงกับศาสตร์ต่างๆ มากมาย และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ นักการศึกษาได้กล่าวถึงลักษณะการเชื่อมโยงในรูปแบบต่างๆ ไว้ดังนี้

สครอย และ สครอย (Sqroi; & Sqroi. 1993: 569 – 570) กล่าวว่า เดิมการสอนพีชคณิตและเรขาคณิตในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษานั้น มีการสอนโดยแยกออกจากกัน ต่อมาบางรัฐในสหรัฐอเมริกามีการปรับปรุงหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีการนำการบูรณาการมาใช้กับพีชคณิตและเรขาคณิต โดยแท้จริงมโนมติของการเชื่อมโยงระหว่างพีชคณิตและเรขาคณิตไม่ใช่เรื่องใหม่ นักคณิตศาสตร์และนักปรัชญาชาวฝรั่งเศส ชื่อ เรเน่ เดส์คาร์ทส์ (Rene' Descartes) ได้พัฒนาเรขาคณิตที่รู้จักกันดี คือ เรขาคณิตวิเคราะห์ โดยการนำภาพเรขาคณิตเข้ามานำเสนอด้วยพีชคณิต ด้วยการใช้ระบบ จำนวนจริง และสมการ

เคนเนดี้ และ ทิปส์ (Kennedy; & Tipps. 1994: 194 – 200) กล่าวว่า การเชื่อมโยงในวิชาคณิตศาสตร์นั้น ผู้เรียนจำเป็นต้องทำการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรม รูปภาพ แผนผัง สัญลักษณ์ และภาษา รูปแบบการแสดงมโนทัศน์และความเข้าใจเนื้อหาต่างๆ ให้รวมกันเป็นหลักการทางคณิตศาสตร์ พวกเขาจำเป็นต้องทำการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์และโลกแห่งความเป็นจริง

การเชื่อมโยงนี้มีความเกี่ยวข้องกันในระหว่างการสอนควรสร้างให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในระหว่างการเรียนการสอน โดยให้ผู้เรียนปฏิบัติงาน หรือกิจกรรมแล้วแปลงกิจกรรมเหล่านั้นออกมาเป็นรูปภาพ แผนภาพ แผนภูมิ กราฟ และสัญลักษณ์ต่างๆ ตัวอย่างเช่น ในชั้นเรียนเกรด 3 ผู้สอนได้สอนให้ผู้เรียนสร้างการเชื่อมโยงระหว่าง “คุกกี้” กับเศษส่วน ผู้เรียนในชั้นเรียนนั้นได้รู้จักการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนกับคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันด้วยปัญหา “คุกกี้” การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ กับชีวิตจริงเกิดได้อย่างมากมาย ผู้สอนสามารถให้ผู้เรียนปฏิบัติงานที่จะเชื่อมโยงคณิตศาสตร์

กับวิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศิลปะ งานคหกรรมเกี่ยวกับอาหาร และกิจกรรมในวิชาต่างๆ บางทีอาจเป็นกิจกรรมในชั้นเรียนและสามารถทำเป็นโครงงานรายบุคคลหรือกลุ่มเล็กๆ หรือบางทีจะทำในช่วงเวลาที่เหมาะสม

ตัวอย่างต่อไปนี้ จะแสดงถึงวิธีที่ผู้สอนจะสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์ต่างๆ และสังคมรอบตัว ด้วยการให้ผู้เรียนทำโครงงานที่บางโครงงาน อาจให้ทำร่วมกันทั้งชั้น รายบุคคล หรือทำโดยกลุ่มย่อย ดังนี้

1. คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์
   1.1 การโคจรของดวงจันทร์
   1.2 การจดบันทึกอุณหภูมิ ความเร็วลม และความดันอากาศ
   1.3 การส่งมนุษย์ไปยังดวงจันทร์ การโคจรของดาวเคราะห์
   1.4 การกำหนดมาตราส่วน
   1.5 การสร้างระบบโซลาร์เซลล์
2. คณิตศาสตร์และสังคมศึกษา
   2.1 นาฬิกาน้ำและนาฬิกาทราย
   2.2 การสร้างพีระมิดในประเทศอียิปต์
   2.3 การออกแบบพรมและตะกร้าที่ใช้หลักการสมมาตรและทรงลูกบาศก์ของชาวอินเดียนแดงทางตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา
   2.4 การเปรียบเทียบภูมิประเทศ ตำแหน่งที่ราบสูง ที่ราบต่ำ ภูมิประเทศที่สูงที่สุดและที่ลึกที่สุดใต้ทะเล
3. คณิตศาสตร์และสุขภาพ
   3.1 การเรียนรู้เกี่ยวกับระดับโคเลสเตอรอลเพื่อสุขภาพ
   3.2 การวัดความสูงของผู้เรียน การบันทึกผลในรูปตารางและกราฟ
   3.3 การหาปริมาณแคลอรีจากการอ่านฉลากข้อมูลโภชนาการข้างกล่องผลิตภัณฑ์การวัดระดับโคเลสเตอรอล
4. คณิตศาสตร์และศิลปะ
   4.1 การวัดรอบขอบกระดาษเพื่อติดขอบผนัง
   4.2 การกำหนดมาตราส่วนฉากละครในชั้นเรียน วัดและเตรียมกระดาษสร้างฉากการวาดภาพทิวทัศน์ต่างๆ
   4.3 การอ่านและทำตามคำแนะนำจากการประดิษฐ์ Origami ของชาวญี่ปุ่น
5. คณิตศาสตร์และการอ่านและศิลปะทางภาษา
   5.1 การหารูปแบบของคำ การแยกประเภทของคำ
   5.2 อ่านรายงานการวิจัยและงานเขียนทางคณิตศาสตร์ที่มีชื่อเสียง
   5.3 เลขวิทยา (Numerology) และตัวเลขที่งดงาม

5.4 การวิจัยและเขียนเรื่องราวของนักคณิตศาสตร์ที่มีชื่อเสียง จำนวน และความงามของตัวเลข การวิเคราะห์ข้อความเพื่อบอกจำนวนพยัญชนะ (เรื่องนี้สามารถเชื่อมโยงกับรายการเกมโชว์ทางโทรทัศน์ของสหรัฐที่ชื่อ Wheel of Fortune)

6. คณิตศาสตร์และการศึกษาทางกายภาพ

6.1 นับจำนวนไม้เลื้อยที่ขึ้นตามเชือก

6.2 แบบแผนพื้นที่ในการเล่น

6.3 การนับจำนวนรอบของการกระโดดเชือก การแสดงให้เห็นว่า โอลิมปิกยิ่งใหญ่การจัดวางพื้นที่การเล่น การจับเวลาในการแข่งขัน เป็นต้น

คณิตศาสตร์กับโลกปัจจุบันเชื่อมโยงกันในหลายๆ ด้าน จากบทความในหนังสือพิมพ์หรือนิตยสาร ไม่ว่าจะเป็นทางด้านธุรกิจ แนวโน้มทางเศรษฐกิจ สภาพอากาศ และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ การรายงานพิเศษทั้งในรูปบทความและภาพข่าว แผนผังการเดินทางที่ท่าเรือ สถานีรถไฟ และสนามบิน ล้วนให้ข้อมูลที่เป็นคณิตศาสตร์ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้คนทั้งสิ้น ปัญหาทางเศรษฐกิจ ปัญหาการจัดการขยะและมลพิษที่เกิดจากรถยนต์ของเสียจากโรงงาน ได้ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับการดำรงชีวิตในปัจจุบัน ผู้สอนจึงควรสอนโดยบูรณาการคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือกับปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

ดังนั้นผู้เรียนจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงเนื้อหาต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อจะได้บูรณาการเนื้อหาทั้งหมด ผู้สอนจะประสบความสำเร็จ เมื่อทำหน้าที่ให้ผู้เรียนสามารถสร้างการเชื่อมโยงมโนมติของเนื้อหาต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น เศษส่วนและทศนิยมกับเรื่องของเปอร์เซ็นต์ การคูณกับการบวก การหารกับการลบ และการนำการวัดไปใช้ในเรขาคณิต ผู้เรียนต้องรู้จักการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงได้

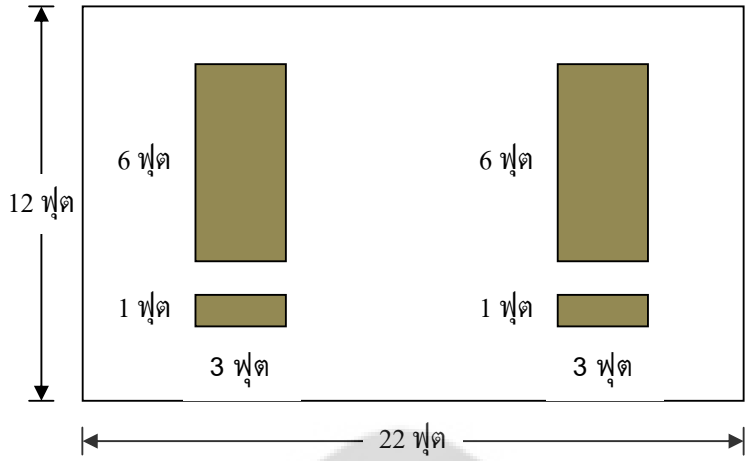
นุธ (Knuth. 2000: 48 – 53) กล่าวว่า การที่ผู้เรียนจะเข้าใจความหมายของฟังก์ชัน ที่ไม่เพียงแค่รู้ ผู้สอนต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการนำเสนอวิธีที่ต่างกันในการหาคำตอบให้มีการแสดงสมการในรูปแบบต่างๆ เช่น ให้มีการนำเสนอสมการเชิงเส้นทั้งในรูป Point-slope และรูปแบบต่างๆ วิธีการนำเสนอด้วยกราฟ การแปลงกราฟไปเป็นสมการ ซึ่งควรให้ผู้เรียนได้มีการแลกเปลี่ยนความรู้และอภิปรายถึงวิธีการได้มาซึ่งคำตอบ

นัทเซาลัส (Natsaulas. 2000: 364 – 370) กล่าวว่า การเชื่อมโยงระหว่างกรุปสมมาตร (Symmetry Groups) ในคณิตศาสตร์กับศิลปะและประวัติศาสตร์ว่า ที่ผ่านมามีการนำเอาวัฒนธรรมจากที่ต่างๆ มาเป็นต้นแบบในการผลิตออกแบบสิ่งประดับและตกแต่ง หรือเป็นภาพสัญลักษณ์ของพิธีการหรือสัญลักษณ์ทางศาสนา ซึ่งจากที่กล่าวว่า เป็นคณิตศาสตร์ธรรมชาติมีภาพที่สร้างมาจากการสะท้อนและการหมุนภาพบนระนาบ ดังนั้นประวัติศาสตร์และการผสมผสานทางศิลปะ ทำให้ผู้เรียนได้ศึกษาการสะท้อน และการหมุนบนระนาบได้เช่นเดียวกับมโนทัศน์ของรูปสมมาตร การศึกษารูปสมมาตรเพื่อให้เชื่อมโยงศิลปะและประวัติศาสตร์ ส่งเสริมความเข้าใจในการสร้างภาพบนระนาบ

วาเชอร์ และ มิลรอย (Vacher; & Mylroie. 2001: 640 – 641) ได้กล่าวถึงการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับธรณีวิทยาในการสำรวจถ้ำว่า ถ้ำนั้นแตกต่างจากภูเขา ทะเลสาบหรือแม่น้ำ ตรงที่เราไม่สามารถเห็นปากถ้ำได้ในระยะไกล ไม่สามารถทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศ หรือภาพถ่ายดาวเทียม ไม่สามารถบอกลักษณะภายในถ้ำได้จนกว่าเราจะเดินเข้าไปสำรวจภายใน ภายในถ้ำนั้น ยังทอดยาวออกไปหลายทางจนไม่อาจทำนายส่วนปลายของถ้ำได้ จึงต้องมีวิธีการในการสำรวจ โดยหาความยาวของระยะทางในถ้ำเป็นส่วนๆ และทิศทาง แล้วเขียนแทนด้วยเวกเตอร์การเขียนแผนที่ของถ้ำจึงเป็นการแปลงข้อมูลของระยะทางและมุมออกมาเป็นเวกเตอร์ในระบบสามมิติ

ดอสเซย์ และคนอื่นๆ (Dossey; et al. 2002: 81 – 83) กล่าวถึง การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า ความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์สร้างขึ้นได้ทันที ขณะเกิดการเรียนรู้ โดยสร้างการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ใหม่ และความรู้ส่วนหนึ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้ว ผู้เรียนที่สามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้หลากหลายจะพัฒนาความเข้าใจในคณิตศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้น การเชื่อมโยงทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหา และสามารถทำการอ้างเหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้คล่องแคล่วขึ้น นอกเหนือจากการใช้เครื่องมืออื่นๆ ในการแก้ปัญหามโนทัศน์ หรือเนื้อหาในคณิตศาสตร์ที่มีการเชื่อมโยงช่วยให้ผู้เรียนมองคณิตศาสตร์แบบบูรณาการ การแยกคณิตศาสตร์ออกเป็นวิชาย่อยๆ เช่น เรียนพีชคณิตเบื้องต้น แล้วมาเรียนวิชาพีชคณิต และเรขาคณิตตามลำดับ ทำให้ผู้เรียนมองวิชาคณิตศาสตร์ว่า ไม่สัมพันธ์กัน แม้ว่าบทเรียนก่อนหน้าจะเป็นพื้นฐานความเข้าใจในคณิตศาสตร์ระดับสูง การแยกเนื้อหาออกจากกัน ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถสร้างการเชื่อมโยงที่ทำให้เข้าใจภาพรวมของคณิตศาสตร์ การเรียนที่เน้นการเชื่อมโยงจะทำให้ผู้เรียนมีพื้นฐานที่แข็งแกร่งในการเรียนคณิตศาสตร์ต่อไป

สมบัติการแจกแจงนับ เป็นตัวอย่างที่ดีของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงหลายเนื้อหาเข้าด้วยกัน สมบัติการแจกแจงเป็นสิ่งสำคัญในการคูณจำนวนเต็มบวก การคูณที่ตัวคูณมีเลขโดดถึง 3 ตัว เช่น 8×172 ทำให้ง่ายขึ้น โดยใช้สมบัติการแจกแจงเป็น $(8 \times 100) + (8 \times 70) + (8 \times 2)$ นอกจากนี้ สมบัติการแจกแจง ยังช่วยผู้เรียนในการหาพื้นที่แรเงา ดังแสดงในภาพประกอบ 2 (Dossey; et al. 2002: 82) ซึ่งสมบัติการแจกแจงไม่ได้ใช้แยกตัวประกอบ และแทนค่าในประโยคพีชคณิตเท่านั้น แต่ยังนำไปใช้กับผลคูณเชิงสเกลาร์ในเวกเตอร์และเมตริกซ์ในการเรียนคณิตศาสตร์ขั้นสูง ผู้สอนสามารถช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงเพื่อให้เกิดความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์ในภาพกว้างได้พื้นที่ คือ $(22)(12) – 2[(3)(6)+(3)(1)]$



ภาพประกอบ 2 การใช้สมบัติการแจกแจงหาพื้นที่แรเงา

ที่มา: Dossey; John A.; et al. (2002). *Mathematics Methods and Modeling for Today's Mathematics Classroom: A Contemporary Approach to Teaching Grades 7-12.* p. 82.

ผู้เรียนต้องรู้จักและเริ่มการสร้างการเชื่อมโยงตั้งแต่ระดับประถมศึกษา ผู้สอนอาจชี้แนะให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงเรขาคณิตในระบบพิกัดฉาก โดยให้พิสูจน์ว่า เส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานตัดแบ่งครึ่งซึ่งกันและกัน สามารถใช้วิธีการหาจุดกึ่งกลางของเส้นทแยงมุมทั้งสอง เพื่อพิสูจน์ข้อความดังกล่าว

ผู้สอนสามารถแนะนำกระบวนการเชื่อมโยงให้กับผู้เรียนโดยการให้งานที่ผู้สอนออกแบบขึ้น งานที่แสดงการเชื่อมโยงกับมโนทัศน์ของเรื่องที่เคยเรียนมาแล้ว เช่น การสำรวจลำดับฟิโบนักชี (Fibonacci Sequence) 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, … สามารถเชื่อมโยงกับแบบรูปและฟังก์ชันก่อกำเนิด เมื่อสำรวจต่อไปนำไปสู่ความรู้เรื่องอัตราส่วนทอง สี่เหลี่ยมมุมฉากทอง และประยุกต์เข้ากับงานศิลปะ โลกของการออกแบบ การเชื่อมโยงกับวิชาต่างๆ ในคณิตศาสตร์ เชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

ดวงเดือน อ่อนน่วม และคนอื่นๆ (2547: 50) กล่าวถึงลักษณะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นไปได้หลายลักษณะ ดังนี้

1. การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ เช่น การเรียนรู้เกี่ยวกับการสร้างสูตรการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม ต้องเชื่อมโยงกับความรู้เดิมเรื่องพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าใน 2 ประเด็น คือ พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมจะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ตั้งอยู่บนฐานเดียวกันและมีความสูงเท่ากัน และพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า คือ ความกว้างคูณความยาว ดังนั้น สูตรการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม คือ $\frac{1}{2}$ × ความยาวฐาน × ความสูง

2. การเชื่อมโยงระหว่างเรื่องต่างๆ ของคณิตศาสตร์ เช่น การลบเป็นการดำเนินการตรงข้ามของการบวก การคูณเป็นการบวกซ้ำๆ การคูณและการหารเป็นการดำเนินการตรงกันข้าม ร้อยละสัมพันธ์กับเศษส่วน การวัดสัมพันธ์กับเรขาคณิต

3. การเชื่อมโยงแบบจำลองหลายๆ แบบสู่ความคิดรวบยอดเดียวกัน เช่น การให้ผู้เรียนสร้างหน่วยการวัดที่ไม่เป็นมาตรฐานตามความต้องการของตนเอง ก็จะได้หน่วยที่ไม่เป็นมาตรฐานหลายๆ ลักษณะ แต่ทุกหน่วยนำไปสู่ความคิดรวบยอดเดียวกันว่าเป็นหน่วยการวัดที่ไม่เป็นมาตรฐาน

4. การเชื่อมโยงความคิดรวบยอดไปสู่วิธีคิดคำนวณ เช่น ในการเรียนรู้เรื่องหน่วยการวัด เด็กต้องเกิดความคิดรวบยอดว่าจำนวนต่างๆ จะมาบวกลบกันได้ต้องมีหน่วยการวัดเดียวกัน ดังนั้น ถ้าหากจำนวนเหล่านี้มีหน่วยต่างกันจึงต้องมีการเปลี่ยนหน่วยให้เหมือนกันก่อน

5. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน และคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ การเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยการกำหนดเป็นหน่วยการเรียนรู้ เป็นวิถีทางหนึ่งที่สนับสนุนส่งเสริมการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน การกำหนดหน่วยการเรียนรู้เปิดโอกาสให้เด็กได้ศึกษา สำรวจ สืบค้นเกี่ยวกับเรื่องต่างๆ ที่ตนสนใจ ได้มีโอกาสแสดงความคิดริเริ่ม ได้สร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ในขณะเดียวกันยังคงเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วย หน่วยการเรียนรู้อาจเป็นหน่วยการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์เอง หรือเป็นหน่วยการเรียนรู้กลางที่คณิตศาสตร์เรียนรู้ร่วมด้วยกับวิชาอื่นๆ ก็ได้

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้เดิมมาผสมผสานกับความรู้ใหม่เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ และนำแนวความคิดที่ได้เรียนรู้แล้วไปใช้เชื่อมโยงกับศาสตร์ต่างๆ เช่น วิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ ศิลปศาสตร์ เป็นต้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในการดำเนินชีวิตได้

3.5 ประโยชน์ของการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยการเชื่อมโยง

นักการศึกษาได้เสนอให้เห็นประโยชน์ของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

เบิร์คฮาร์ด (Burkhardt. 2001: Online) กล่าวถึงประโยชน์ของการเชื่อมโยงในคณิตศาสตร์ดังนี้

1. ทำให้นำคณิตศาสตร์ไปใช้ได้มากขึ้น
2. ทำให้ไม่มีช่องว่างในการเรียนรู้
3. ทำให้หลักสูตรเกิดความสมดุล
4. สนับสนุนความเสมอภาค

เมอลิโน (Merlino. 2001: Online) กล่าวถึงประโยชน์ของการเชื่อมโยงในเนื้อหาคณิตศาสตร์ว่า ทำให้ผู้เรียนมองคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าสนใจ ดูมีชีวิตชีวามากขึ้น และตระหนักว่าคณิตศาสตร์มีอยู่ในชีวิตจริงและมีอยู่รอบตัวเรา

แม็ค (Mack. 2004: 226 – 232) กล่าวถึงการเชื่อมโยงในการพัฒนาความคล่องแคล่วในการคำนวณด้วยเศษส่วน โดยให้ผู้เรียนเกรด 5 – 8 ดำเนินการด้วยขนาดของหน่วยที่เหมือนกัน ขณะที่สนับสนุนให้ผู้เรียนมองสิ่งที่เหมือนกัน ผู้เรียนสำรวจการบวกและการลบเศษส่วน วิธีการนี้อาจจะช่วยให้

ผู้เรียนมองเห็นการบวกและการลบของเศษส่วนในวิธีเปลี่ยนหน่วยให้เป็นแบบเดียวกัน จึงเป็นการสนับสนุนผู้เรียนให้เกิดการพัฒนาความคล่องแคล่วในการคำนวณด้วยเศษส่วน

กรมวิชาการ (2545ก: 203) กล่าวถึงประโยชน์ของทักษะการเชื่อมโยงดังนี้ มีการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในวิชาชีพบางอย่างโดยตรง เช่น การตัดเย็บเสื้อผ้า งานคหกรรมเกี่ยวกับอาหาร งานเกษตร งานออกแบบสร้างหีบห่อบรรจุภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงการนำคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิตความเป็นอยู่ประจำวัน เช่น การซื้อขาย การชั่ง ตวง วัด

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ของความรู้เดิมที่เคยเรียนรู้ไปแล้วเข้ากับความรู้ใหม่ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์ และนำวิชาคณิตศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าและความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยต่างประเทศ

เดร็กเซล (Drexel. 1997: 2119 – A) ได้ศึกษาการเชื่อมโยงระหว่างเศษส่วนสามัญ (Common Fraction) หรือเศษส่วนที่มีทั้งตัวเศษและตัวส่วนเป็นจำนวนเต็มกับเศษส่วนทศนิยม (Decimal Fraction) หรือเศษส่วนที่มีตัวส่วนเป็นพหุคูณของ 10 เริ่มต้นที่เลือกผู้เรียน 9 คน ซึ่งเป็นผู้เรียนเกรด 6 ที่อยู่ต่างห้องเรียนกันมาทดสอบความสามารถในการเชื่อมโยงเศษส่วนสามัญและเศษส่วนทศนิยม โดยให้ทำข้อสอบเศษส่วนแบบเขียนตอบและสัมภาษณ์ถึงการเรียนเรื่องเศษส่วนที่ผ่านมา เพื่อจะได้ทราบระดับความรู้และมโนทัศน์เรื่องเศษส่วนของผู้เรียน ปรากฏว่ามโนทัศน์ เรื่อง เศษส่วนของผู้เรียนมีอยู่จำกัด ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้บทเรียน 6 บท ในการปูพื้นฐานมโนทัศน์และทักษะ เรื่อง เศษส่วน และใช้บทเรียนเพียง 2 บท ในการเชื่อมโยงมโนทัศน์ของเศษส่วนสามัญและเศษส่วนทศนิยมกับกลุ่มตัวอย่าง หลังจากการใช้บทเรียนก็ทำการสัมภาษณ์ผู้เรียนเป็นรายบุคคล ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนสามารถจำแนก เปรียบเทียบดำเนินการบวกและลบเศษส่วนทศนิยมได้ สามารถนำหลักการของเศษส่วนสามัญไปใช้กับเศษส่วนทศนิยมได้ ซึ่งข้อจำกัดนี้ชี้ว่า ความรู้ของผู้เรียนยังมีปัญหาต่อการนำมาใช้ แต่จากการที่ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเศษส่วนสามัญและเศษส่วนทศนิยมมาสัมพันธ์กันได้ อาจมีความหมายต่อความเข้าใจมโนทัศน์และการดำเนินการในทศนิยม

ลอร์สัน และ ชินแนพแพน (Lawson; & Chinnappan. 2000: 26 – 43) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานแก้ปัญหากับการสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียน และศึกษาต่อไปถึงตัวชี้วัดความสามารถด้านเนื้อหาและการเชื่อมโยงความรู้ในการแก้ปัญหาทางเรขาคณิต ระหว่างผู้เรียน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกับกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง มีความสามารถในการสร้างองค์ความรู้ขึ้นเองได้มากกว่า และสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ผู้สอนจัดตามแผนการสอนมาสัมพันธ์กับความรู้เดิมที่มีอยู่ และตัวชี้วัดความสามารถในการเชื่อมโยงมีผลต่อความสำเร็จในการแก้ปัญหาสูงกว่าตัวชี้วัดความสามารถด้านเนื้อหา จุดมุ่งหมายในการศึกษาครั้งนี้เพื่อให้ข้อมูลกับผู้สอนในการหาวิธีการสอน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้

ที่มีคุณภาพได้

ไคล์ และคนอื่นๆ (Kyle; et al. 2001: 80 – 86) ได้พัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน โดยใช้วิธีเข้าไปเยี่ยมครอบครัวของผู้เรียน ใช้การพูดคุยแบบไม่เป็นทางการและการสัมภาษณ์ที่มีโครงสร้าง หลังจากนั้นจึงรวบรวมข้อมูลและจัดรูปแบบของสิ่งที่ผู้เรียนสนใจและทักษะการปฏิบัติของแต่ละครอบครัว ซึ่งบางอย่างเกี่ยวกับขั้นตอนการทำเกษตรการเลี้ยงสัตว์ การฝีมือ การดูทีวี และการทำอาหาร หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลนั้นมาพัฒนาเป็นปัญหาที่มีความหลากหลายและมีขั้นตอนในการแก้ปัญหาหลายขั้นตอน แล้วนำมาให้ผู้เรียนร่วมกันแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า ผู้ปกครองของผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น จากที่เคยคิดว่าคณิตศาสตร์เป็นเรื่องยาก และช่วยให้ผู้สอนสามารถนำความรู้ที่บ้านของผู้เรียนมาช่วยส่งเสริมการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียนให้ดีขึ้น นอกจากนั้นแล้วไคล์และคณะยังเชื่อว่าการให้ผู้เรียนได้ทำงานที่มีความหมายการให้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริงเป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการส่งเสริมความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียน และผู้เรียนจะได้รับการส่งเสริมอย่างสุดความสามารถ ถ้าการเรียนการสอนคณิตศาสตร์นั้นได้เชื่อมโยงเข้ากับความเป็นส่วนตัวของพวกเขา ความรู้และทักษะที่ครอบครัวเขาสนใจ

แพนดิสซิโอ (Pandiscio. 2002: 216 – 221) ได้สำรวจการโยงมิติการพิสูจน์กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรขาคณิตของนักศึกษาฝึกสอน โดยให้นักศึกษาฝึกสอน 4 คน (ชาย 2 คน หญิง 2 คน) แก้ปัญหาเรขาคณิตที่ไม่คุ้นเคยโดยใช้พื้นฐานมโนทัศน์ของยุคลิดจำนวน 2 ข้อ ให้สร้างการพิสูจน์ ตามรูปแบบที่ให้ผลออกมาเป็นรูปแบบกรณีทั่วไป และให้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางเรขาคณิต ผลปรากฏว่านักศึกษาฝึกสอนทั้ง 4 คน ยอมรับว่า แม้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางเรขาคณิตจะไม่ได้ช่วยพิสูจน์ แต่ก็เป็นเครื่องมือช่วยสร้างความรู้สึก (Sense) ให้เกิดความเข้าใจความสัมพันธ์ในปัญหาหรือทฤษฎีบท เพื่อนำไปใช้ในการพิสูจน์

นิโคล และ เครสโป (Nicol; & Crespo. 2005: 240 – 251) ได้ศึกษาการค้นหาคณิตศาสตร์จากสถานที่ทางจินตนาการ โดยการทบทวนหาแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ การศึกษาดังกล่าวมีความมุ่งหมายที่จะแลกเปลี่ยนความคิด เพื่อที่จะหาหนทางในการทำให้คณิตศาสตร์มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน ไม่เพียงแค่เข้าใจในเรื่องทักษะ วิธีการ มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เท่านั้น ยังเป็นการทำให้ผู้เรียนมีความเฉลียวฉลาดในการคิดมากยิ่งขึ้น มีการใช้คณิตศาสตร์มาประยุกต์กับชีวิตประจำวัน และมีความเห็นเรื่องการเรียนคณิตศาสตร์ภายในโรงเรียนที่ต้องเชื่อมโยงกับงานต่างๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันตามความหลากหลายของอาชีพ เช่น ช่างไม้ ชาวประมง ค้าขาย ซึ่งแต่ละอาชีพสามารถนำความรู้มาใช้ในการคำนวณและแก้ไขปัญหาในชีวิต งานชิ้นนี้ได้อ้างถึงสิ่งที่เกิดขึ้น เมื่อผู้เรียนนำเอาหลักการทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกับประสบการณ์ในชีวิตจริง ผลการศึกษาเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่า แบบทดสอบทางจินตนาการเป็นตัวเสนอถึงโอกาสในการใช้สติปัญญาและอารมณ์ความรู้สึกที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งจากการเรียนคณิตศาสตร์ นี่คือรูปแบบของการรวมกลุ่มกันที่จะให้คุณค่ากับการศึกษาทางคณิตศาสตร์ การทำให้คณิตศาสตร์เป็นที่น่าสนใจต่อผู้เรียนเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อผู้เรียน การศึกษาทำให้มีการสำรวจคำถามว่าอะไรที่ทำให้คณิตศาสตร์มีความหมายต่อผู้เรียน และหาแนวทาง

ที่ทำให้มีการพัฒนาต่อไป และทำให้อยู่ในรูปแบบที่สละสลวยที่จะช่วยให้การสอนเข้าถึงความท้าทาย และคุณภาพของการทำงานร่วมกันของผู้เรียนด้วยความแตกต่างของชนิดของบทเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้เห็นถึงความตั้งใจของรูปแบบของการรวมตัวในการศึกษาทางสติปัญญา และอารมณ์

เกนส์เบิร์ก (Gainsburg. 2007: online) กล่าวว่า คณิตศาสตร์ศึกษาจะเน้นความสำคัญเกี่ยวกับการเชื่อมโยงในชีวิตประจำวันในการเรียนการสอน สิ่งตีพิมพ์ที่มีอยู่บ่งบอกถึงสภาพความเป็นจริงในห้องเรียนว่ามีการฝึกฝนเกี่ยวกับการเชื่อมโยงในชีวิตประจำวัน ไม่บ่อยครั้งนัก และทำอย่างเร่งรีบ แต่ในการเรียนสอนถึงสามครั้งจะมีการเน้นเฉพาะเพื่อสอบ ฉะนั้นทำอย่างไรที่ผู้สอนจะเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัย สำรวจผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยม จำนวน 62 คน ในเรื่องความเข้าใจและการประยุกต์ใช้การเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน จุดมุ่งหมายของงานวิจัยคือ การสร้างการเชื่อมโยงในการสอนและปัจจัยที่สนับสนุนและผลักดันให้มีการฝึกฝนการเชื่อมโยง ผู้วิจัยสังเกตผู้สอน 5 คน ในการใช้การเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันภายในห้องเรียนและติดตามผลโดยการสัมภาษณ์ผู้สอน ผลการวิจัยพบว่า การสร้างการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวันเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งเป็นดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้น และสนับสนุนสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวกับจะทำอย่างไรในการช่วยเหลือผู้เรียนที่มีลักษณะแตกต่างกันในการเรียนคณิตศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

เทอดเกียรติ วงศ์สมบูรณ์ (2547: 73) ได้สร้างกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยง เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ดังกล่าวมีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา และการเชื่อมโยงสามารถสอบผ่านเกณฑ์ มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 70 ของนักเรียนทั้งหมดที่ระดับนัยสำคัญ .01

ศศิธร แก้วรักษา (2547: 59) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบซิปปา (CIPPA MODEL) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน เรื่อง สถิติเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนละหานทรายรัชดาภิเษก จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 45 คน ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบซิปปา (CIPPA MODEL) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน เรื่อง สถิติเบื้องต้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 โดยมีประสิทธิภาพ 82.11/83.59 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนหลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนแบบซิปปา (CIPPA MODEL) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน เรื่อง สถิติเบื้องต้น สูงกว่าก่อนได้รับการสอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

รัชดา ยาตรา (2549: 66) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์โดยใช้ทักษะการเชื่อมโยงที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ประชากรเป็นผู้เรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน กรุงเทพมหานคร ที่สนใจสมัครเข้าร่วมกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์ทั้งหมด จำนวน 15 คน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังการปฏิบัติกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์โดยใช้ทักษะการเชื่อมโยงสูงกว่าก่อนเข้าร่วมกิจกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังการปฏิบัติกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์โดยใช้ทักษะการเชื่อมโยงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ลิลลา ดลภาค (2549: 62 – 63) ได้สร้างกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พร้อมทั้งศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร จำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการเรียนการสอน เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง สามารถสอบผ่านเกณฑ์ได้มากกว่าร้อยละ 60 ของผู้เรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุรางคนา ยาหยี (2549: 117) ได้พัฒนาชุดการเรียนคณิตศาสตร์แบบร่วมมือที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง ทฤษฎีกราฟเบื้องต้น ช่วงชั้นที่ 4 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านนา “นายกพิทยากร” จังหวัดนครนายก จำนวน 44 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดการเรียนคณิตศาสตร์แบบร่วมมือที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยมีค่า 96.88/97.36 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการสอนโดยชุดการเรียนแบบร่วมมือที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 ขึ้นไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วิมล อยู่พิพัฒน์ (2551: 71) ได้ศึกษาบทเรียนปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรม GSP (GEOMETER’S SKETCHPAD) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง การวัด สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนไทรโยคมณีกาญจน์วิทยา จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภายหลังได้รับการสอนด้วยบทเรียนปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรม GSP ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง การวัด สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัย ทั้งต่างประเทศและในประเทศสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเชื่อมโยง ทั้งการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน การเชื่อมโยงกับศาสตร์ต่างๆ และการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น เพราะทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าและเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้มากยิ่งขึ้น

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

คำว่า “การสื่อสาร” ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า Communication มาจากรากศัพท์ภาษาลาติน ว่า “Communis” หรือ “Common” หมายถึง “พร้อมกัน” หรือ “ร่วมกัน” ดังนั้นเมื่อเกิดการสื่อสารขึ้นก็คือการที่เรามีส่วนร่วมกันในการสื่อสาร นั่นคือ กระบวนการของการถ่ายทอดสารจากผู้ส่งสารไปยังผู้รับสาร โดยอาศัยเครื่องมือหรือวิธีใดวิธีหนึ่งให้ไปถึงเป้าหมายเพื่อให้มีความเข้าใจร่วมกัน

4.1 ความหมายของทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

สำหรับความหมายของการสื่อสาร มีนักการศึกษาให้ความหมายไว้ ดังนี้

เทอร์เบอร์ (Thurber. 1976: 513) กล่าวว่า ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นการตั้งสถานการณ์ในกิจกรรมการเขียนหรือพูดในเรื่องประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ซึ่งจะมีผลต่อการปรับปรุงที่ดีขึ้นต่อตนเอง เมื่อผู้เรียนได้ฝึกหัดเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนมีพลังในการคิดด้วยตนเอง

เคนเนดี้ และ ทิปส์ (Kennedy; & Tipps. 1994: 181) กล่าวถึงการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นเป้าหมายสำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์คือ ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เพราะการสื่อสารจะเป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างข้อมูล ความรู้ และสิ่งที่เป็นนามธรรมไปสู่สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และเป็นการนำเสนอแนวคิด แลกเปลี่ยนความรู้

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 4 – 5) กล่าวถึง ทักษะทางคณิตศาสตร์ว่า ในการจัดหลักสูตรการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้กับผู้เรียนนั้นควรจะต้องให้ผู้เรียนมีความสามารถดังต่อไปนี้ จัดระบบและรวบรวมความคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันและสื่อสารได้ถูกต้อง สื่อสารความคิดที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของพวกเขาแก่ผู้สอน อาจารย์ และผู้อื่นได้อย่างสมเหตุสมผล และแจ่มแจ้งชัดเจน วิเคราะห์และประเมินค่าแนวความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ด้วยกลยุทธ์ต่างๆ ได้ ใช้ภาษาของคณิตศาสตร์เพื่อการสื่อความหมายได้อย่างกระชับ ชัดเจนได้ใจความที่ถูกต้อง แน่นอน

เรย์ และคนอื่นๆ (Reys; et al. 2001: 83) กล่าวว่า การสื่อสารเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพสำหรับการรวบรวมแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ทั้งโดยการพูดและการเขียน เพื่อแสดงและอธิบายแนวความคิด แลกเปลี่ยนแนวคิดกับคนอื่น ซึ่งผู้เรียนควรได้รับการส่งเสริมให้มีการสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างหลากหลาย เช่น การสื่อสารด้วยภาพ การแสดงท่าทาง การเขียนกราฟ การเขียนแผนภูมิ และการใช้สัญลักษณ์ไปพร้อมกับการใช้คำทั้งการพูดและการเขียน

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2542: 6) ได้ให้ความหมายของการสื่อสารว่า หมายถึง กระบวนการในการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างมนุษย์ภายใต้สภาพแวดล้อม ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ตามสภาวการณ์

กิดานันท์ มลิทอง (2543: 21) กล่าวว่า การสื่อสาร หรือการสื่อความหมาย หมายถึง การถ่ายทอดเรื่องราว การแลกเปลี่ยนความคิด การแสดงออกของข้อความคิดและความรู้สึก นอกจากนี้การสื่อสารยังเป็นการที่บุคคลในสังคมมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกันโดยผ่านทางข้อมูลข่าวสาร สัญลักษณ์ และเครื่องหมายต่างๆ ด้วย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2543: 286) กล่าวว่า ในกระบวนการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ทักษะในการสื่อสาร (Communication Skills) หมายถึง การให้หรือการแลกเปลี่ยนความรู้และแนวความคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการอ่าน การฟัง การสังเกต และการตรวจสอบในรูปแบบที่ชัดเจนและมีเหตุผล โดยการพูด การเขียน

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการพูด การเขียนการใช้คำศัพท์ สัญลักษณ์ เพื่อแสดงและอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และรัดกุม

4.2 มาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

เพื่อให้การจัดกระบวนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ได้มีการจัดโปรแกรมการสอนเป็นมาตรฐานหลักสูตรสำหรับให้ผู้สอนใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนี้

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2011: Online) ได้กล่าวถึงมาตรฐานการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงเกรด 12 จนทำให้ผู้เรียนมีความสามารถ ดังต่อไปนี้

1. จัดระบบและใช้ความคิดทางคณิตศาสตร์ที่แม่นยำด้วยวิธีการสื่อสาร
2. สื่อสารความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่แม่นยำ ซึ่งผู้สอนและคนอื่นๆ สามารถมองเห็นได้
3. วิเคราะห์และประเมินความคิดทางคณิตศาสตร์และกลยุทธ์ของคนอื่นๆ
4. ใช้สัญลักษณ์เกี่ยวกับคณิตศาสตร์จนนำไปสู่การแสดงความคิดทางคณิตศาสตร์ที่แม่นยำ

กรมวิชาการ (2545ก: 26) ได้กำหนดมาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 มาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น			
ป. 1 – 3	ป. 4 – 6	ม. 1 – 3	ม. 4 – 6
ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมายและนำเสนอได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมายและนำเสนอได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมายและนำเสนอได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และรัดกุม	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมายและนำเสนอได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และรัดกุม

ที่มา: กรมวิชาการ. (2545ก). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. หน้า 26.

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร (2552: Online) ได้กล่าวถึง มาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของหลักสูตรการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ประเทศสหรัฐอเมริกาในศตวรรษที่ 21 ตั้งแต่ระดับชั้นที่ 3 – 12 ดังนี้

มาตรฐานการสื่อสารระดับชั้นที่ 3 – 5

1. อธิบายและรวบรวมความคิดทางคณิตศาสตร์ถึงการสื่อสาร
2. อธิบายและกำหนดค่าความคิดของคณิตศาสตร์และกลยุทธ์อื่นๆ
3. ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์แสดงถึงความคิดอย่างแน่นอน

มาตรฐานการสื่อสารสำหรับระดับชั้นที่ 6 – 8

1. จัดตั้งและสื่อสารสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์
2. อาจารย์สื่อสารให้กับผู้เรียนได้ชัดเจน
3. วิเคราะห์และพิจารณาสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์
4. ใช้ภาษาคณิตศาสตร์เพื่อแสดงความคิดที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้อย่างแม่นยำ

มาตรฐานการสื่อสารสำหรับระดับชั้นที่ 9 – 12

1. จดจำและใช้การเชื่อมโยงระหว่างความคิดที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์
2. การสื่อด้านความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์เกี่ยวกับกลุ่มตนเองและอาจารย์ได้อย่างชัดเจน
3. วิเคราะห์ พิจารณาความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์และกลวิธีอื่นๆ

4. ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า มาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของตนเอง โดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อความหมาย เพื่อแดงและอธิบายแนวความคิดได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

4.3 องค์ประกอบของการสื่อสาร

การสื่อสารจะดำเนินไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ มีความถูกต้องชัดเจนมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ของการสื่อสาร ซึ่งนักการศึกษาได้เสนอองค์ประกอบของการสื่อสารไว้ดังนี้

เบอร์โล (มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2552: Online; อ้างอิงจาก Berlo. 1960: 40 – 71) เป็นผู้คิดกระบวนของการสื่อสารไว้ในลักษณะรูปแบบจำลอง SMCR Model ประกอบด้วย

1. ผู้ส่ง (Source) ต้องเป็นผู้ที่มีทักษะความชำนาญในการสื่อสาร โดยมีความสามารถใน “การเข้ารหัส” (Encode) เนื้อหาข่าวสาร มีทัศนคติที่ดีต่อผู้รับเพื่อผลในการสื่อสาร มีความรู้อย่างดีเกี่ยวกับข้อมูลข่าวสารที่จะส่ง และควรมีความสามารถในการปรับระดับของข้อมูลนั้นให้เหมาะสม และง่ายต่อระดับความรู้ของผู้รับ ตลอดจนมีพื้นฐานทางสังคมและวัฒนธรรมที่สอดคล้องกับผู้รับด้วย

2. ข่าวสาร (Message) เกี่ยวข้องทางด้านเนื้อหา สัญลักษณ์ และวิธีการส่งข่าวสารนั้น

3. ช่องทางในการส่ง (Channel) หมายถึง วิธีการที่จะส่งข่าวสารให้ผู้รับได้รับข่าวสารข้อมูล ผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 หรือเพียงส่วนใดส่วนหนึ่ง เช่น การฟัง การดู การสัมผัส การลิ้มรส หรือการได้กลิ่น

4. ผู้รับ (Receiver) ต้องเป็นผู้มีทักษะความชำนาญในการสื่อสาร โดยมีความสามารถใน "การถอดรหัส" (Decode) สาร เป็นผู้มีทัศนคติ ระดับความรู้และพื้นฐานทางสังคมวัฒนธรรม เช่นเดียวกันหรือคล้ายคลึงกันกับผู้ส่ง จึงจะทำให้การสื่อสารนั้นได้ผล

ทัศนีย์ กระต่ายอินทร์ และ สุภิตร อนุศาสตร์ (2542: 4 – 10) ได้จัดองค์ประกอบของการสื่อสารดังนี้

1. ผู้ส่งสาร (Sender) คือ บุคคลที่เริ่มต้นสร้างสารและส่งสารไปยังผู้อื่น โดยใช้ภาษาเป็นเครื่องมือ ผู้ส่งสารในฐานะผู้เริ่มต้นการสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิผล ควรพัฒนาตนเองให้มีคุณสมบัติดังนี้

1.1 เป็นผู้ที่มีเจตนาแน่ชัดที่จะให้ผู้อื่นรับรู้ความประสงค์ของตน

1.2 เป็นผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่จะสื่อสารเพียงพอ ผู้สื่อสารอาจสำรวจระดับความรู้ ความเข้าใจของตนเองตามลำดับขั้น คือ

1.2.1 บอกได้ว่าเคยผ่านพบหรือได้ยินได้ฟังเรื่องนั้นๆ มา

1.2.2 นำมาบอกกล่าวด้วยถ้อยคำของตนเองได้

1.2.3 ใช้ความรู้ ความชำนาญ แก้ไขสถานการณ์ต่างๆ ได้

1.2.4 วิเคราะห์ปัญหาได้

1.2.5 ประมาณค่าได้

1.3 เป็นผู้ที่มีความเชื่อถือ ความเชื่อถือของผู้ส่งสาร เป็นผลรวมของความรู้ ความสามารถ บุคลิกลักษณะ การเป็นคนที่สังคมยอมรับ การเป็นคนคล่องแคล่ว เปิดเผยในการติดต่อสื่อสาร

1.4 เป็นผู้ที่มีความพยายามจะเข้าใจความสามารถและความพร้อมของผู้รับสาร

1.5 เป็นผู้รู้จักใช้กลวิธีที่เหมาะสมในการนำเสนอสาร อาศัยการเตรียมการทักษะทางด้านภาษา การใช้อุปกรณ์ ตลอดจนเทคโนโลยีในการสื่อสารอย่างเหมาะสม

2. สาร (Message) คือ เรื่องราวอันมีความหมายและแสดงออกโดยอาศัยภาษาหรือสัญลักษณ์ที่สามารถทำให้เกิดการรับรู้ร่วมกันได้ สารประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

2.1 รหัสของสาร คือ ภาษา สัญลักษณ์ หรือสัญญาณที่มนุษย์คิดขึ้นเพื่อแทนความคิด

2.2 เนื้อหาของสาระ จะครอบคลุมความรู้ ความคิด และประสบการณ์ที่มนุษย์ต้องการถ่ายทอด แลกเปลี่ยนเพื่อความเข้าใจร่วมกัน โดยเนื้อหาของสารดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ เนื้อหาสารที่แสดงข้อเท็จจริง เนื้อหาสารที่แสดงข้อคิดเห็น และเนื้อหาสารที่แสดงความรู้สึก

2.3 การจัดสาร หมายถึง รูปแบบวิธีการในการนำรหัสสารมาเรียบเรียง เพื่อให้ได้ใจความตามเนื้อหาที่ต้องการ สารที่ได้รับการจัดอย่างดีทั้งในด้านการเรียบเรียง การลำดับความ การลำดับความยากง่าย ตลอดจนรูปแบบและการใช้ภาษาที่ดี

3. สื่อหรือช่องทาง (Media or Channel) สื่อหรือช่องทาง เป็นองค์ประกอบสำคัญอีกประการหนึ่งในการสื่อสาร ผู้ส่งสารต้องอาศัยสื่อหรือช่องทางทำหน้าที่นำสารไปสู่ผู้รับสาร โดยทั่วไปสารจะถ่ายทอดเข้าสู่ระบบการรับรู้

4. ผู้รับสาร (Receiver) ผู้รับสารเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสื่อสาร มีบทบาทในการกำหนดความรู้เรื่องราวที่ผู้ส่งสารส่งผ่านสื่อมาถึงตน และมีปฏิกิริยาตอบสนอง ผู้รับสารที่ดีควรทำหน้าที่ตามบทบาทของตนและควรพัฒนาตนเองให้มีคุณสมบัติ ดังนี้

4.1 เป็นผู้ที่มีเจตนาแจ่มชัดและกระตือรือร้นที่จะรับสาร

4.2 เป็นผู้พยายามรับรู้ข่าวสารต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ

4.3 เป็นผู้ที่มีความไว รู้สึกรวดเร็ว และถูกต้อง

4.4 เป็นผู้ที่มีสมาธิ สามารถบังคับใจให้อยู่ที่เรื่องราวที่กำลังสื่อสาร

5. ปฏิกิริยาตอบกลับ (Feedback) ในการสื่อสารแต่ละครั้งผู้ส่งสารและผู้รับสาร ซึ่งเราเรียกว่า คู่สื่อสารต่างมีวัตถุประสงค์ในการสื่อสารของตนเองและจะแสดงปฏิกิริยาตอบกลับ เพื่อให้อีกฝ่ายหนึ่งรับรู้ความรู้สึกนึกคิดของตน ต่างต้องประเมินผลและบรรยากาศในการสื่อสารตลอดเวลา การสื่อสารอาจเกิดผลตรงตามเป้าหมาย ปฏิกิริยาตอบกลับจะช่วยให้ผู้ส่งสารสามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลท่าที หรือวิธีการสื่อสารเพื่อให้การสื่อสารบรรลุวัตถุประสงค์

กิดานันท์ มลิทอง (2543: 23 – 24) กล่าวว่า การถ่ายทอดข่าวสารหรือการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือข้อมูลในการสื่อสาร จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีต้นทางของการถ่ายทอดหรือเรียกว่า “ผู้ส่ง” ได้รับทราบข่าวสารต่างๆ ในการผ่านสื่อไปยังจุดหมายปลายทางหรือเรียกว่า “ผู้รับ” ได้รับทราบข่าวสารนั้นร่วมกัน จากหลักการนี้จึงเป็นองค์ประกอบต่างๆ เพื่อให้การสื่อสารเกิดขึ้นได้ ดังต่อไปนี้

1. ผู้ส่ง ผู้สื่อสาร หรือต้นแหล่งของการส่ง (Sender, Communicator or Source) เป็นแหล่งหรือผู้ที่นำข่าวสาร เรื่องราว แนวความคิด ความรู้ ตลอดจนเหตุการณ์ต่างๆ เพื่อส่งไปยังผู้รับ ซึ่งอาจเป็นบุคคลเดียว เป็นกลุ่มบุคคล หรือสถาบัน โดยอยู่ในลักษณะต่างๆ ได้หลายอย่าง เช่น ผู้อ่านข่าว ผู้สอน นักร้อง นักเขียน จิตรกร ฯลฯ เป็นผู้นำเนื้อหาเรื่องราวของข่าว บทความ ภาพ มาเสนอแก่ผู้รับ เรียกว่า “การเข้ารหัส”

2. เนื้อหาเรื่องราว ได้แก่ เนื้อหาของสารหรือเรื่องราวที่ส่งออกมา เช่น ความรู้ ความคิด ข่าวสาร บทเพลง ข้อเขียน เพื่อให้ผู้รับรับข่าวสารเหล่านั้น

3. สื่อหรือช่องทางในการนำสาร หมายถึง ตัวกลางที่ถ่ายทอดแนวความคิด เหตุการณ์ เรื่องราวต่างๆ ที่ผู้ส่งต้องการให้ไปถึงผู้รับ สื่อที่ใช้กันมากที่สุดคือ “ภาษาพูด” ซึ่งใช้เสียงเป็นสื่อ เวลาเขียนหรืออ่านหนังสือสื่อที่ใช้ก็คือ “ภาษาเขียน” หรือถ้ามีการสื่อความหมายกับคนใบ้ก็ใช้สื่อที่เป็นภาษามือ กิริยาท่าทาง หรือการแสดงออกทางท่าทางหรือหน้าตา

4. ผู้รับหรือกลุ่มเป้าหมาย (Receiver or Target Audience) ได้แก่ ผู้รับเนื้อหาเรื่องราวจากแหล่งหรือที่ผู้ส่งส่งมา ผู้รับนี้อาจเป็นบุคคล กลุ่มชน หรือสถาบันก็ได้ เมื่อรับเรื่องราวแล้วผู้รับก็ต้องมีการถอดรหัส (Decode) คือ การแปลข่าวสารนั้นให้เข้าใจ

5. ผล (Effect) หมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นจากการที่ผู้ส่งสารส่งเรื่องราวไปยังผู้รับ ผลที่เกิดขึ้น ก็คือ การที่ผู้รับอาจมีความเข้าใจหรือไม่รู้เรื่อง ยอมรับหรือปฏิเสธ พอใจหรือโกรธ สิ่งเหล่านี้เป็นผลของการสื่อสาร และจะเป็นผลสืบเนื่องต่อไปว่าการสื่อสารนั้นจะสามารถบรรลุผลตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับทัศนคติของผู้รับ สื่อที่ใช้ และสถานการณ์ในการสื่อสารเป็นสำคัญด้วย

6. ผลป้อนกลับ (Feedback) เป็นสิ่งที่เกี่ยวเนื่องจากผล ซึ่งผู้รับส่งกลับมายังผู้ส่ง โดยผู้รับอาจแสดงอาการให้เห็น เช่น ง่วงนอน ปรบมือ ยิ้ม พยักหน้า ส่ายหน้า การพูดโต้ตอบ หรือการแสดงความคิดเห็น เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้ส่งทราบว่า ผู้รับมีความพอใจหรือมีความเข้าใจในความหมายที่ส่งไปหรือไม่ ผลป้อนกลับนี้ก็คือข้อมูลย้อนกลับ อันเกิดจากการตอบสนองของผู้รับที่ส่งกลับไปยังผู้ส่งคนอื่นนั่นเอง

ทิศนา แขมมณี (2545: 44) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่สำคัญในการสื่อสารมี ดังนี้

1. ผู้ส่งสาร หมายถึง ผู้ที่ส่งสารที่ต้องการให้ผู้อื่นได้รับทราบโดยวาจา ทางสัญญาณหรือท่าทาง

2. ผู้รับสาร หมายถึง ผู้ที่รับสารที่ผู้ส่งสารมาให้ไม่ว่าจะเป็นโดยวาจา ทางสัญญาณหรือท่าทาง

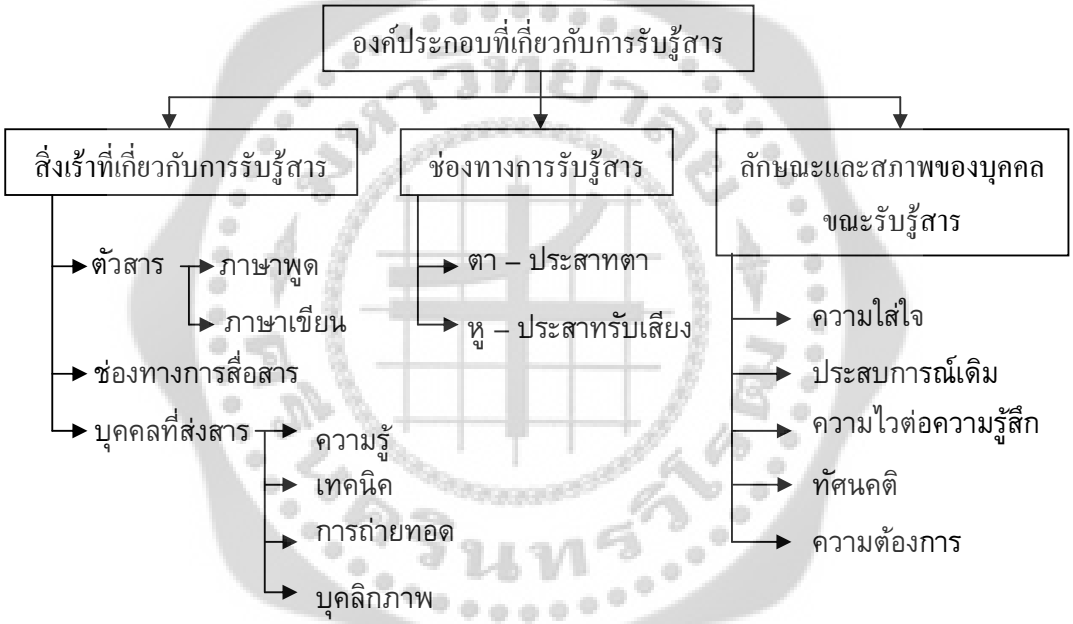
3. สารหรือข่าวสาร หมายถึง เนื้อหาหรือเรื่องราวที่ผู้ส่งสารส่งไปให้ผู้รับสาร

4. สื่อ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ติดต่อสื่อสาร เพื่อช่วยในการส่งหรือรับสารเป็นไปอย่างสะดวกและชัดเจน

5. สภาพแวดล้อมภายนอกขณะสื่อสารความหมาย หมายถึง สภาพแวดล้อมรอบตัวของผู้ส่งสารและผู้รับสารขณะสื่อความหมายกันอยู่ เช่น เสียง แสง กลิ่น กิจกรรมต่างๆ เป็นต้น

6. สภาพแวดล้อมภายในขณะสื่อความหมาย หมายถึง สภาพแวดล้อมรอบตัวของผู้ส่งสารและผู้รับสารขณะสื่อความหมาย เช่น สภาวะทางอารมณ์ จิตใจ ความกังวล ความกลัว ประหม่า ความเครียด หรือสภาวะร่างกาย เช่น ความเจ็บป่วย ความล้า เป็นต้น

กรมวิชาการ (2545ก: 57) ได้แบ่งองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ข่าวสาร ดังแสดงในภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ข่าวสาร

ที่มา: กรมวิชาการ. (2545ก). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์: เอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. หน้า 57.

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า องค์ประกอบของการสื่อสารประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ คือ ผู้ส่งสาร ผู้รับสาร สาร และวิธีการสื่อสาร ซึ่งทุกองค์ประกอบล้วนมีความสำคัญเท่าเทียมกัน เพราะหากองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่ง มีความบกพร่องหรือขาดหายไป ก็จะส่งผลให้การสื่อสารขาด

ประสิทธิภาพ

4.4 อุปสรรคในการสื่อสาร

เพื่อให้กระบวนการจัดการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้ศึกษาอุปสรรคในการสื่อสาร เพื่อเป็นข้อควรคำนึงถึงในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งนักการศึกษาได้เสนออุปสรรคที่เกิดขึ้นในการสื่อสารไว้ ดังนี้

มณฑล ใบบัว (2536: 65 – 69) กล่าวถึง สาเหตุหลายอย่างที่จะทำให้เกิดอุปสรรคในการสื่อสาร ดังนี้

1. การเลือกในการสื่อสาร (Selectivity in Communication) ปกติคนเราจะเลือกคิด เลือกทำ เลือกเชื่อในสิ่งที่เราปรารถนา การสื่อสารก็เช่นเดียวกัน ในการสื่อสารแต่ละสถานการณ์เราจะเลือกว่าเราจะสื่อสารอย่างไรตามความรู้สึกและความต้องการของเรา การเลือกในการสื่อสารมี 4 สถานการณ์ ดังนี้

1.1 การเลือกรับหรือการเลือกใช้ (Selective exposure)

1.2 การเลือกให้ความสนใจ (Selective attention)

1.3 การเลือกรับรู้และเลือกตีความหมาย (Selective perception and interpretation)

1.4 การเลือกจดจำ (Selective retention)

2. การมีความหมายไม่ตรงกัน (By passing) หมายถึง การที่ผู้ส่งสารและผู้รับสารมีความหมายต่อสารไม่เหมือนกัน ความหมายของภาษาอังกฤษไม่ได้อยู่ที่คำ แต่ความหมายของภาษาอยู่ที่ผู้ใช้ โดยขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของคน

3. ความสับสนระหว่างความรู้สึกกับความจริง (The inference observation confusion) อุปสรรคของการสื่อสารอีกประการหนึ่งก็คือ คู่สื่อสารไม่รู้ตัวว่าสิ่งที่ตนพูดนั้นเป็นการพูดตามความรู้สึกของตนไม่ใช่เป็นการพูดตามความจริงที่ตนได้พบเห็น

4. การไม่เปลี่ยนแปลงความเห็น (Frozen evaluation) ปกติคนเรามักไม่ค่อยยอมเปลี่ยนแปลงความรู้สึกนึกคิด เมื่อมีความเชื่ออย่างไร มีความคิดอย่างไร ก็มักจะยึดมั่นถือมั่นในความคิดและความเชื่อนั้นๆ ทั้งๆ ที่ในความเป็นจริงแล้วสิ่งต่างๆ ในโลกนี้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

5. การมองไม่เห็นความแตกต่าง (Indiscrimination) อุปสรรคของการสื่อสารที่เกิดจากการสื่อสารในข้อนี้ หมายถึง ผู้สื่อสารไม่สามารถมองเห็นความแตกต่างระหว่างสิ่งสองสิ่งหรือหลายสิ่งได้ แต่มักจะมองว่าสิ่งเหล่านั้นเหมือนๆ กัน ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากธรรมชาติของคนเราที่มักจะชอบจำแนกสิ่งของออกเป็นหมวดหมู่ เพื่อความสะดวกในการจดจำแต่การกระทำเช่นนี้ จะทำให้เราละเลยในความแตกต่างเล็กๆ น้อยๆ จนทำให้เราขาดความรู้ที่แท้จริงในสิ่งนั้น เพราะไม่ได้ทำการวิเคราะห์หรือสอบสวนสิ่งนั้นโดยเฉพาะ

6. การมีความคิดแบบสุดโต่ง (Polarization) หมายถึง การที่เรามองตัดสินอะไรเด็ดขาดไม่มีการประนีประนอม มองเห็นสิ่งต่างๆ ว่ามีเพียงสองลักษณะ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างตรงกันข้ามไม่มีจุดตรงกลางระหว่างความแตกต่างทั้งสองนั้น การคิดแบบนี้ย่อมเป็นอุปสรรคต่อการสื่อสาร เพราะ

จะทำให้จำกัดความคิดของเราและสกัดกั้นทางเลือกที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาต่าง ๆ

7. การมีความคิดว่า รู้หมด (Allness) การมีความคิดว่ารู้หมด เป็นความรู้สึกของคนที่ไม่รู้ว่าตนเองได้สรุปหรือย่อสิ่งที่ตนพบเห็น ดังนั้นจึงทึกทักเอาสิ่งที่ตนพูดหรือสิ่งที่ตนรู้มานั้นสมบูรณ์เบ็ดเสร็จ ครบถ้วน แน่นอน ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วเราไม่สามารถที่จะรู้ หรืออธิบายสถานการณ์หรือความจริงในสิ่งแวดล้อมของเราได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ เพราะจะทำให้เรามีความคิดแคบ บิดเบือนความจริง

บุญศรี ปราบณศักดิ์ และ ศิริพร จิรวัฒน์กุล (2538: 52 – 62) ได้แยกประเภทหรือสิ่งที่เป็นอุปสรรคขัดขวางการสื่อสารหลายประการ ดังนี้

1. กรอบแห่งการอ้างอิง (Frame of Reference) กล่าวคือ เมื่อได้รับสารอย่างใดอย่างหนึ่ง เราจะเอาประสบการณ์ของตนเองเป็นเครื่องช่วยสร้างภาพ สร้างความนึกคิด ตีความ และตัดสินใจกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง

2. กระบวนการเลือกทางจิตวิทยา (Psychology Selective Process) ลักษณะการเลือกที่มีผลต่อการสื่อสาร จำแนกเป็น 4 ระดับ คือ

2.1 การเลือกเปิดรับ (Selective Exposure) หมายถึง การมีโอกาสเปิดรับสารได้หลายสื่อ หรือหลายช่องทาง เช่น วิทยุ โทรทัศน์ หนังสือพิมพ์ นิตยสาร ฯลฯ แต่ละสื่อจะมีชนิดและจำนวนให้เลือกมาก วิทยุก็มีหลายคลื่น โทรทัศน์มีหลายช่อง หนังสือพิมพ์มีหลายหัว (ชื่อ) ผู้ส่งสาร จึงพบอุปสรรคในการสื่อสารต้องพิจารณาเลือกสื่อให้ตรงกับทางเลือกของผู้รับสาร

2.2 การเลือกให้ความสนใจ (Selective Attention) เมื่อผู้รับสารเลือกสื่อจากข้อ 1 ได้แล้ว ก็ต้องเลือกเฉพาะที่ตนสนใจเท่านั้น การสื่อสารจึงพบอุปสรรคมากขึ้น

2.3 การเลือกรับรู้และเลือกตีความ (Selective Perception and Interpretation) เมื่อผู้รับสารเลือกรับสารที่ตนสนใจแล้ว จะเลือกรับรู้และตีความตามประสบการณ์ และความรู้ของตน อาจตีความผิดก็ได้ จึงเป็นอุปสรรคของการสื่อสารอีกประการหนึ่ง

2.4 การเลือกจดจำ (Selective Retention) สารที่รับและตีความมีมากมาย เราจึงเลือกจะจดจำเฉพาะที่เราสนใจ มีประโยชน์ และสร้างความสุขแก่เราได้ การสื่อสารจึงอาจมีอุปสรรคด้วยเหตุนี้ได้

3. ลักษณะความหมายของภาษา ความหมายคือ ผลที่เกิดขึ้นในการรับรู้จากการที่คนเรามีปฏิกิริยาต่อสิ่งเร้าหรือสิ่งแวดล้อม ความหมายเป็นผลจากองค์ประกอบของคนกับองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ คือ สมองของเราสัมผัสสิ่งเร้าอย่างเป็นรูปธรรม ลักษณะของความหมายในภาษาที่เราใช้สื่อสารกันมีผลกระทบต่อการสื่อสาร บางครั้งอาจทำให้เกิดความเข้าใจไม่ตรงกันได้ลักษณะความหมายของภาษาแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะ คือ

3.1 ความหมายนัยตรง (Denotative meaning) คือ ความหมายที่ปรากฏในพจนานุกรม เป็นความหมายเชิงวัตถุวิสัยสามารถผูกโยงเข้ากับปรากฏการณ์ วัตถุ สิ่งของที่ปรากฏมีจริงได้

3.2 ความหมายนัยประหวัด (Connotative meaning) คือ ความหมายที่มิได้

ปรากฏในพจนานุกรม เป็นความหมายในเชิงอัตวิสัยเกิดขึ้นในความรู้สึก หรืออารมณ์สะเทือนใจของแต่ละบุคคล จึงไม่จำเป็นต้องเหมือนกัน

3.3 ความหมายเชิงโครงสร้าง (Structural meaning) ภาษาพูด ภาษาเขียนของคนชาติต่างๆ จะมีรูปแบบการจัดเรียงประโยคเป็นข้อความ รูปแบบดังกล่าวกำหนดโดยหลักไวยากรณ์ของภาษานั้นๆ เช่น ประโยคต้องประกอบด้วยประธาน กริยา กรรม มีคำวิเศษณ์ สันธาน บุพบท ฉะนั้นบ่อยครั้งที่เราไม่ต้องทราบความหมายของคำทุกคำ

3.4 ความหมายเชิงอรรถาธิบาย (Contextual meaning) เป็นความหมายที่เกิดจากการพรรณนาหรืออธิบายเนื้อหาของเรื่องราวที่ทำการสื่อสาร

4. การมีความหมายไม่ตรงกัน

4.1 ความหมายเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา

4.2 ความหมายเปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่

4.3 ความหมายทั่วไปกับความหมายทางเทคนิค

4.4 ความหมายในความรู้สึกกับความเป็นจริง

5. การไม่เปลี่ยนแปลงความคิดเห็น เป็นอุปสรรคอย่างหนึ่งในการสื่อสาร เพราะในความเป็นจริงแล้ว ชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อมต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงไป การที่บุคคลไม่ยอมเปลี่ยนแปลงความคิดก็เป็นปัญหาในการสื่อสารได้

6. การมองข้ามความแตกต่าง คนเรานิยมที่จะจำแนกสิ่งต่างๆ ออกเป็นหมวดหมู่เพื่อสะดวกในการจำ ทำให้เราเน้นความเหมือนกันจนมองข้ามความแตกต่าง ซึ่งมีผลต่อเจตคติ อคติ ค่านิยม และความเชื่อซึ่งมีผลกระทบต่อการสื่อสาร

7. การมีความคิดแบบทวินาม หมายถึง การพิจารณาหรือตัดสินสิ่งหนึ่งสิ่งใดอย่างเด็ดขาด

กิดานันท์ มลิทอง (2543: 41 – 42) ได้กล่าวว่า ในบางครั้งการสื่อสารหรือการสื่อความหมายและการเรียนรู้อาจจะไม่ได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ทั้งนี้เพราะอาจเกิดอุปสรรคระหว่าง ผู้ส่งและผู้รับ (ผู้สอนหรือผู้เรียน) ในด้านต่างๆ เช่น

1. คำพูด (Verbalism) การใช้ภาษาหรือคำพูดยากเกินไปในการทำความเข้าใจ
2. ฝันกลางวัน (Day Dreaming) ผู้รับมีจิตใจเลื่อนลอย ไม่มีสมาธิก็ทำให้ไม่รับรู้ได้
3. ข้ออ้างถึงที่ขัดแย้ง (Referent Confusion) ข่าวสารหรือบทเรียนที่ส่งมานั้นอาจขัดแย้งกับประสบการณ์เดิมของผู้รับ ทำให้เกิดความขัดแย้งได้
4. การรับรู้ที่จำกัด (Limited Perception) ผู้รับอาจมีข้อจำกัดของการรับรู้ ซึ่งเกี่ยวกับประสาทสัมผัสเฉพาะแต่ละบุคคล
5. สภาพแวดล้อมทางกายภาพไม่เอื้ออำนวย (Physical Discomfort)
6. การไม่ยอมรับ (Interception) ผู้ส่งอาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้รับทำให้เกิดการต่อต้านหรือไม่สนใจที่จะรับข้อมูลที่ส่งมา

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า อุปสรรคในการสื่อสารอาจเกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น ผู้ส่งสารเลือกสื่อสารตามความต้องการของตนเองโดยไม่คำนึงถึงผู้รับสาร ผู้รับสารเลือกรับรู้และตีความตามประสบการณ์และความคิดเห็นของตนเอง ลักษณะและความหมายของภาษา ซึ่งในบางครั้ง อาจมีความหมายที่ทำให้แต่ละบุคคลเลือกตีความได้แตกต่างกัน เป็นต้น

4.5 การส่งเสริมการสื่อสารในการเรียนคณิตศาสตร์

การจัดกระบวนการเรียนรู้ ผู้สอนถือว่าเป็นผู้ที่มีบทบาทที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะการสื่อสาร ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการส่งเสริมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สำหรับผู้สอนที่จะนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ดังนี้

เทอร์เบอร์ (Thurber. 1976: 514 – 534) กล่าวว่า กิจกรรมการเรียนด้านความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ควรจัด ดังนี้

1. ศัพท์ทางคณิตศาสตร์ (The Vocabulary of Mathematics) ซึ่งให้ผู้เรียนได้เข้าใจที่มาและความหมายของคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์หรือการสร้างคำศัพท์

2. การนำเสนอด้วยปากเปล่า (Oral Presentations) ได้แก่ การให้ผู้เรียนได้มีกิจกรรมดังนี้

2.1 การสรุปรายงานในห้องเรียนหรือการรายงานสั้นๆ ที่ให้ผู้เรียนได้ออกมาพูดหน้าชั้น และมีคำถามตอบจากเพื่อนในชั้น

2.2 พูดนำเสนอเมื่อได้รับการฟัง หรือการอ่านหนังสือ การดูภาพยนตร์ ผู้สอนมอบหมายให้ผู้เรียนไปอ่าน หรือให้ชมภาพยนตร์เรื่องที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ แล้วนำมาพูดรายงาน โดยมีวัตถุประสงค์ของการพูดและการรายงาน

2.3 การนำเสนอเป็นกลุ่ม การทำงานเป็นทีมของผู้เรียนโดยให้เตรียมเรื่องที่สนใจที่ต้องการพูด และนำเสนออภิปราย

2.4 เกมทางคณิตศาสตร์ อาจจะให้เล่นเกมในเวลาสั้นๆ โดยการเขียนที่ให้แสดงจินตนาการ หรือกำหนดสถานการณ์มาและให้คิดแก้ปัญหานั้น

2.5 รายการโทรทัศน์และวิทยุ ให้ดูรายการที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ อาจจัดกิจกรรมกำหนดเวลาสั้นๆ ให้ และให้มีการนำเสนอความคิดจากการดูรายการโทรทัศน์หรือวิทยุ

3. การเขียนที่ดีและเพิ่มการเขียนให้มากกว่าเดิม โดยสนับสนุนการเขียนของผู้เรียน อาจให้ผู้เรียนได้มีการสรุปจากบทเรียนที่ได้เรียนมา หรือในการให้ผู้เรียนได้เขียนจากประสบการณ์ โดยไม่ต้องจำกัดหน้าในการเขียน

โรวาน และ มอร์โรว์ (Rowan; & Morrow. 1993: 9 – 11) ได้เสนอแนวทางในการส่งเสริมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. การนำเสนอสื่อรูปธรรม แล้วให้ผู้เรียนได้พรรณนาถึงสิ่งที่พบ

2. ใช้เนื้อหา เรื่องราว หรืองานที่เกี่ยวข้องและใกล้ตัวของผู้เรียน เช่น โครงงานที่มีกิจกรรมสืบค้นเป็นสื่อที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สื่อสารโดยตรง กิจกรรมเช่นนี้ช่วยให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของ

คณิตศาสตร์ว่าเป็นวิชาที่มีประโยชน์ในการดำเนินชีวิต และเป็นเรื่องราวที่เกี่ยวข้องและใกล้ตัวผู้เรียน ทำให้การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นไปได้อย่างสมบูรณ์

3. การใช้คำถาม โดยเฉพาะคำถามปลายเปิดจะเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดและแสดงการตอบสนองออกมา คำถามปลายเปิดเป็นคำถามที่ให้โอกาสผู้เรียนได้คิดอย่างหลากหลาย และมีการคิดอย่างสร้างสรรค์

4. ให้โอกาสผู้เรียนได้เขียนสื่อสารแนวคิด เพื่อให้ผู้เรียนเห็นว่า การเขียนเป็นส่วนสำคัญของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ผู้เรียนต้องเข้าใจว่าทำไมจึงต้องเขียนอธิบาย นั่นคือ เป้าหมายของการเขียนต้องชัดเจน

5. ใช้การเรียนแบบร่วมมือและช่วยเหลือกัน เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจแนวคิด อธิบายแนวคิดกันในกลุ่มเป็นการส่งเสริมความสามารถในการสื่อสาร

6. ใช้การชี้แนะโดยตรงและชี้แนะทางอ้อม การตอบสนองต่อคำถามของผู้เรียน การบริหารและจัดระบบชั้นเรียน เป็นการชี้แนะให้ผู้เรียนได้ทราบถึงสิ่งที่คาดหวังและมาตรฐานของการเรียนรู้ เพื่อที่ผู้เรียนจะได้แสดงแนวคิดเหล่านั้นได้อย่างไม่ต้องกังวล

เคนเนดี้ และ ทิปส์ (Kennedy; & Tipps. 1994: 81) ได้กล่าวว่า จากสภาพสังคมในยุคสังคมสารสนเทศ (Information Society) ที่เป็นยุคของข้อมูลข่าวสารใช้เทคโนโลยีชั้นสูง ดังนั้นผู้เรียนที่จะออกสู่สังคม จะต้องเป็นผู้ที่มีพื้นฐานการใช้ทักษะการสื่อสาร แนวความคิดของตนร่วมกับคนอื่นๆ ในการทำงานและในบางครั้งอาจจะต้องสื่อสารผ่านเทคโนโลยีต่างๆ เช่น เครื่องคำนวณ คอมพิวเตอร์ ที่เป็นเครื่องมือที่ต้องอาศัยคำสั่งการทำงานจากมนุษย์อย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนที่ชัดเจน จึงจะสามารถปฏิบัติงานได้ และจากลักษณะสำคัญของคณิตศาสตร์ประการหนึ่งคือ คณิตศาสตร์เป็นภาษาที่มีความหมายเป็นภาษาเฉพาะ รัดกุม สามารถสื่อสารและนำมาประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวัน และมีบทบาทในการเรียนการสอน คือ เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างความคิดนามธรรมกับรูปธรรม โดยใช้รูปภาพ กราฟ สัญลักษณ์ ตัวอักษร กล่าวได้ว่า การสื่อสารนั้นช่วยให้ผู้เรียนมีความชัดเจนในความคิดและเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 4 – 5) กล่าวถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ถามนั้น ถือเป็นการส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ควรให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับการแสดงเหตุผล โดยการเปิดโอกาสให้อธิบายเหตุผลกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน หรือการคิดค้นหาคำตอบจากคำถามที่เกี่ยวกับบางสิ่ง เช่น ปริศนาต่างๆ ที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจอันลึกซึ้งในความคิดของพวกเขา การจัดลำดับที่จะติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนกับแนวคิดของคนอื่นๆ ให้ผู้เรียนหลายคนตอบสนอง อย่างเปิดเผยตรงไปตรงมาในการเรียนรู้ การจัดระบบ และรวบรวมแนวคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของพวกเขาเข้าด้วยกัน ผู้เรียนควรจะได้รับการสนับสนุน เพื่อพัฒนาความสามารถเฉพาะตัวของพวกเขาเองอย่างชัดเจนและต่อเนื่องตลอดเวลา เมื่อพวกเขาอายุมากขึ้น รูปแบบที่ตกลงกันของพวกเขาและการพูดอภิปรายควรจะไม่ยึดติดกฎเกณฑ์ แต่ควรมีการพิสูจน์เพื่อ

ให้ได้แบบแผน และผู้เรียนควรจะทราบมากขึ้นเกี่ยวกับการสำนึกถึง การตอบสนอง และการรับฟังของผู้เรียน การส่งเสริมความสามารถพิเศษเกี่ยวกับการเขียนคณิตศาสตร์ที่ควรมี โดยเฉพาะในแต่ละระดับที่กำหนดในหลักสูตร การทำงานเพื่อที่จะแก้ปัญหาร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน ผู้เรียนจะได้มีโอกาสในการแสดงทัศนคติและวิธีอื่นๆ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และประเมินค่าแนวความคิดอื่นๆ รู้จักการสร้างแนวความคิดใหม่ๆ ยกตัวอย่าง เช่น ให้ผู้เรียนลองแก้ปัญหาที่มีคำถามลักษณะพีชคณิตที่ได้แสดงไว้ดังต่อไปนี้

มีกระต่ายอยู่จำนวนหนึ่ง และมีกรงใส่กระต่ายอยู่อีกจำนวนหนึ่ง ถ้าเรานำกระต่ายใส่ในกรงๆ ละ 1 ตัว จะมีกระต่ายเหลือ 1 ตัว ที่ต้องอยู่นอกกรง และถ้าเราใส่กระต่ายไว้กรงละ 2 ตัว จะมีกรงเหลือ 1 กรง ที่ว่างอยู่ ถามว่ามีกระต่ายทั้งหมดกี่ตัว และมีกรงใส่กระต่ายกี่กรง

ผู้เรียนอาจจะช่วยเหลือและอาศัยความเข้าใจของผู้เรียนผู้ที่สามารถมองเห็นปัญหาและสามารถอธิบายให้เพื่อนเข้าใจได้ ผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนรู้ถึงจุดเด่น และจุดด้อยหรือขีดจำกัดของตนเองที่แตกต่างกันของผู้เรียนในแต่ละคนที่ใช้วิธีในการแก้ปัญหา ด้วยเหตุนี้การสื่อสารจึงจำเป็นสำหรับนักคิดคณิตศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2543: 286 – 387) กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์ว่า ความสามารถในการสื่อสารเป็นคุณลักษณะที่ต้องฝึกซ้ำๆ และสามารถฝึกทักษะในการสื่อสารได้ ดังนี้

1. การเล่าหรือพูดทางคณิตศาสตร์เป็นการให้ข้อมูลข่าวสารและแนวคิดสำคัญทางคณิตศาสตร์ที่มีเหตุผล การเล่าหรือการเขียนสรุปเรื่องราวทางคณิตศาสตร์ที่อ่านจากวารสาร หนังสือพิมพ์ หนังสือต่างๆ จากการดูโทรทัศน์ การสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต โดยผู้สอนมอบหมายให้ผู้เรียนไปศึกษาค้นคว้า แล้วนำมาเล่าหรือเขียนให้ผู้อื่นรับรู้เป็นการฝึกทักษะในการสื่อสารอีกวิธีหนึ่ง

2. การเขียนบันทึกสรุปการไปทัศนศึกษาหรือการศึกษาภาคสนามในโอกาสที่ผู้เรียนกลับมาจากทัศนศึกษาหรือศึกษาภาคสนามแล้ว ให้ผู้เรียนเขียนรายงานสรุปถึงความรู้ความคิดในบางเรื่องที่ได้รับจากการไปทัศนศึกษาแต่ละครั้ง เช่น เมื่อพาไปสำรวจข้อมูลจำนวนผู้เรียนในโรงเรียนใกล้เคียง ผู้เรียนควรจะสามารถเขียนบรรยายสรุปเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทั่วไปในบริเวณโรงเรียน ลักษณะนิสัยของผู้เรียนที่พบเห็น รวมทั้งข้อคิดเห็นที่ดีต่อการจัดสภาพแวดล้อมในโรงเรียน ซึ่งผลสุดท้ายอาจทำให้ผู้เรียนแสดงข้อมูลผู้เรียนออกมาในรูปแผนภูมิ รูปวงกลม แผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิเส้น เป็นต้น

3. การเล่าบันทึกสิ่งที่สังเกตในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง กิจกรรมในส่วนนี้อาจทำได้ดังตัวอย่าง เช่น ผู้สอนอาจให้ผู้เรียนบันทึกสิ่งที่สังเกตได้จากข้อแตกต่างของการนำเสนอข้อมูลในลักษณะต่างๆ

4. การจัดแสดงผลงานหรือการนำเสนอผลงานทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า หรือการสังเกตที่เกี่ยวข้องกับวิชาคณิตศาสตร์ ในการนำเสนอ ควรให้มีการนำเสนอด้วยวาจาและผลงาน นอกจากนี้กิจกรรมการเรียนการสอนในหลักสูตรสามารถใช้ฝึกทักษะในการนำเสนอผลงานทางคณิตศาสตร์ โดยให้ผู้เรียนเขียนสรุปผลการศึกษาแล้วนำมาเล่าให้เพื่อนฟังก่อนที่จะเรียนครั้งต่อไป และถือว่า เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนไปด้วย ทั้งนี้อาจมอบหมายให้กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเป็นผู้เล่า

5. การพูดหรือการอภิปรายทางคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ใช้ฝึกทักษะในการสื่อสาร ได้วิธีหนึ่ง โดยให้ผู้เรียนช่วยกันระบุเรื่องที่จะพูดหรืออภิปราย กำหนดให้ผู้เรียนขึ้นมาพูดหรืออภิปราย เป็นกลุ่ม มีการปรึกษาหารือกันในประเด็นที่จะพูด แบ่งกันไปอ่านและค้นคว้าหาข้อมูลมาประกอบใน การพูดหรืออภิปราย ตัวอย่างเช่น การพูดหรือการอภิปรายเรื่องราวในการนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมที่ มีอยู่ตามหนังสือ สิ่งที่ตีพิมพ์ต่างๆ หรือประโยชน์ในการนำเสนอข้อมูลในแต่ละรูปแบบ ประโยชน์ ใน การนำเสนอข้อมูลในการเรียนคณิตศาสตร์

6. การสื่อสารด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ซึ่งพัฒนาให้ผู้เรียน มี ความสามารถในการสื่อสารด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ทั้งในด้านรู้จักข้อมูลที่ตรงตามวัตถุประสงค์ รู้จัก เก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่เหมาะสม รู้จักประมวลข้อมูลให้เป็นสารสนเทศ รู้จักใช้การสื่อสาร ด้านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ทั้งในด้านค้นคว้าหาข้อมูลและหาความรู้

กรมวิชาการ (2545ก: 197 – 199) กล่าวถึง การพัฒนาทักษะ/กระบวนการการสื่อความหมาย ทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ทำได้ทุกเนื้อหาที่ต้องการให้วิเคราะห์ สังเคราะห์เพื่อนำเสนอไปสู่ การแก้ปัญหา เช่น ในวิชาเรขาคณิตมีเนื้อหาที่ต้องการฝึกวิเคราะห์ การให้เหตุผล และการพิสูจน์ ผู้เรียน ต้องฝึกทักษะในการสังเกต การนำเสนอรูปภาพต่างๆ เพื่อสื่อความหมาย แล้วนำความรู้ทางเรขาคณิต ไปอธิบายปรากฏการณ์และสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

การจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และ การนำเสนอในวิชาพีชคณิต เป็นการฝึกทักษะให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ปัญหา สามารถเขียนปัญหา ในรูปแบบของตาราง กราฟ หรือข้อความ เพื่อสื่อสารความสัมพันธ์ของจำนวนเหล่านั้น ขั้นตอนใน การดำเนินการ เริ่มจากการกำหนดโจทย์ปัญหาให้ผู้เรียนวิเคราะห์ กำหนดตัวแปร เขียนความสัมพันธ์ ของตัวแปรในรูปของสมการหรืออสมการตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด และดำเนินการแก้ปัญหา โดยใช้ วิธีการทางพีชคณิต

การจัดการเรียนรู้ให้เกิดทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และ การนำเสนอมีแนวทางในการดำเนินการ ดังนี้

1. กำหนดโจทย์ปัญหาที่น่าสนใจและเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน
2. ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและแสดงความคิดเห็นด้วยตนเอง โดยผู้สอนช่วย แนะแนวทางในการสื่อสาร สื่อความหมาย และการนำเสนอข้อมูล

การฝึกทักษะ/กระบวนการนี้ต้องทำต่อเนื่อง โดยสอดแทรกอยู่ทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ ให้ผู้เรียนคิดตลอดเวลาที่เห็นปัญหาว่า ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น จะมีวิธีแก้ปัญหาอย่างไร เขียน รูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรได้อย่างไร จะใช้ภาพ ตาราง หรือกราฟใดช่วยในการสื่อสารความหมาย

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า แนวทางในการส่งเสริมการสื่อสารในการเรียนคณิตศาสตร์ มีดังนี้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ เช่น การสืบค้น การอ่านเพื่อให้เกิดความเข้าใจปัญหา การอธิบายแนวความคิดทางคณิตศาสตร์และหาข้อสรุปร่วมกัน

2. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับวัย ความสามารถและความสนใจของผู้เรียน โดยอาจยกตัวอย่างปัญหาหรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวันของผู้เรียน

3. การใช้คำถามปลายเปิด เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายแนวคิดในการแก้ปัญหาที่หลากหลายร่วมกันในชั้นเรียน

4.6 ประโยชน์ของการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยการสื่อสาร

นักการศึกษาได้เสนอให้เห็นประโยชน์ของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

รีเดเซล (Riedesel. 1990: 377) ได้นำเสนอประโยชน์ของการสื่อสารโดยการเขียน ดังนี้

1. เป็นการประเมินการเรียนรู้ผู้เรียนเป็นรายบุคคล เพราะสิ่งที่ผู้เรียนเขียนบรรยายจะแสดงระดับความเข้าใจที่แตกต่างกัน

2. เป็นเครื่องมือช่วยวิจัยกระบวนการคิดของผู้เรียน

3. เป็นทักษะที่จำเป็นช่วยให้ผู้เรียนเกิดความชัดเจนในการคิด

4. เป็นทักษะที่จะช่วยเสริมทักษะการอ่านและการเขียนในรายวิชาอื่น โดยเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์ที่ต้องใช้การบรรยายในสิ่งที่ค้นพบ

5. เป็นวิธีในการเรียนคณิตศาสตร์วิธีหนึ่งที่ปกติผู้เรียนไม่ค่อยได้ใช้

6. เป็นทักษะที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดในระดับสูง เพื่อตอบคำถามว่า อย่างไร (How) และทำไม (Why) มากกว่าตอบว่าอะไร (What) ที่ไหน (Where) เมื่อไร (When)

7. เป็นการร่วมมือกันในการทำกิจกรรมเดียวกัน ทำให้ผู้เรียนรู้สึกว่าสมาชิกในกลุ่มประสบความสำเร็จร่วมกัน เกิดความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันในการเรียนรู้

มัมมี่ และ เชพเพอร์ด (Mumme; & Shepherd. 1993: 7 – 11) ได้เสนอประโยชน์ในการเรียนคณิตศาสตร์ที่เกิดจากการส่งเสริมการสื่อสาร ดังนี้

1. การสื่อสารจะช่วยส่งเสริมความเข้าใจคณิตศาสตร์แก่ผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนได้อธิบายความคิดของเขา มีความสนใจในการที่จะได้อภิปราย และการฟังก็จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจได้อย่างลึกซึ้งด้วย การฟังจะช่วยให้ผู้เรียนได้พิจารณาความคิดของคนอื่นที่แตกต่างกันออกไปของผู้เรียน แม้จะอยู่ในสถานการณ์เดียวกันก็ตาม การสื่อสารจะสนับสนุนการสร้างความรู้แก่ผู้เรียน โดยการสื่อสารจะช่วยขยายความคิดเกิดความชัดเจนยิ่งขึ้น

2. การสื่อสารจะช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนความเข้าใจทางคณิตศาสตร์แก่ผู้เรียน ผู้เรียนส่วนมาก มักจะล้มเหลวในการแสดงความคิดทางคณิตศาสตร์ เมื่อผู้เรียนได้นำเสนอกฎเกณฑ์และกระบวนการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์โดยการจำมากกว่าการคิดแบบค้นพบด้วยตนเองและการแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน ผู้สอนจำเป็นต้องให้เกิดการสื่อสารมากขึ้น เพื่อให้บุคคลหนึ่งได้เชื่อมต่อความคิดทางคณิตศาสตร์ไปยังอีกบุคคลหนึ่ง โดยการอภิปรายและการแลกเปลี่ยนความคิดกัน ผู้สอนต้องให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทางภาษาคณิตศาสตร์ในการทำความเข้าใจในบทบาทของคำ นิยาม และกระบวนการใน

การอภิปรายและขยายสมมติฐานให้ชัดเจน

3. การสื่อสารจะช่วยเสริมสร้างให้ผู้เรียนเป็นผู้เรียนรู้ เมื่อผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พูด หรือเขียนความคิดของผู้เรียน เพื่อให้ผู้สอนแน่ใจในความสามารถทางการสื่อสารความคิดของผู้เรียนอย่างแท้จริง ผู้เรียนควรฝึกการใช้ศักยภาพและควบคุมการเรียนรู้ของพวกเขาให้มาก เพื่อที่ผู้เรียนจะได้กลายเป็นผู้เสริมสร้างความรู้ด้วยตนเอง

4. การสื่อสารเป็นการส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ การพูดและการฟังบุคคลอื่นในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเล็กๆ เป็นวิธีการที่จะทำให้เราหลุดพ้นจากความวิตกกังวลในการแสดงความคิด การมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนจะเป็นการให้ความสนุกสนานในการเรียนแก่ผู้เรียน การอำนวยความสะดวกและสังคมจะมีอิทธิพลต่อความเต็มใจที่จะพูดเพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดของผู้เรียน

5. การสื่อสารจะช่วยให้ผู้สอนได้รับประโยชน์ในการหยั่งรู้ถึงความคิดของผู้เรียน ผู้สอนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการคิดของผู้เรียนเป็นอย่างมาก โดยการฟังการอธิบาย และการให้เหตุผลของผู้เรียน ความสามารถที่เป็นทักษะการสื่อสารจะเป็นการอธิบาย โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ทั้งหมดอย่างคล่องแคล่ว โดยผู้เรียนจะต้องนำไปใช้และมีการฝึกปฏิบัติบ่อยๆ

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยการสื่อสารคณิตศาสตร์ จะทำให้ผู้เรียนมีโอกาสได้อธิบาย และแลกเปลี่ยนแนวความคิดร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการนำเสนอแนวคิดของตนเอง และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นที่แตกต่างกันออกไป และผู้สอนสามารถช่วยส่งเสริม และเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องของผู้เรียนในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้งด้านการพูดและการเขียน ซึ่งจะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในสิ่งที่จะเรียนมากยิ่งขึ้น

4.7 การประเมินการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาเกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้โดยการสื่อสาร เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดและการเขียนของผู้เรียน ดังนี้

เคนเนดี้ และ ทิปส์ (Kennedy; & Tipps. 1994: 112) ได้แบ่งการประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ภาษาคณิตศาสตร์ (Mathematics Language)
   - 1.1 ใช้ภาษาคณิตศาสตร์อย่างไม่เหมาะสม
   - 1.2 ใช้ภาษาคณิตศาสตร์เหมาะสมเป็นบางครั้ง
   - 1.3 ใช้ภาษาคณิตศาสตร์เหมาะสมเกือบทุกครั้ง
   - 1.4 ใช้ภาษาคณิตศาสตร์อย่างเหมาะสม ถูกต้อง ชัดเจน
2. การใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (Representation)
   - 2.1 ไม่ใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์
   - 2.2 ใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เป็นบางครั้ง
   - 2.3 ใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อย่างเหมาะสมเกือบทุกครั้ง

2.4 ใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อย่างถูกต้องเหมาะสมทุกครั้ง

3. การนำเสนอความคิด (Presentation)

3.1 การนำเสนอไม่ชัดเจน (ไม่สมบูรณ์ ขาดรายละเอียด เนื้อหาสับสน)

3.2 การนำเสนอชัดเจนเป็นบางส่วน

3.3 การนำเสนอมีความชัดเจนเกือบสมบูรณ์

3.4 การนำเสนอชัดเจนดีมาก (สมบูรณ์ เป็นระบบ)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 18 – 19) ได้กล่าวถึงการประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. เลือกรูปแบบของการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม
2. ใช้ข้อความ คำศัพท์ สูตร สมการ หรือแผนภูมิที่เป็นสากล
3. บันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล
4. สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งการเรียนรู้
5. เสนอความคิดที่เหมาะสมกันกับปัญหา

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูด และด้านการเขียนของผู้เรียน ดังนี้

1. วัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงถึงการอธิบายแนวความคิด การใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และการสรุปทั้งด้านการพูดและการเขียนของผู้เรียน โดยสังเกตพฤติกรรมด้านการพูดจากการปฏิบัติกิจกรรมการสื่อสารในช่วงการแสดงความคิดเห็น การอภิปราย และการนำเสนอ และพฤติกรรมด้านการเขียนจากกระบวนการสื่อสารด้านการเขียนจากการทำใบงาน โดยปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่จิตติมา ชอบเอียด (2551: 75 – 81) ปรับปรุงขึ้น

2. วัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียนจากการเขียนขั้นตอน การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบแบบอัตนัย

4.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยต่างประเทศ

โรจาส (Rojas. 1992: 53 – 05A) ทำการศึกษาวิจัยการส่งเสริมการเรียนเรื่อง ความน่าจะเป็น โดยการพัฒนาผู้เรียนด้านทักษะการอ่านและการเขียน ผู้เรียนได้เรียนเป็นกลุ่มโดยให้ผู้เรียนเรียนเนื้อหาเรื่อง ความน่าจะเป็น และใช้เทคนิคในการเสริมกิจกรรมทางภาษาในการเรียนคณิตศาสตร์ ฝึกการสื่อสารให้แก่ผู้เรียนโดยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ค้นคว้า โดยใช้การเสริมแรงในการอ่าน เขียนและพูด ผลปรากฏว่าการทดลองนี้ ทำให้ผู้เรียนมีการเรียนดีขึ้นในกิจกรรมการเขียน แต่ว่ากิจกรรมการอ่านผู้เรียนเห็นประโยชน์เล็กน้อย โดยไม่รู้ว่าการอ่านจะมีประโยชน์อย่างไร อะไรที่เป็นความสามารถในการอ่านของพวกเขา

โจฮันนิ่ง (Johanning. 2000: 151 – 160) ได้ศึกษาการวิเคราะห์การเขียน และการทำงานกลุ่มร่วมกันของผู้เรียนมัธยมศึกษาในการศึกษาวิชาพีชคณิตเบื้องต้น มีการปฏิรูปโดยการส่งเสริมโดยการให้ผู้เรียนอ่าน เขียน อภิปรายทางคณิตศาสตร์ เช่นเดียวกับการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ การศึกษาครั้งนี้ได้ให้ความสำคัญกับการเขียนซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนคิดไปพร้อมๆ กัน โดยพิจารณาจากผลงานของผู้เรียน เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาว่า มีความเข้าใจอย่างไร คิดอย่างไรกับวิธีการแก้ปัญหาที่ได้เขียนอธิบาย กลุ่มตัวอย่างคือผู้เรียนระดับเกรด 7 และ 8 จำนวน 48 คน เป็นผู้เรียนเกรด 7 จำนวน 14 คน และเกรด 8 จำนวน 34 คน การดำเนินการโดยใช้การเขียนและการทำงานกลุ่มในการเรียนพีชคณิตเบื้องต้นใช้ระยะเวลาการทดลอง 1 ปี โดยการแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่ม 7 คน ซึ่งประกอบด้วยผู้เรียนเกรด 8 จำนวน 4 คน (ผู้ชาย 1 คน ผู้หญิง 3 คน) ผู้เรียนเกรด 7 จำนวน 3 คน (ผู้ชาย 2 คน ผู้หญิง 1 คน) เพื่อให้เกิดการสมดุลของกลุ่มตัวอย่าง การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยบันทึกภาพ การมีส่วนร่วม และการอภิปรายกลุ่ม และการสัมภาษณ์ผู้เรียน ผลการศึกษาพบว่า การเขียนอธิบายเป็นวิธีหนึ่งที่กระตุ้นผู้เรียนในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เมื่อผู้เรียนได้สื่อสารความคิดของตนลงบนกระดาษและถ่ายทอดสู่บุคคลอื่น การเขียนอธิบายก่อนการอภิปรายกลุ่ม ทำให้มั่นใจว่าผู้เรียนทุกคนมีโอกาสศึกษาด้วยตนเองก่อนที่จะพบผู้สอนกับเพื่อนๆ การเขียนทำให้ผู้เรียนมีความมั่นใจมากขึ้นในการทำงานกลุ่ม โดยการแลกเปลี่ยนความคิดภายในกลุ่ม ซึ่งบรรยากาศเช่นนี้ ผู้เรียนจะมีความกระตือรือร้นในการคิดและการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วย

โรดิเฮฟเวอร์ (Rodeheaver. 2000: 61 – 03A) ได้ทำการศึกษากรณีศึกษาระหว่างผู้เรียนและผู้สอน และความร่วมมือของผู้สอนที่สอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา เพื่อศึกษาว่าการสื่อสารอะไรบ้างที่จะมีผลต่อการเรียนการสอน และทำการประเมินข้อมูลย้อนกลับจากนักศึกษา ผลปรากฏว่า ข้อมูลย้อนกลับของนักศึกษานี้ แสดงถึงผู้สอนได้ให้ความสำคัญกับการสื่อสารเป็นอย่างมาก โดยมีการจัดการสื่อสารเข้าไปในกระบวนการเรียนการสอน แต่ว่าคุณภาพของการสื่อสารนั้น จะเป็นการเน้นเพียงให้บรรลุจุดมุ่งหมายเท่านั้น ไม่ได้เน้นในด้านการปฏิบัติ ซึ่งในการใช้การสื่อสารในการทดลองนี้ไม่ได้รับความเป็นอิสระจากผู้สอนเลย

เลวิสัน เกรฟส์ และ ซานเชส (Lewison; Graves; & Sanchez. 2006: Abstract) ได้ศึกษาเรื่อง การสนทนาเสริมในการเรียนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนประถมศึกษา โดยศึกษาการใช้ประโยชน์จากการสร้างกิจวัตรในการสนทนาระหว่างผู้เรียน จุดเด่นในการศึกษาในครั้งนี้อยู่ที่การให้ผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ห้อง ได้ฝึกปฏิบัติการสนทนาทางคณิตศาสตร์ การพิจารณา จากการวิเคราะห์สภาพงานที่เป็นเอกลักษณ์ของผู้เรียนในการฝึกฝนความรู้ ผลการวิจัยพบว่า การให้ความเอาใจใส่ในรายละเอียดเฉพาะ เป็นการทำให้ผู้เรียนเกิดความชำนาญในการพูดภาษาทางการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และก่อให้เกิดความสัมพันธ์ที่เป็นเอกลักษณ์ของผู้เรียนภายในกลุ่ม

ฮาวิล และ ลุดวิส (Havill; & Ludwis. 2007: Abstract) ได้จัดให้มีการส่งเสริมทักษะการสื่อสารของผู้เรียนสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์และผู้เรียนสาขาคณิตศาสตร์ โดยเริ่มต้นนำมาใช้ในภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยเดนิสัน เป็นการนำองค์ประกอบด้าน

การสื่อสารการพูดแนวใหม่ที่มีความสำคัญมาใช้กับทั้งสองภาควิชา โดยมีการจัดการเรียนการสอนในห้องทดลองร่วมกัน ระหว่างผู้เรียนในสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์และผู้เรียนในสาขาคณิตศาสตร์ ในการวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมาย 3 ประการ คือ การปรับปรุงทักษะการสื่อสารด้านการพูดเพื่อเตรียมพร้อมผู้เรียนสำหรับการสำเร็จการศึกษาและการทำงาน การอบรมนักวิจัยในอนาคตในทั้งสองสาขาให้แสดงความสามารถในการเริ่มต้นการวิจัยได้เป็นอย่างดีในขณะที่ยังเป็นนักศึกษาฝึกหัด และการเปิดรับผู้เรียนสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้นเพื่อเข้าสู่การเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ โดยในการวิจัยได้ทำการศึกษาจากความต้องการในชั้นเรียน การอธิบายวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งจากการวิจัยผลสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายในสามและผลการสื่อสารที่เพิ่มขึ้น

งานวิจัยในประเทศ

วัชรี ขันเชื้อ (2545: 119) ได้พัฒนาชุดการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องตรรกศาสตร์เบื้องต้นโดยใช้กระบวนการกลุ่ม เพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่าชุดการเรียนคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ภายหลังได้รับการสอนด้วยชุดการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องตรรกศาสตร์เบื้องต้นสูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการสื่อสารแนวความคิดโดยใช้ทักษะการพูด และการเขียนของผู้เรียนภายหลังจากการเรียนด้วยชุดการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 70

ศิริพร มาวรรณา (2546: 54) ได้ทำการศึกษาผลการใช้ทักษะการสื่อสารและการประเมินผลตามสภาพจริงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การนำเสนอข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ภายหลังได้รับการสอนตามคู่มือผู้สอน โดยแทรกกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้ทักษะการสื่อสาร และการประเมินผลตามสภาพจริงสูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พรสวรรค์ จรัสรุ่งชัยสกุล (2547: 93 – 94) ได้พัฒนาชุดการเรียน เรื่อง เมตริกซ์ และดิเทอร์มินันต์ โดยใช้หลักการเรียนเพื่อรอบรู้ เพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ชุดการเรียนมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ภายหลังการใช้ชุดการเรียนสูงกว่าก่อนใช้ชุดการเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยเฉลี่ยร้อยละ 79.94

ทินรัตน์ กาญจนกุญชร (2550: 112) ได้ศึกษาผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้น โดยใช้หลัก “สุ จิ ปุ ลิ” ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และทักษะ/กระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนเตรียมทหาร ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้น โดยใช้หลัก “สุ จิ ปุ ลิ” มีประสิทธิภาพ 80.88/82.57 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้น โดยใช้หลัก “สุ จิ ปุ ลิ” สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะ/กระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้น โดยใช้หลัก “สุ จิ ปุ ลิ” สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ปริญญา สองสีดา (2550: 78) ได้ทำการวิจัยผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4 MAT เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูด การอ่าน การเขียน และโดยรวมของนักเรียนหลังได้รับการเรียนการสอนแบบ 4 MAT สูงกว่าก่อนได้รับการสอนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูด การอ่าน การเขียน และโดยรวมของนักเรียนหลังได้รับการเรียนการสอนแบบ 4 MAT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

จิรากร สำเร็จ (2551: 72) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ แบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) โดยเน้นเทคนิค KWDL ที่มีต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีระดับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) โดยเน้นเทคนิค KWDL สูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการจัดการเรียนรู้ 2 วิธี กับระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลางและต่ำต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพบว่า ผู้เรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่มีระดับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง มีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และผู้เรียนกลุ่มทดลอง ทั้งในกลุ่มที่มีความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์ระดับปานกลางและระดับต่ำมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูงกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จิตติมา ชอบเอียด (2551: 91) ได้ศึกษาการใช้ปัญหาปลายเปิด เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังการใช้ปัญหาปลายเปิดสูงกว่าก่อนการใช้ปัญหาปลายเปิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังการใช้ปัญหาปลายเปิดสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 80.67

จากการศึกษางานวิจัยทั้งต่างประเทศและในประเทศ สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการพูดหรือเขียนอธิบายแลกเปลี่ยนแนวคิดร่วมกับผู้อื่น ทำให้ผู้เรียนเกิดมุมมองในการคิดแก้ปัญหาที่หลากหลายและเรียนรู้อย่างและสนุกสนาน ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนมีทักษะการสื่อสารและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร ตำบลนาเกลือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 10 ห้องเรียน มีจำนวนผู้เรียน 420 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 ของโรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร ตำบลนาเกลือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนผู้เรียน 38 คน โดยใช้การสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยใช้วิธีการทดลองโดยดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 โดยผู้วิจัยดำเนินการสอนเอง ใช้เวลาในการทดลอง 18 คาบๆ ละ 50 นาที โดยทดลองสอน 14 คาบ ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) 2 คาบ และทดสอบหลังเรียน (Post-test) 2 คาบ

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์พื้นฐาน เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ซึ่งมีเนื้อหา ดังนี้

1. สมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 1 คาบ
2. ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 2 คาบ
3. การอ่านและแปลความหมายกราฟของระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 1 คาบ
4. การแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 4 คาบ
5. การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 6 คาบ

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์แบบธรรมสากัจฉา
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
3. แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
4. แบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดและการเขียน

การสร้างและพัฒนาเครื่องมือ มีดังนี้

1. ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์แบบธรรมสากัจฉา เรื่อง สถิติของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.1 ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มัธยมศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการและหลักสูตรของโรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร ตำบลนาเกลือ อำเภอ บางละมุง จังหวัดชลบุรี กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา

1.3 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร ตำบลนาเกลือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี เกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังรายปี สาระการเรียนรู้เพื่อกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่มีความสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา

1.4 กำหนดรูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์แบบธรรมสากัจฉา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย

1.4.1 สาระ

1.4.2 มาตรฐานการเรียนรู้

1.4.3 ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

1.4.4 สาระสำคัญ

1.4.5 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.5.1 ด้านความรู้

1.4.5.2 ด้านทักษะ/กระบวนการ

1.4.5.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

1.4.6 สาระการเรียนรู้

1.4.7 กิจกรรมการเรียนรู้

1.4.7.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เตรียมความพร้อมของผู้เรียน โดยการซักถามสนทนาโต้ตอบระหว่างผู้สอนและผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหาที่จะเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้

1.4.7.2 ขั้นสอน

1.4.7.2.1 แสวงหาความรู้ ผู้สอนกำหนดประเด็นที่เป็นปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้จากเอกสารประกอบการเรียน ตำรา ใบความรู้ สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ ซึ่งผู้สอนเป็นผู้แนะนำและอำนวยความสะดวกในการศึกษาหาความรู้ให้แก่ผู้เรียน

1.4.7.2.2 ค้นพบความรู้ ผู้เรียนฝึกฝนการสร้างแนวคิดเพื่อจับประเด็นสำคัญเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการซักถามและอภิปรายร่วมกับผู้สอนและผู้เรียนคนอื่นๆ โดยครูอาจยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาให้ผู้เรียนพิจารณาวิธีแก้โจทย์ปัญหานั้นทีละขั้นตอน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจขั้นตอนการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอนอย่างถ่องแท้

1.4.7.2.3 รวบรวมความรู้ ผู้เรียนรวบรวมแนวความคิดที่ได้จากการอภิปรายร่วมกับผู้สอนและผู้เรียนคนอื่นๆ มาวิเคราะห์เพื่อเลือกนำไปใช้แก้ปัญหาอย่างถูกต้องและเหมาะสม

1.4.7.2.4 พิสูจน์ความรู้ ผู้เรียนทำกิจกรรมฝึกทักษะจากใบงาน หรือแบบทดสอบที่ผู้สอนได้มอบหมาย โดยนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า ซึ่งผ่านการคิดวิเคราะห์อย่างสมเหตุสมผลมาแล้วไปใช้ในการปฏิบัติจริง เป็นการนำความรู้มาสู่การปฏิบัติ

1.4.7.3 ขั้นสรุปบทเรียน

ผู้เรียนอภิปรายผลที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมไปคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล สามารถค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหาตลอดจนสรุปองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยผู้สอนเพิ่มเติมความรู้ส่วนที่บกพร่องให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

1.4.8 สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1.4.9 ภาระงาน/ชิ้นงาน

1.4.10 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

1.4.11 บันทึกหลังการสอน

1.4.11.1 ผลการสอน

1.4.11.2 ปัญหา/อุปสรรค

1.4.11.3 ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์แล้ว ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา ความชัดเจน และความถูกต้องของจุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรมสื่อการเรียนรู้ และความสอดคล้อง ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับการวัดผลประเมินผล เพื่อนำข้อเสนอมาปรับปรุงแก้ไขเกี่ยวกับความถูกต้องของภาษาที่ใช้และความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับระยะเวลาที่กำหนด

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะเรียบร้อยแล้วเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ตรวจสอบพิจารณาอีกครั้งแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขให้เรียบร้อยเพื่อนำไปใช้ในการวิจัยกับกลุ่มตัวอย่าง

2. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตรสาระการเรียนรู้กลุ่มคณิตศาสตร์ เอกสารประกอบการสอนหนังสือเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลและประเมินผลและวิธีสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2 ศึกษาเนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.3 สร้างตารางวิเคราะห์จุดประสงค์ให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร

2.4 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 40 ข้อ โดยให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความถูกต้อง

2.5 นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผลทางการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดประสงค์ แล้วนำไปตรวจสอบหาความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร IOC และคัดเลือกแบบทดสอบที่ที่ค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป แล้วนำข้อเสนอมาปรับปรุงแก้ไขในการใช้ภาษาในข้อคำถามให้ชัดเจนและกระชับมากขึ้น โดยผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 – 1.00

2.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ตรวจพิจารณาอีกครั้ง แล้วนำไปทดสอบกับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร ตำบลนาเกลือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 100 คนที่เรียนเรื่องระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรผ่านมาแล้ว เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ

2.7 ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบที่ผู้เรียนทำได้ โดยให้ 1 คะแนน สำหรับข้อที่ผู้เรียนตอบถูก และให้ 0 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบเกิน 1 ข้อ

2.8 นำคะแนนที่ได้จาการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้เทคนิค 27% จากตารางวิเคราะห์ข้อสอบของ จุง เตห์ ฟาน (Fan. 1952: 3 – 32)

2.9 คัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่มีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ .20 – .80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป จำนวน 20 ข้อ โดยให้ครอบคลุมกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งผลจากการวิจัยได้ค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง .36 – .79 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง .22 – .80

2.10 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่คัดเลือกแล้ว ไปทดสอบกับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร ตำบลนาเกลือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 100 คน ที่เรียนเรื่องระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ผ่านมาแล้ว และหาความเชื่อมั่นโดยคำนวณจากสูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 215) ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ .86 แล้วนำเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.11 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มาจัดพิมพ์เพื่อนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

3. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

3.1 ศึกษาหนังสือเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์พื้นฐาน เล่ม 1 เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลประเมินผล วิธีการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

3.2 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร

3.3 สร้างแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่องระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร แบบอัตนัย จำนวน 12 ข้อ โดยสร้างให้มีความสอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้แล้ว นำไปเสนอประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสม แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขเกี่ยวกับการใช้ภาษาในโจทย์ปัญหา ให้มีความถูกต้องและชัดเจน

3.4 นำแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่องระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร แบบอัตนัย จำนวน 12 ข้อ ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์แล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์และด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม โดยพิจารณาจากค่า IOC $\geq$ .50 แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขโดยผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 – 1.00

3.5 นำแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ได้ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองกับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่4 โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร ตำบลนาเกลือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ที่เรียนเรื่องระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร มาแล้ว จำนวน 100 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ

3.6 ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบอัตนัยที่นักเรียนทำได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดและเกณฑ์การให้คะแนนที่ วรรณศิริ หลงรัก (2553: 97) ปรับปรุงขึ้น โดยนำหลักการวัดและเกณฑ์ต่างๆ มาประยุกต์ใช้ให้มีความเหมาะสมกับลักษณะงานของผู้วิจัย แล้วนำไปปรับปรุงการให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยง และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ดังแสดงใน ตาราง 2 – 3

ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
4	นำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์/สาระอื่น/ในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องหรือประยุกต์ใช้ได้อย่างสอดคล้องเหมาะสม
3	นำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์/สาระอื่น/ในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาได้เป็นส่วนใหญ่
2	นำความรู้ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์/สาระอื่น/ในชีวิตประจำวัน ได้บางส่วน
1	นำความรู้ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเชื่อมโยงยังไม่เหมาะสม แต่มีความพยายามในการเขียนอธิบาย
0	ไม่มีการเชื่อมโยงเลย

ตาราง 3 เกณฑ์การให้คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
4	เขียนอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหาโดยใช้ภาษา สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความได้ถูกต้องทั้งหมด นำเสนอการแก้ปัญหาตามลำดับขั้นตอน ชัดเจน และมีรายละเอียดสมบูรณ์
3	เขียนอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหาโดยใช้ภาษา สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความได้ถูกต้อง นำเสนอการแก้ปัญหาตามลำดับขั้นตอน ชัดเจน แต่ขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์
2	เขียนอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหาโดยใช้ภาษา สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความได้บางส่วน นำเสนอการแก้ปัญหาตามลำดับขั้นตอนได้ชัดเจนบางส่วน
1	ใช้ภาษา สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความไม่ถูกต้อง แต่มีความพยายามในการเขียนอธิบาย
0	ไม่มีร่องรอยในการนำเสนอใดๆ

3.7 ตรวจแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่นำไปทดลองแล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยาก (P_E) และหาค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอัตนัยของวิทนีย์และ ซาเบอร์ส (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 199 – 200) โดยคัดเลือกข้อสอบวัดทักษะการเชื่อมโยง และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยคัดเลือกปัญหาที่มีค่าความยาก (P_E) อยู่ระหว่าง .20 – .80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป จำนวน 6 ข้อ โดยให้ครอบคลุมกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งผลจากการวิจัยได้ค่าความยาก (P_E) อยู่ระหว่าง .49 – .66 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง .39 – .58

3.8 นำแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ จำนวน 6 ข้อ ที่คัดเลือกแล้วไปทดสอบกับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร ตำบลนาเกลือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 100 คน ที่เรียนเรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรมาแล้ว เพื่อหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha - Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) (Wiersma; &Jurs. 1985: 162) โดยได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ .94 แล้วนำแบบทดสอบที่หาค่าความเชื่อมั่นที่ได้ ไปเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์เพื่อนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

4. แบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดและการเขียน

แบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบสังเกตพฤติกรรมด้านการพูดและการเขียน โดยผู้วิจัยศึกษาแนวคิดการพัฒนาทักษะ/กระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนนของกรมวิชาการ (2546: 133 – 148) และแบบสังเกตและเกณฑ์การวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ จิตติมา ชอบเอียด (2551: 75 – 81) ปรับปรุงขึ้น โดยนำหลักการวัดและเกณฑ์ต่างๆ

มาประยุกต์ใช้ให้มีความเหมาะสมกับลักษณะงานของผู้วิจัย ซึ่งมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

4.1 ศึกษาหลักการและวิธีการในการสร้างแบบประเมินทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง

4.2 สร้างแบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดและด้านการเขียน โดยมีวิธีการประเมิน ดังแสดงใน ตาราง 4

ตาราง 4 วิธีการประเมินแบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดและด้านการเขียน

แบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	วิธีการประเมิน
ด้านการพูด	ผู้สอนและผู้ช่วยวิจัยสังเกตพฤติกรรมและบันทึกคะแนนลงในแบบสังเกตการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดที่แสดงถึงทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดของผู้เรียนจากการปฏิบัติกิจกรรมทางการสื่อสารในกิจกรรมช่วงการแสดงความคิดเห็น การอภิปราย และการนำเสนอ
ด้านการเขียน	ผู้สอนและผู้ช่วยวิจัยประเมินและบันทึกคะแนนลงในแบบสังเกตการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน จากผลงานการเขียนขั้นตอนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และกระบวนการสื่อสารด้านการเขียนของผู้เรียนที่เกิดขึ้นจากการทำใบงาน

โดยแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จะมีเกณฑ์ในการวัดเกี่ยวกับระดับการปฏิบัติกิจกรรมทางการสื่อสารจากการปฏิบัติของผู้เรียนที่เกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมการเรียนการรู้ จากนั้นนำคะแนนดิบ (ผลรวมคะแนนด้านการพูดและการเขียน) มาวิเคราะห์เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด โดยใช้สถิติสำหรับการวิเคราะห์แบบ t–test for One Sample

4.3 นำแบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดและด้านการเขียน พร้อมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการสื่อสารด้านการพูดและด้านการเขียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้ประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์พิจารณา ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำชี้แนะจากประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

4.4 นำแบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้านการพูดและด้านการเขียน พร้อมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการสื่อสาร ด้านการพูดและด้านการเขียนที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำชี้แนะจากประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์แล้ว ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ และด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา ตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหาและความเที่ยงตรงในการประเมิน

แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำชี้แนะจากผู้เชี่ยวชาญ

4.5 นำแบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้านการพูดและด้านการเขียน พร้อมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการสื่อสารด้านการพูดและด้านการเขียนที่ผ่านการแก้ไข เรียบร้อยแล้ว ไปทดลองใช้ประเมินทักษะการสื่อสาร เพื่อปรับปรุงด้านภาษาและให้เป็นแบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่สมบูรณ์สำหรับนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ตัวอย่างแบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูด

พฤติกรรมที่สังเกต	เกณฑ์คะแนน				
	4	3	2	1	0
พูดอธิบายแนวคิดของตนเองให้บุคคลอื่นเข้าใจให้อย่างถูกต้อง					
พูดอธิบายโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง					
พูดสรุปตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ชัดเจน					

เกณฑ์การวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูด

1. พูดอธิบายแนวคิดของตนเองให้บุคคลอื่นเข้าใจได้

คะแนน/ความหมาย	ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ปรากฏให้เห็น
4 / ดีมาก	พูดอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบได้สอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่โจทย์ต้องการทราบได้อย่างถูกต้องทั้งหมด
3 / ดี	พูดอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบได้สอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่โจทย์ต้องการทราบได้อย่างถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
2 / พอใช้	พูดอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบได้สอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่โจทย์ต้องการทราบได้อย่างถูกต้องบางส่วน
1 / ควรปรับปรุง	พูดอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบไม่สอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่โจทย์ต้องการทราบ แต่มีความพยายามในการพูดอธิบาย
0 / ไม่พยายาม	ไม่สามารถพูดอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนได้หรือไม่แสดงความพยายามในการสื่อสารเลย

2. พูดอธิบายโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง

คะแนน/ความหมาย	ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ปรากฏให้เห็น
4 / ดีมาก	พูดอธิบายโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์
3 / ดี	พูดอธิบายโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์เป็นส่วนใหญ่
2 / พอใช้	พูดอธิบายโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์บางส่วน
1 / ควรปรับปรุง	พูดอธิบายโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง แต่มีความพยายามในการพูดอธิบาย
0 / ไม่พยายาม	ไม่พูดอธิบายหรือแสดงความพยายามในการสื่อสารเลย

3. ความชัดเจนในการพูดสรุปตามสถานการณ์ที่กำหนด

คะแนน / ความหมาย	ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ปรากฏให้เห็น
4 / ดีมาก	พูดสรุปได้อย่างถูกต้องทั้งหมดและชัดเจนตามสถานการณ์ที่กำหนด
3 / ดี	พูดสรุปได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
2 / พอใช้	พูดสรุปได้ถูกต้องบางส่วน
1 / ควรปรับปรุง	พูดสรุปไม่ถูกต้อง แต่มีความพยายามในการพูดอธิบาย
0 / ไม่พยายาม	ไม่พูดสรุปตามสถานการณ์ที่กำหนด

ตัวอย่างแบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน

พฤติกรรมที่สังเกต	เกณฑ์คะแนน				
	4	3	2	1	0
เขียนอธิบายเพื่อสื่อความหมายแนวความคิดในการหาคำตอบ					
เขียนอธิบายโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง					
เขียนสรุปตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ชัดเจน					

เกณฑ์การวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน

1. เขียนอธิบายเพื่อสื่อความหมายแนวความคิดในการหาคำตอบ

คะแนน/ความหมาย	ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ปรากฏให้เห็น
4 / ดีมาก	เขียนอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบได้สอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่โจทย์ต้องการทราบได้อย่างถูกต้องทั้งหมด
3 / ดี	เขียนอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบได้สอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่โจทย์ต้องการทราบได้อย่างถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
2 / พอใช้	เขียนอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบได้สอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่โจทย์ต้องการทราบได้อย่างถูกต้องบางส่วน
1 / ควรปรับปรุง	เขียนอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบไม่สอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่โจทย์ต้องการทราบ แต่มีความพยายามในการพูดอธิบาย
0 / ไม่พยายาม	ไม่ปรากฏร่องรอยการเขียนอธิบาย

2. เขียนอธิบายโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง

คะแนน/ความหมาย	ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ปรากฏให้เห็น
4 / ดีมาก	เขียนอธิบายโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์
3 / ดี	เขียนอธิบายโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์เป็นส่วนใหญ่
2 / พอใช้	เขียนอธิบายโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์บางส่วน
1 / ควรปรับปรุง	เขียนอธิบายโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง แต่มีความพยายามในการพูดอธิบาย
0 / ไม่พยายาม	ไม่ปรากฏร่องรอยการเขียนอธิบาย

3. ความชัดเจนในการเขียนสรุปตามสถานการณ์ที่กำหนดได้

คะแนน/ความหมาย	ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ปรากฏให้เห็น
4 / ดีมาก	เขียนสรุปได้อย่างถูกต้องทั้งหมดและชัดเจนตามสถานการณ์ที่กำหนด
3 / ดี	เขียนสรุปได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
2 / พอใช้	เขียนสรุปได้ถูกต้องบางส่วน
1 / ควรปรับปรุง	เขียนสรุปไม่ถูกต้อง แต่มีความพยายามในการพูดอธิบาย
0 / ไม่พยายาม	ไม่ปรากฏร่องรอยการเขียนอธิบาย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อพัฒนาและทดลองแบบกลุ่มเดียว คือ เลือกกลุ่มตัวอย่างมาหนึ่งกลุ่ม แล้วทำการทดสอบก่อนทำการทดลอง แล้วหาค่าเฉลี่ย จึงทดลองแล้วทำการทดสอบอีกครั้งและหาค่าคะแนนเฉลี่ย จากนั้นนำมาทดสอบสมมติฐานหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยค่าสถิติ t-test ซึ่งใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One-Group Pretest-Posttest Design มีลักษณะดังตาราง 5

ตาราง 5 แบบแผนการวิจัย

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E แทน กลุ่มทดลอง

X แทน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา

T_1 แทน การสอบก่อนการทดลอง (Pre-test)

T_2 แทน การทดสอบหลังการทดลอง (Post-test)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอน ดังนี้

1. ขอความร่วมมือกับโรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร ตำบลนาเกลือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ที่ทำการทดลองสอนซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการทดลองสอนด้วยตนเองด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรของผู้เรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. ชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างทราบถึงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร เพื่อให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติตนถูกต้อง

3. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาทดสอบกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างแล้วบันทึกคะแนนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับจากการทดสอบครั้งนี้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้เวลา 2 คาบ

4. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น โดยใช้เวลาสอน 14 คาบ โดยผู้วิจัยทำการสังเกตพฤติกรรมและบันทึกคะแนนที่แสดงถึงทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้านการพูดและด้านการเขียนของนักเรียน

5. เมื่อดำเนินการสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้เรียบร้อยแล้ว ทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกับที่ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) อีกครั้ง ใช้เวลา 2 คาบ และบันทึกผลการทดสอบให้เป็นคะแนนหลังเรียน (Post-test)

6. เมื่อตรวจให้คะแนนแบบทดสอบแล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ เพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) คำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 306)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) โดยคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 308)

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

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละตัวยกกำลัง

$\left(\sum X\right)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N แทน จำนวนผู้เรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

2.1.1 หาค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 248-249)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.1.2 วิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สำหรับข้อสอบปรนัย โดยใช้เทคนิค 27% จากตารางวิเคราะห์ข้อสอบของ จุง เตห์ ฟาน (Fan. 1952: 3 – 32)

2.1.3 หาความเชื่อมั่น (Reliability) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สำหรับข้อสอบตามสูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) จากโปรแกรมสำเร็จรูป B-Index; & Non 0 – 1 Method (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 215)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1-\frac{\sum pq}{S_t^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ
p แทน สัดส่วนของผู้ที่ทำได้ในข้อหนึ่งๆหรือจำนวนคนที่ทำถูกทั้งหมด
q แทน สัดส่วนผู้ที่ทำผิดในข้อหนึ่งๆ คือ 1 – p
S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือฉบับนี้

2.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

2.2.1 หาค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 248 – 249)

2.2.2 ค่าความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สำหรับข้อสอบอัตนัย โดยคำนวณจากสูตรของ วิทนี่ และ ซาเบอร์

(Whitney, D.R.; & Sabers, D.L. 1970) ได้เสนอไว้ดังนี้ (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 199 – 200)

ค่าความยาก (P_E)

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

เมื่อ P_E แทน ดัชนีค่าความยาก

S_U แทน ผลรวมของคะแนนของผู้เรียนกลุ่มเก่ง

S_L S_L แทน ผลรวมของคะแนนของผู้เรียนกลุ่มอ่อน

$X_{\max}$ แทน คะแนนที่ผู้เรียนทำได้สูงสุด

$X_{\max}$ แทน คะแนนที่ผู้เรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนผู้เรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

ดัชนีค่าอำนาจจำแนก (D)

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

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนก

S_U แทน ผลรวมของคะแนนของผู้เรียนกลุ่มเก่ง

S_L S_L แทน ผลรวมของคะแนนของผู้เรียนกลุ่มอ่อน

$X_{\max}$ แทน คะแนนที่ผู้เรียนทำได้สูงสุด

$X_{\max}$ แทน คะแนนที่ผู้เรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนผู้เรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.2.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สำหรับข้อสอบอัตนัย โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha - Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) (Wiersma; & Jurs. 1985: 162)

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

เมื่อ α แทน ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น

k แทน จำนวนข้อในแบบทดสอบ

σ_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนเป็นรายข้อ

σ^2 σ^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนของเครื่องมือทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

3.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา โดยใช้สูตร t-test for Dependent Samples (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 248)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N\sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}{N-1}}} ; \mathrm{df} = \mathrm{N} - 1$$

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาใน t – distribution

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา

$\sum D^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา

N แทน จำนวนผู้เรียนในกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์ (ร้อยละ 70) โดยใช้สูตร t-test for One Sample (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 248)

$$\mathrm{t} = \frac{\overline{\mathrm{X}} - \mu_0}{\frac{\mathrm{S}}{\sqrt{\mathrm{N}}}} ; \mathrm{df} = \mathrm{N} - 1$$

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาใน t – distribution

$\overline{\mathrm{X}}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 แทน ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์ (μ_0 = 70)

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

N แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ใช้สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\overline{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง
S	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
k	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบ
μ_0	แทน	ค่าเฉลี่ยมาตราฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์
t	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณาใน t – distribution
**	แทน	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Sample

2. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample

3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Sample

4. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample

5. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Sample

6. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาทดลอง ตามแผนการทดลองแบบ One – Group Pretest – Posttest Design ข้อมูลที่ได้สามารถแสดงค่าสถิติ โดยจำแนกตามตัวแปรที่ศึกษาได้ ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ก่อนและหลังการทดลอง โดยการนำผลต่างรายคู่ ระหว่างคะแนนก่อนและหลังการทดลองมาเปรียบเทียบ โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Sample ปรากฏผลดังตาราง 6

ตาราง 6 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา

การทดสอบ	N	k	$\overline{X}$	S	t
ก่อนการทดลอง	38	20	7.66	1.86	26.51**
หลังการทดลอง	38	20	15.50	1.20	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 6 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้น

2. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป โดยใช้สถิติ t-test for One Sample ปรากฏผลดังตาราง 7

ตาราง 7 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์

การทดสอบ	N	k	$\overline{X}$	S	μ_0 (70%)	t
หลังการทดสอบ	38	20	15.50	1.20	14	7.69**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 7 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ย 15.50 คิดเป็นร้อยละ 77.50

3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Sample

ตาราง 8 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาก่อนและหลังการทดลอง

การทดสอบ	N	k	$\overline{X}$	S	t
ก่อนการทดลอง	38	24	7.79	1.99	29.95**
หลังการทดลอง	38	24	18.74	1.16	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 8 พบว่า คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาทำให้นักเรียนมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น

4. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample

ตาราง 9 ผลการเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์

การทดสอบ	N	k	$\overline{X}$	S	μ_0 (70%)	t
หลังการทดสอบ	38	24	18.74	1.16	16.80	10.78**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 9 พบว่า คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ทำให้นักเรียนมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น โดยมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เฉลี่ย 18.74 คิดเป็นร้อยละ 78

5. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Sample

ตาราง 10 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาก่อนและหลังการทดลอง

การทดสอบ	N	k	$\overline{X}$	S	t
ก่อนการทดลอง	38	144	71.05	5.89	28.37**
หลังการทดลอง	38	144	103.45	2.82	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 10 พบว่า คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ทำให้นักเรียนมีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น

6. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample

ตาราง 11 ผลการเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์

การทดสอบ	N	k	$\bar{x}$	S	μ_0 (70%)	t
หลังการทดสอบ	38	144	103.45	2.82	100.80	. 5.76**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 11 พบว่า คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ทำให้นักเรียนมีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น โดยมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เฉลี่ย 103.45 คิดเป็นร้อยละ 71.84

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ก่อนและหลังการทดลอง
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์
3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาก่อนและหลังการทดลอง
4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์
5. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาก่อนและหลังการทดลอง
6. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉากับเกณฑ์

สมมติฐานในการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรม
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป
3. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรม
4. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป
5. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรม

6. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร ตำบลนาเกลือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 10 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 420 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร ตำบลนาเกลือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 38 คน ซึ่งได้มาโดยใช้การสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์แบบธรรมสากัจฉา
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยมีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง .36 – .79 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง .22 – .80 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .86
3. แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ โดยมีค่าความยาก (P_E) อยู่ระหว่าง .49 – .66 ค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง .39 – .58 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .94
4. แบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดและการเขียน จำนวน 6 ข้อ

วิธีดำเนินการทดลอง

1. ขอความร่วมมือกับโรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร ตำบลนาเกลือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ที่ทำการทดลองสอนซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการทดลองสอนด้วยตนเองด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมกัจฉา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. ชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างทราบถึงการจัดการเรียนรู้แบบธรรมกัจฉา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร เพื่อให้นักเรียนได้ปฏิบัติตนถูกต้อง
3. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาทดสอบกับ

นักเรียนกลุ่มตัวอย่างแล้ว บันทึกคะแนนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับจากการทดสอบครั้งนี้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้เวลา 2 คาบ

4. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมกัจฉา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น โดยใช้เวลาสอน 14 คาบ

5. เมื่อดำเนินการสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้เรียบร้อยแล้ว ทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกับที่ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) อีกครั้ง ใช้เวลา 2 คาบ และบันทึกผลการทดสอบให้เป็นคะแนนหลังเรียน (Posttest)

6. เมื่อตรวจให้คะแนนแบบทดสอบแล้ว นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ เพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ใช้ค่าสถิติ t-test for Dependent Sample เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา

2. ใช้ค่าสถิติ t-test for One Sample เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์กับเกณฑ์ (ร้อยละ 70)

สรุปผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

6. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิปรายผล

ผลการทดลองการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขั้นตอนของการสอนแบบธรรมสากัจฉาแต่ละขั้นตอน จะมุ่งให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การอภิปรายปัญหา การแสวงหาเหตุผลโดยการแลกเปลี่ยนแนวความคิดซึ่งกันและกัน ระหว่างนักเรียนและผู้สอน วิธีสอนแบบนี้เป็นวิธีสอนที่มุ่งให้นักเรียนพัฒนาทักษะกระบวนการคิด รู้จักคิดวิเคราะห์และประเมินค่าจากสิ่งที่ได้เรียนรู้ และจัดระบบความคิดเพื่อนำไปสู่การสรุปความคิดรวบยอดด้วยตนเอง ในการทดลองผู้วิจัยกำหนดขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามลำดับดังนี้ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เตรียมความพร้อมของนักเรียน โดยการซักถาม สนทนาโต้ตอบระหว่างผู้สอนและนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาที่จะเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้การแสวงหาความรู้ ผู้สอนกำหนดประเด็นที่เป็นปัญหา เพื่อให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้จากเอกสารประกอบการเรียน ตำรา ใบความรู้ สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ ซึ่งผู้สอนเป็นผู้แนะนำและอำนวยความสะดวกในการศึกษาหาความรู้ให้แก่นักเรียน เพื่อฝึกฝนให้นักเรียนเป็นผู้มีความใฝ่เรียนใฝ่รู้ การค้นพบความรู้ ได้แก่ การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกฝนการสร้างแนวคิดเพื่อจับประเด็นสำคัญเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการซักถามและอภิปรายร่วมกับผู้สอนและนักเรียนคนอื่นๆ โดยผู้สอนอาจยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา ให้นักเรียนพิจารณาวิธีแก้โจทย์ปัญหานั้นทีละขั้นตอน โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจขั้นตอนการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอนอย่างถ่องแท้ การรวบรวมความรู้ โดยนักเรียนรวบรวมรวบรวมแนวความคิดที่ได้จากการอภิปรายร่วมกับผู้สอนและนักเรียนคนอื่นๆ มาวิเคราะห์เพื่อเลือกนำไปใช้แก้ปัญหาอย่างถูกต้องและเหมาะสม การพิสูจน์ความรู้ โดยนักเรียนทำกิจกรรมฝึกทักษะจากใบงานหรือแบบทดสอบที่ผู้สอนได้มอบหมาย โดยนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า ซึ่งผ่านการคิดวิเคราะห์อย่างสมเหตุสมผลมาแล้วไปใช้ในการปฏิบัติจริง และขั้นตอนสุดท้ายคือขั้นสรุปบทเรียน นักเรียนอภิปรายผลที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมไปคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล สามารถค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหาตลอดจนสรุปองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยผู้สอนเพิ่มเติมความรู้ส่วนที่บกพร่องให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ไชยา เพชรพิมล (2547: 117) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบธรรมสากัจฉามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติและนักเรียนมีความคิดเห็นต่อวิธีสอนแบบธรรมสากัจฉา ในระดับที่เห็นด้วยมากที่สุด และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภัทรรัตน์ แสงเดือน (2553: 92 – 93) ได้ศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้น

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

ขั้นตอนของการสอนแบบธรรมสากัจฉา แต่ละขั้นตอนมุ่งให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การอภิปรายปัญหา การแสวงหาเหตุผล โดยค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งต่างๆ โดยครูมีบทบาทเป็นที่ปรึกษาให้กับนักเรียนโดยช่วยแนะนำแหล่งการเรียนรู้ หรือตอบข้อสงสัยให้ความกระจ่างแก่นักเรียน นักเรียนได้ฝึกฝนการใช้ทักษะในการแก้ปัญหาจากประเด็นความรู้ที่ได้ศึกษาค้นคว้ามา แล้วนำมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน แล้วสรุปความคิดรวบยอดเพื่อนำไปประพฤติปฏิบัติในการแก้ปัญหาในชั้นเรียนหรือในชีวิตประจำวัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดุษฎี สีตลวรางค์ (2524: 70) ซึ่งพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบธรรมสากัจฉาสูงกว่ากลุ่มที่เรียนจากวิธีสอนแบบไตรสิกขา เพราะวิธีสอนแบบธรรมสากัจฉาซึ่งเน้นการสนทนาซักถามเหมาะสมกับวัยของผู้เรียนซึ่งชอบการสนทนาซักถาม ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของเพรสคอตต์ (Prescott. 1961: 14 – 16) ว่าองค์ประกอบทางความสัมพันธ์ในเพื่อนวัยเดียวกัน ได้แก่ ความสัมพันธ์ของนักเรียนกับเพื่อนวัยเดียวกันทั้งที่บ้านและที่โรงเรียนมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยขั้นตอนของการสอนแบบธรรมสากัจฉาแต่ละขั้นตอนช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวความคิดของตนเอง โดยการสนทนาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น แล้วคิดวิเคราะห์และประเมินค่า เพื่อนำความรู้หรือแนวคิดที่ได้ไปปรับปรุงเพื่อใช้ให้เหมาะสมกับตนเอง และสถานการณ์ต่างๆ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงมีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 โดยมีค่าที (t-test for Dependent Sample) เท่ากับ 29.95 และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 โดยมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 78 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาผู้วิจัยสร้างขึ้นได้ผ่านการปรับปรุงแก้ไข ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามรูปแบบธรรมสากัจฉา ซึ่งการสอนแบบธรรมสากัจฉาในแต่ละขั้นตอนมุ่งให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการเรียนรู้ มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การอภิปรายปัญหา การแสวงหาเหตุผล คัดค้านหรือคล้อยตาม เพื่อหาวิธีในการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์หรือสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน จนสรุปเป็นแนวคิดที่นำไปใช้ได้จริง จึงทำให้นักเรียนมีการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น และนักเรียนจะต้องปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเอง มีการอภิปรายผลภายในกลุ่ม ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้สิ่งต่างๆ จากเพื่อนได้มากมาย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ นิโคล และ เครสโป (Nicol; & Crespo. 2005: 240 – 251) พบว่า การค้นหาคณิตศาสตร์จากสถานที่ทางจินตนาการ โดยการทบทวนหาแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ การศึกษาดังกล่าวมีความมุ่งหมายที่จะแลกเปลี่ยนความคิด เพื่อที่จะหาหนทางในการทำให้

คณิตศาสตร์มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน ไม่เพียงแค่เข้าใจในเรื่องทักษะ วิธีการ มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เท่านั้น ยังเป็นการทำให้ผู้เรียน มีความเฉลียวฉลาดในการคิดมากยิ่งขึ้น มีการใช้คณิตศาสตร์มาประยุกต์กับชีวิตประจำวัน และมีความเห็นเรื่องการเรียนคณิตศาสตร์ภายในโรงเรียนที่ต้องเชื่อมโยงกับงานต่างๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันตามความหลากหลายของอาชีพ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรรณศิริ หลงรัก (2553: 121) ที่พบว่า ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนภายหลังจากการเรียนรู้โดยกิจกรรมการเรียนรู้ด้านบริบท (Contextual Learning) ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงมีผลทำให้ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

4. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 5 โดยมีค่าที (t-test for Dependent Sample) เท่ากับ 28.37 และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 6 โดยมีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 71.84 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน เช่น พูดคุยเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน พูดคุยถึงวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งในการปฏิบัติกิจกรรมนักเรียนทุกคนจะได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น ฝึกฝนการใช้ภาษาและสัญลักษณ์เพื่ออธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนให้ผู้อื่นทราบ โดยอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาร่วมกับเพื่อนนักเรียนในกลุ่มเดียวกันและการอภิปรายหน้าชั้นเรียน ซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนมีพัฒนาการในด้านการสื่อสารโดยใช้ทั้งภาษาพูดและภาษาเขียนเพื่อสื่อสารแนวคิดของตนเองกับผู้อื่น สอดคล้องกับสภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 270 – 272) กล่าวไว้ว่า ครูจะต้องจัดสภาพห้องเรียนที่เอื้อต่อการส่งเสริมให้นักเรียนมีการอธิบาย การถกเถียง การอภิปราย และการใช้เหตุผล เป็นวิธีที่ทำให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กัน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ค้นหาปัญหาร่วมกัน รวมถึงการให้คำแนะนำจากครู การให้นักเรียนมีการอธิบาย การถกเถียง การอภิปราย และการใช้เหตุผล เป็นวิธีที่ทำให้นักเรียนได้มีการสื่อสาร ทำให้เกิดการเรียนรู้ รวมทั้งกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการซักถามโต้แย้งอย่างมีเหตุผล เพื่อค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกฝนการเป็นผู้รับสารที่ดีคือ รับฟังผู้อื่นและคิดอย่างมีวิจารณญาณถึงเหตุและผลก่อนที่จะตัดสินใจยอมรับเชื่อถือ และเป็นผู้ส่งสารที่ดี คือ สื่อสารโดยถ่ายทอดหลักวิธีคิดของตนด้วยเหตุผลและภาษาที่ถูกต้อง ชัดเจน เพื่อให้ผู้รับสารเข้าใจได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิตติมา ชอบเอียด (2551: 91) พบว่า ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้โดยการใช้ปัญหาปลายเปิดสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉายังส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูด และด้านการเขียน โดยให้นักเรียนได้สรุปองค์ความรู้ที่ได้รับผ่านการทำแบบทดสอบ การนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน การสนทนาแลกเปลี่ยนความรู้ และความคิดเห็นในสถานการณ์ต่างๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทินรัตน์ กาญจนกุญชร (2550: 112) พบว่า ทักษะ/กระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์

หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้หลัก “สุ จิ ปุ ลิ” สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงมีผลทำให้ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ข้อสังเกตจากการวิจัย

1. ในกิจกรรมการเรียนรู้คาบแรกๆ นักเรียนมีการสื่อสารทางคณิตศาสตร์น้อยมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนไม่คุ้นเคยต่อรูปแบบการจัดกิจกรรม ไม่กล้าแสดงความคิดเห็น แต่เมื่อครูผู้สอนคอยช่วยให้คำแนะนำหรือกล่าวชมเชย ทำให้นักเรียนมีความมั่นใจ และกล้าพูดกล้าแสดงออกมากขึ้น

2. นักเรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นในการปฏิบัติกิจกรรมที่มีความเกี่ยวข้องกับตนเอง เช่น สถานการณ์ที่นักเรียนเคยพบในชีวิตประจำวัน

3. นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย สังเกตได้จากการอภิปรายหน้าชั้นเรียน ทำให้นักเรียนคนอื่นๆ ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ส่งผลให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดได้ง่ายขึ้น

4. การให้นักเรียนได้นำเสนอผลงานของตนหลังทำกิจกรรมและการสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ทราบถึงความก้าวหน้าและทำให้ทราบข้อบกพร่องต่างๆ ของนักเรียน ซึ่งทำให้ครูให้คำแนะนำเพื่อให้นักเรียนนำไปปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะที่จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนและการศึกษาค้นคว้าต่อไป

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ผู้สอนควรทำความเข้าใจขั้นตอนการสอนแต่ละขั้นเป็นอย่างดี และก่อนการเรียนการสอนในชั่วโมงแรก ผู้สอนควรทำความเข้าใจกับนักเรียนสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาและการให้คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้านการพูดและด้านการเขียนของนักเรียน

1.2 ผู้สอนควรมีความอดทนในการรอฟังการอภิปราย และการแสดงความคิดเห็นของนักเรียนเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อย่างเต็มที่

1.3 ผู้สอนควรให้กำลังใจเมื่อนักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ได้สำเร็จถูกต้อง เช่น ปรบมือ ชมเชย ให้รางวัล เพื่อให้นักเรียนเกิดความมั่นใจและกล้าคิดกล้าแสดงออกมากขึ้น

1.4 ควรมีกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายและเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติร่วมกัน พร้อมทั้งมีสื่อการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้อย่างสนุกสนานและเห็นคุณประโยชน์ของวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น

1.5 กิจกรรมบางกิจกรรมต้องใช้เวลาค่อนข้างมาก ครูควรจัดสรรเวลาให้เหมาะสมกับแต่ละกิจกรรม หรืออาจมอบหมายบางกิจกรรมเป็นการบ้านให้นักเรียนค่อยๆ ฝึกฝนการคิดอย่างไม่เร่งรีบจนเกินไป

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์อื่นๆ เช่น อัตราส่วน สถิติ ความน่าจะเป็น ฯลฯ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนกับชีวิตจริง สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

2.2 ควรนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา ไปใช้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบอื่น เช่น การจัดการเรียนรู้แบบระดมสมอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิด การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ฯลฯ

2.3 ควรศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาที่มีต่อตัวแปรอื่น เช่น ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมวิชาการ. (2544). *ทิศทางของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหลักสูตร โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

----------. (2545ก). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. ใน *เอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.).

----------. (2545ข). *หนังสือสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.).

----------. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ (ร.ส.พ.).

กระทรวงศึกษาธิการ. (2514). *พระไตรปิฎกฉบับหลวง เล่มที่ 19*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์กรมศาสนา.

กิดานันท์ มลิทอง. (2543). *เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

กิติมา สุรสนธิ. (2541). *ความรู้ทางการสื่อสาร*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ไขศรี พานิกุล. (2546). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการใช้เหตุผลเชิงจริยธรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนเรื่องหลักธรรมในพุทธศาสนา โดยการสอนแบบไตรสิกขากับการสอนแบบธรรมสากัจฉา*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

จิตติมา ชอบเอียด. (2551). *การใช้ปัญญาปลายเปิดเพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

จิรากร สำเร็จ. (2551). *ผลการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์แบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) โดยเน้นเทคนิค KWDL ที่มีต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีระดับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกัน*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ไชยา เพชรพิมล. (2547). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย การพินิจวรรณกรรมนวนิยายไทยรางวัลซีไรต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีสอนแบบธรรมสากัจฉากับวิธีสอนแบบปกติ*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอนภาษาไทย). นครปฐม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร. ถ่ายเอกสาร.

ดวงเดือน อ่อนน่วม และคนอื่นๆ. (2547). ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมาตรฐานและสาระการเรียนรู้กลุ่มคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. ใน *ประมวลบทความหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.

ดุษฎี สีตลวรางค์. (2524). *การเปรียบเทียบวิธีสอนแบบไตรสิกขาและธรรมสากัจฉาในการสอนเบญจศีลและฆราวาสธรรม ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ทัศนีย์ กระต่ายอินทร์; และ สุภิตร อนุศาสตร์. (2542). หน่วยที่ 1 การสื่อสาร. ใน *เอกสารประกอบการเรียนวิชาภาษาไทยเพื่อการสื่อสารและการสืบค้น*. ลพบุรี: ภาควิชาภาษาไทยและบรรณารักษ์ศาสตร์ ศูนย์การพิมพ์สถาบันราชภัฏเทพสตรี.

ทินรัตน์ กาญจนกุญชร. (2550). *ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้นโดยใช้หลัก "สุ จิ ปุ ลิ" ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และทักษะ/กระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ทิศนา แขมมณี. (2545). *กลุ่มสัมพันธ์เพื่อการทำงานและการจัดการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: นิชินแอดเวอร์ไทซิ่งกรุ๊ป.

เทอดเกียรติ วงศ์สมบูรณ์. (2547). *กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงเรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

นิภา เมธาวีชัย. (2536). *การประเมินผลการเรียน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สถาบันราชภัฏธนบุรี.

บุญศรี ปราบณศักดิ์; และ ศิริพร จิรวัฒน์กุล. (2538). *การสื่อสารเพื่อคุณภาพการพยาบาล*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุศรา อิ่มทรัพย์. (2551). *ผลการใช้สื่อประสมเรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ประกิจ รัตนสุวรรณ. (2525). *การวัดและการประเมินผลทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ประไพศรี ศิริวงศ์. (2540). *การใช้วิธีสอนแบบธรรมสากัจฉาเพื่อพัฒนาความคิดรวบยอดของนักเรียนในวิชาภาษาไทย ท 503*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน). นนทบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. ถ่ายเอกสาร.

ประสาร ทองภักดี. (2526). กลวิธีสอนตามแนวพุทธศาสตร์. ใน *ศึกษาศาสตร์ตามแนวพุทธศาสตร์ ภาคที่ 2 ระบบการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ.

ปริญญา สองสีดา. (2550). *ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4 MAT เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ปริยทิพย์ บุญคง. (2546). *การศึกษาปัจจัยบางประการที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

พงศ์รัศมิ์ เฟื่องฟู. (2545). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ในการเรียน เรื่อง การอุปนัยเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

พรสวรรค์ จรัสรุ่งชัยสกุล. (2547). *การพัฒนาชุดการเรียน เรื่อง เมทริกซ์และดีเทอร์มินันท์ โดยใช้หลักการเรียนเพื่อรอบรู้ เพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

พระธรรมปิฎก (ประยุทธ์ ปยุตฺโต). (2544). *พุทธวิธีในการสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สหธรรมิก.

พิณสุดา สิริธรังศรี. (2552). *รายงานการวิจัย เรื่อง ภาพการศึกษาไทยในอนาคต 10 – 20 ปี*. กรุงเทพฯ: สำนักนโยบายและแผนการศึกษา สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

ไพศาล หวังพานิช. (2526). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ภัทรรัตน์ แสงเดือน. (2553). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความตระหนักในการรู้คิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

มณฑล ใบบัว. (2536). *หลักการและทฤษฎีการสื่อสาร*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

มยุรี บุญเยี่ยม. (2545). *การพัฒนาชุดการเรียน เรื่อง "ความน่าจะเป็น" โดยใช้วิธีการแก้ปัญหา เพื่อส่งเสริมความตระหนักในการรู้คิด ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. (2552). *องค์ประกอบของการสื่อสาร*. สืบค้นเมื่อ 12 กรกฎาคม 2554, จาก http://edtechno.msu.ac.th/mod/resource/view.php?id=84

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. (2552). *หลักสูตรการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ประเทศสหรัฐอเมริกา*. สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2554, จาก http://www.math1.snru.ac.th/.../curriculum%20mathematics%20inUSA.ppt

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2542). *เอกสารชุดวิชาการสื่อสาร หน่วยที่ 1 – 8.* พิมพ์ครั้งที่ 7. นนทบุรี: สำนักพิมพ์สุโขทัยธรรมาธิราช.

รจนา รัตนานิคม. (2544). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความน่าจะเป็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้เรียนสำคัญที่สุด*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

รัชดา ยาตรา. (2549). *ผลของการจัดกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์โดยใช้ทักษะการเชื่อมโยงที่มีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.

ลิลลา ดลภาค. (2549). *กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

วรรณศิริ หลงรัก. (2553). *ผลของการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้านบริบท (Contextual Learning) เรื่อง สถิติที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

วัชรี ขันเชื้อ. (2545). *การพัฒนาชุดการเรียน เรื่อง ตรรกศาสตร์เบื้องต้น โดยใช้กระบวนการกลุ่มเพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

วัชรี บูรณสิงห์. (2525). *การสอนคณิตศาสตร์ตามความแตกต่างระหว่างบุคคล. ใน เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนคณิตศาสตร์หน่วยที่ 8 – 15*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

วิเชียร เกตุสิงห์. (2515). *หลักการสร้างและวิเคราะห์ข้อสอบ*. ม.ป.พ.

วิมล อยู่พิพัฒน์. (2551). *บทเรียนปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรม GSP (GEOMETER'S SKETCHPAD) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง การวัด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ศศิธร แก้วรักษา. (2547). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบซิปปา (CIPPA MODEL) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน เรื่อง สถิติเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ศิริพร มาวรรณา. (2546). *ผลการใช้ทักษะการสื่อสารและการประเมินผลตามสภาพจริงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การนำเสนอข้อมูล.* สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2554). *ตารางค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนการสอบ O-NET.* สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2554, จาก http://www.niets.or.th/upload_files/uploadfile.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2543). *มาตรฐานการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.* กรุงเทพฯ: หน่วยการพิมพ์สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

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

----------. (2551). *ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์.* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ส เจริญการพิมพ์.

สมเกียรติ ปติฐพร. (2525). *การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สมบัติ แสงทองคำสุก. (2545). *การพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหา เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สันติ อิทธิพลนาวากุล. (2550). *การพัฒนาชุดการเรียนคณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวนโดยใช้โปรแกรม GPS (The Geometer's Sketchpad) เพื่อส่งเสริมความคิดรวบยอด ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2547). *แนวทางการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาแบบอิงมาตรฐาน.* กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

----------. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2538). *การใช้วิธีสอนแบบธรรมสากัจฉาเพื่อสร้างศรัทธา และวิธีคิดตามหลักพุทธธรรมแก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (หลักสูตรและการสอน). นนทบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. ถ่ายเอกสาร.

สุมน อมรวิวัฒน์. (2513). พุทธวิธีสอน. ใน *เอกสารการประชุมทางวิชาการ พระพุทธศาสนากับการศึกษาในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: กรมการศาสนา.

----------. (2535). สมบัติทิพย์ของการศึกษาไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรางคนา ยาหยี. (2549). *การพัฒนาชุดการเรียนคณิตศาสตร์แบบร่วมมือที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง ทฤษฎีกราฟเบื้องต้น ช่วงชั้นที่ 4*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

เสาวภา อนุเพชร. (2548). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีผลการเรียนต่ำ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ โดยได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์นันทนาการ*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

หทัยกาญจน์ อินบุญมา. (2547). *ชุดการเรียนคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมความรู้สึกเชิงจำนวน เรื่อง การประมาณค่า ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

อัมพร ม้าคนอง. (2547). การพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์. ใน *ประมวลบทความหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.

Basil, C.G. (1999). Collecting Data Outdoors: Making Connections to the Real World. *Teaching Children Mathematics*. 6(1): 8 – 12.

Burkhardt, Hugh. (2001). *The Emperor's Old Clothes, or How the World See It*. Retrieved September 2, 2011, from http://www.nctm.org/dialogues/2001_01/default_all_print.htm/

Carroll, John B. (1963, May). A Model of School Learning. *Teachers College Record*. 64(2): 723 – 733.

Deighan, William Patrick. (1971, January). An Examination of the Relationship between Teachers' Attitudes towards Arithmetic and the Attitudes of Their Students towards Arithmetic. *Dissertation Abstracts International*. 31: 3333 – A.

Dossey, John A.; et al. (2002). *Mathematics Methods and Modeling for Today's Mathematics Classroom : A Contemporary Approach to Teaching Grades 7-12*. Pacific Grove: Brooks/Cole.

Drexel, Robert Earl. (1997). Connecting Common and Decimal Fraction Concepts: A Common Fraction Perspective. *Dissertation Abstracts International*. 58(6): 2119 – A.

Fan, Chung-Teh. (1952). *Item Analysis Table*. Princeton: Education Testing Service.

Finn, Kelly F.; et al. (2003, August). Teacher Variables That Relate to Student Achievement When Using a Standards - Based Curriculum. *Journal for Research in Mathematics Education*. 34(3): 228 – A.

Gainsburg, Julie. (2007). *Real-World Connections in Secondary Mathematics Teaching*. In Dissertation. Retrieved September 2, 2011, from http://www.springerlink.com/content/lx36jh65500033l4/?p=4dbc516f60cb4d7fab44a9ca7391050d&pi=0.

Good, C.V. (1973). *Dictionary of Education*. Edited by Carter, V. Good. New York: McGraw-Hill Book.

Havill, Jessen T.; & Ludwis, D. (2007). Technically Speaking : Fostering the Communication of Computer Science and Mathematics Students. *Journal of the ACM (JACM)*. 54(3): 185 – 189. Retrieved September 2, 2011, from http://www.portal.acm.org/dl.cfm?coll=portal&dl=ACM&CFID=47897557& CFTOKEN/

Johanning, Debra I. (2000). An Analysis of Writing and Post Writing Group Collaboration in Middle School Pre-Algebra. *School Science and Mathematics*. 100(3): 151 – 160.

Kennedy, Leonard M.; & Tipps, Steve. (1994). *Guiding Children's Learning of Mathematics*. California: Wadsworth Publishing.

Knuth, Eric J. (2000). Understanding Connections between Equation and Graphs. *The Mathematics Teacher*. 93(1): 48 – 53.

Kyle, D.W.; et al. (2001). Connecting Mathematics Instruction with the Families of Young Children. *Teaching Children Mathematics*. 8(2): 80 – 86.

Lawson, Michael J.; & Chinnappan, Mohan. (2000). Knowledge Connectedness in Geometry Problem Solving. *Journal for Research in Mathematics Education*. 31(1): 26 – 43.

Lewison, Mitzi.; Graves, Ingrid; &Sanchez, Lenny. (2006). Enhancing Mathematical Discourse in Elementary Classrooms. *Journal of the ACM (JACM)*. 53(3): 954 – 955.

Mack, Nancy K. (2004, November). Connecting to Develop Computational Fluency with Fractions. *Teaching Children Mathematics*. 11(4): 226 – 232.

Merlino, Joseph F. (2001). *Understanding Integrated Mathematics Using Living Metaphors*. Retrieved September 2, 2011, from http://www.nctm.org/resources/content.aspx?id=1674/

Mumme, Judith; & Shepherd, Nancy. (1993). *Communication in Mathematics : Implementing the K-8 Curriculum and Evaluation Standards*. The National Council of Teachers of Mathematics.

National Council of Teacher of Mathematics (NCTM). (1991). *Professional Standards for Teaching Mathematics*. Reston, Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.

National Council of Teacher of Mathematics (NCTM). (2000). *Standards for Principles and School Mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

----------. (2002). *Principles and Standards for School Mathematics*. United States of America: The National Council of Teachers of Mathematics.

----------. (2011). *Communication Standard for Grades 9 – 12*. Retrieved May 1, 2011, from http://www.nctm.org/standards/content_aspx?id=26832.

Natsaulas, Anthula. (2000). Group Symmetries Connect Art and History with Mathematics. *Mathematics Teacher*. 93(5): 364 – 370.

Nicol, Cynthia; &Crespo, Sanda. (2005). Exploring Mathematics in Imaginative Places : Rethinking What Counts as Meaningful Contexts for Learning Mathematics. *School Science and Mathematics*. 240 – 251.

Pandiscio, Eric A. (2002). Exploring the Link Between Pre-service Teachers' Conception of Proof and the Use of Dynamic Geometry Software. *School Science and Mathematics*. 102(5): 216 – 221.

Prescott, Daniel A. (1961). *Report of Conference on Child Study : Educational Bulletin*. . Bangkok: Faculty of Education Chulalongkorn University.

Rawat, D.S.; &Cupta, S.L. (1970). Education Wastage at the Primary Level. *A Handbook for Teachers*. New Delhi: S.K. Kitchula at Nalanda Press.

Reys, Robert.; et al. (2001). *Helping Children Learn Mathematics*. 6th ed. New York: John Wiley and Sons.

----------. (2003, August). Assessing the Impact of Standards - Based Middle Grades Mathematics Curriculum Materials on Student Achievement. *Journal for Research in Mathematics Education*. 34(1): 74 – A.

Riedesel, Alan C. (1990). *Teaching Elementary School Mathematics*. 5th ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.

Riordan, Jurie E.; &Noyce, Pendred E. (2001, April). The Impacts of Standards - Based Mathematics Curricula on Student Achievement in Massachusetts. *Journal for Research in Mathematics Education*. 32(4): 368 – A.

Rodeheaver, L.R. (2000). A Case Study of Communication between Secondary Mathematics Student Teachers and the Cooperative Teacher. *Dissertation Abstracts Online*. 61 – 03A.

Rojas, M.E. (1992). Enhancing the Learning of Probability Through Developing Students' Skill in Reading and Writing. *Dissertation Abstracts Online*. 53 – 05A.

Rowan, Thomas E.; & Morrow, Lorna J. (1993*). Implementing K-8 Curriculum and Evaluation Standards : Reading from the Arithmetic Teacher*. Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.

Sqroi, Richard J.; & Sqroi, Laura Shannon. (1993). *Mathematics for Elementary School Teachers : Problem-Solving Investigation*. Boston: PWS.

Thomas, Christine D.; & Santiago, Carmelita. (2002). Building Mathematically Powerful Students through Connections. *Mathematics Teaching in the Middle School.* pp. 484 – 488. National Council of Teachers of Mathematics.

Thurber, Walter A. (1976). *Teaching Science in Today's Secondary Schools*. Boston: Allyn and Bacon.

Vacher, H.L.; & Mylroie, John E. (2001). Connecting with Geology : Where's the end of Cave?. *Mathematics Teacher*. 94(8): 640 – 641.

Wilson, J.W. (1971). Evaluation of Learning in Secondary School Mathematics. *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. pp. 643 – 685. Edited by Benjamin, S. Bloom. U.S.A.: McGraw-Hill.

Wiersma, William; & Jurs, Stephen G. (1985). *Education Measurement and Testing*. Boston: Allyn and Bacon.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- ค่าดัชนีสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์ (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
- ค่าดัชนีสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
- ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
- ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ตาราง 12 ค่าดัชนีสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์ (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 40 ข้อ

ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			IOC	การพิจารณา	ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			IOC	การพิจารณา
	1	2	3				1	2	3		
1	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	21	1		1	1	คัดเลือกไว้
2	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	22	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
3	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	23	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
4	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	24	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
5	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	25	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
6	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	26	0	0	1	.33	ตัดทิ้ง
7	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	27	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
8	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	28	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
9	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	29	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
10	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	30	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
11	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	31	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
12	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	32	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
13	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	33	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
14	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	34	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
15	0	1	1	.67	คัดเลือกไว้	35	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
16	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	36	0	0	1	.33	ตัดทิ้ง
17	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	37	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
18	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	38	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
19	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	39	1	0	1	.67	คัดเลือกไว้
20	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	40	1	1	1	1	คัดเลือกไว้

ตาราง 13 ค่าดัชนีสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 12 ข้อ

ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			IOC	การพิจารณา
	1	2	3		
1	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
2	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
3	1	0	1	.67	คัดเลือกไว้
4	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
5	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
6	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
7	0	1	1	.67	คัดเลือกไว้
8	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
9	1	0	1	.67	คัดเลือกไว้
10	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
11	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
12	1	1	1	1	คัดเลือกไว้

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร จำนวน 38 ข้อ

ข้อที่	p	r	การพิจารณา	ข้อที่	p	r	การพิจารณา
1	.60	.59	คัดเลือกไว้	20	.72	.37	ตัดทิ้ง
2	.42	.51	คัดเลือกไว้	21	.54	.28	ตัดทิ้ง
3	.77	.33	ตัดทิ้ง	22	.80	.43	ตัดทิ้ง
4	.54	.61	คัดเลือกไว้	23	.54	.64	คัดเลือกไว้
5	.48	.34	คัดเลือกไว้	24	.66	.54	คัดเลือกไว้
6	.45	.23	ตัดทิ้ง	25	.78	.40	คัดเลือกไว้
7	.57	.35	ตัดทิ้ง	26	.32	.23	ตัดทิ้ง
8	.30	.29	ตัดทิ้ง	27	.36	.43	คัดเลือกไว้
9	.36	.23	ตัดทิ้ง	28	.31	.13	ตัดทิ้ง
10	.58	.33	ตัดทิ้ง	29	.48	.33	คัดเลือกไว้
11	.50	.39	คัดเลือกไว้	30	.25	.22	ตัดทิ้ง
12	.43	.47	ตัดทิ้ง	31	.36	.22	คัดเลือกไว้
13	.36	.31	ตัดทิ้ง	32	.62	.27	ตัดทิ้ง
14	.33	.24	ตัดทิ้ง	33	.79	.38	คัดเลือกไว้
15	.66	.74	คัดเลือกไว้	34	.77	.52	ตัดทิ้ง
16	.71	.80	คัดเลือกไว้	35	.74	.59	คัดเลือกไว้
17	.70	.29	ตัดทิ้ง	36	.41	.43	คัดเลือกไว้
18	.79	.38	คัดเลือกไว้	37	.61	.64	คัดเลือกไว้
19	.59	.41	คัดเลือกไว้	38	.78	.75	คัดเลือกไว้

คัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ข้อที่มีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 ซึ่งมีความยากง่ายพอเหมาะ ไม่ยากหรือง่ายจนเกินไป และคัดเลือกข้อที่มีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ซึ่งเป็นข้อที่จำแนกนักเรียนเก่งและนักเรียนอ่อนออกจากกันได้ และมีความครอบคลุมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยผลการคัดเลือกได้แบบทดสอบที่มีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ .36 – .79 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ .22 – .80 จำนวน 20 ข้อ

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ = 0.86

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรจำนวน 12 ข้อ

ข้อที่	P_E	D	การพิจารณา
1	.44	.29	ตัดทิ้ง
2	.61	.51	คัดเลือกไว้
3	.54	.32	ตัดทิ้ง
4	.66	.44	คัดเลือกไว้
5	.42	.37	ตัดทิ้ง
6	.49	.39	คัดเลือกไว้
7	.53	.52	ตัดทิ้ง
8	.57	.43	คัดเลือกไว้
9	.38	.42	ตัดทิ้ง
10	.50	.58	คัดเลือกไว้
11	.36	.33	ตัดทิ้ง
12	.55	.56	คัดเลือกไว้

ค่าความเชื่อมั่น (α - Coefficient) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้งฉบับ = 0.94

การคำนวณค่าความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย โดยคำนวณจากสูตรของ วิทนีย์ และซาเบอร์ส

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

$$= \frac{58 + 29 - (2 \times 25 \times 0)}{2 \times 25(4 - 0)}$$

$$= 0.44$$

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

$$= \frac{58-29}{25(4-0)}$$

$$= \frac{29}{100}$$

$$= 0.29$$

ตาราง 16 ค่า $\sum X_i$ และ $\sum X_i^2$ ทั้งฉบับที่ใช้ในการหาค่า $\sum \sigma_i^2$ เพื่อใช้แทนค่าในสูตรการหาความเชื่อมั่นแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร

ข้อที่	$\sum X_i$	$\sum X_i^2$	σ_i^2
1	251	713	0.84
2	237	627	0.66
3	179	401	0.81
4	216	538	0.72
5	200	502	1.03
6	212	534	0.85
			$\sum \sigma_i^2 = 4.91$

การคำนวณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย โดยใช้การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ ครอนบัค (Cronbach) โดยที่ k = 6, $\sum \sigma_i^2 = 4.91$, $\sigma^2 = 22.15$

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

$$= \frac{6}{5}\left\{1-\frac{4.91}{22.15}\right\}$$

$$= \frac{6}{5}\{1-0.22\}$$

$$= 0.94$$

ภาคผนวก ข

- ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนและหลังของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สถิติ t – test Dependent
- ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สถิติ One sample t – test
- ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สถิติ One sample t – test

ตาราง 17 คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน (X)	D	D^2
1	7	14	7	49
2	6	16	10	100
3	9	16	7	49
4	10	14	4	16
5	8	16	8	64
6	6	17	11	121
7	9	16	7	49
8	8	15	7	49
9	7	13	6	36
10	5	16	11	121
11	6	17	11	121
12	7	15	8	64
13	8	15	7	49
14	6	16	10	100
15	11	18	7	49
16	10	17	7	49
17	5	16	11	121
18	6	14	8	64
19	8	14	6	36
20	8	16	8	64
21	12	17	5	25
22	6	16	10	100
23	7	16	9	81
24	10	17	7	49
25	8	15	7	49
26	6	14	8	64
27	5	14	9	81
28	7	14	7	49

ตาราง 17 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน (X)	D	D^2
29	4	16	12	144
30	9	17	8	64
31	7	15	8	64
32	6	14	8	64
33	10	16	6	36
34	8	15	7	49
35	10	17	7	49
36	10	16	6	36
37	8	14	6	36
38	8	15	7	49
			$\sum D$ = 298	$\sum D^2$ = 2460

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ t-test แบบ t-test for Dependent Samples (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 248) ดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N\sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}{N-1}}} ; \mathrm{df} = \mathrm{N} - 1$$

$$t = \frac{298}{\sqrt{\frac{38(2460) - (298)^2}{38-1}}}$$

$$t = \frac{298}{\sqrt{\frac{93480 - 88804}{37}}}$$

$$t = 26.51$$

(เปิดตาราง จะได้ค่าวิกฤตของ t จากการแจกแจงแบบ t ที่ระดับนัยสำคัญ .01 เมื่อ df = 38 – 1 = 37 และจากการเทียบจะได้ค่า t = 2.43)

ตาราง 18 คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (X) ของผู้เรียน หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

คนที่	คะแนนหลังเรียน (X)	X^2
1	14	196
2	16	256
3	16	256
4	14	196
5	16	256
6	17	289
7	16	256
8	15	225
9	13	169
10	16	256
11	17	289
12	15	225
13	15	225
14	16	256
15	18	324
16	17	289
17	16	256
18	14	196
19	14	196
20	16	256
21	17	289
22	16	256
23	16	256
24	17	289
25	15	225
26	14	196
27	14	196
28	14	196

ตาราง 18 (ต่อ)

คนที่	คะแนนหลังเรียน (X)	X^2
29	16	256
30	17	289
31	15	225
32	14	196
33	16	256
34	15	225
35	17	289
36	16	256
37	14	196
38	15	225
	$\sum X = 589$	$\sum X^2 = 9183$

ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$$\overline{X} = \frac{589}{38}$$

$$\overline{X} = 15.50$$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา

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

$$S = \sqrt{\frac{38(9183) - (589)^2}{38(38-1)}}$$

$$S = \sqrt{\frac{348954 - 346921}{1406}}$$

$$S = \sqrt{\frac{2033}{1406}}$$

$$S = \sqrt{1.45}$$

$$S = 1.20$$

การวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 คือ t – test for One Sample

$$t = \frac{\overline{X} - \mu_\sigma}{\frac{S}{\sqrt{N}}} ; df = N - 1$$

$$t = \frac{15.50 - 14}{\frac{1.20}{\sqrt{38}}}$$

$$t = \frac{1.50}{0.20}$$

$$t = 7.69$$

(เปิดตาราง จะได้ค่าวิกฤตของ t จากการแจกแจงแบบ t ที่ระดับนัยสำคัญ .01 เมื่อ df = 38 – 1 = 37 และจากการเทียบจะได้ค่า t = 2.43)

ตาราง 19 คะแนนความสามารถทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาก่อนและหลังการทดลอง (คะแนนเต็ม 24 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน (X)	D	D^2
1	10	18	8	64
2	8	17	9	81
3	8	18	10	100
4	8	19	11	121
5	9	18	9	81
6	9	20	11	121
7	10	19	9	81
8	7	18	11	121
9	7	17	10	100
10	8	18	10	100
11	10	19	9	81
12	8	18	10	100
13	10	19	9	81
14	5	17	12	144
15	6	20	14	196
16	9	18	9	81
17	9	17	8	64
18	6	20	14	196
19	5	20	15	225
20	5	20	15	225
21	8	19	11	121
22	7	18	11	121
23	5	18	13	169
24	6	18	12	144
25	5	20	15	225
26	8	17	9	81
27	8	18	10	100
28	12	20	8	64

ตาราง 19 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน (X)	D	D^2
29	10	20	10	100
30	6	21	15	225
31	7	19	12	144
32	5	18	13	169
33	5	20	15	225
34	12	19	7	49
35	10	20	10	100
36	8	19	11	121
37	10	20	10	100
38	7	18	11	121
$\sum$	296	712	416	4742

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างด้านทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ t-test แบบ t-test for Dependent Samples (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 248) ดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N\sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}{N-1}}} ; \mathrm{df} = \mathrm{N} - 1$$

$$t = \frac{416}{\sqrt{\frac{38(4742) - (416)^2}{38-1}}}$$

$$t = \frac{416}{\sqrt{\frac{180196 - 173056}{37}}}$$

$$t = 29.95$$

(เปิดตาราง จะได้ค่าวิกฤตของ t จากการแจกแจงแบบ t ที่ระดับนัยสำคัญ .01 เมื่อ df = 38 – 1 = 37 และจากการเทียบจะได้ค่า t = 2.43)

ตาราง 20 คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา (คะแนนเต็ม 24 คะแนน)

คนที่	คะแนนหลังเรียน (X)	X^2
1	18	324
2	17	289
3	18	324
4	19	361
5	18	324
6	20	400
7	19	361
8	18	324
9	17	289
10	18	324
11	19	361
12	18	324
13	19	361
14	17	289
15	20	400
16	18	324
17	17	289
18	20	400
19	20	400
20	20	400
21	19	361
22	18	324
23	18	324
24	18	324
25	20	400
26	17	289
27	18	324
28	20	400

ตาราง 20 (ต่อ)

คนที่	คะแนนหลังเรียน (X)	X^2
29	20	400
30	21	441
31	19	361
32	18	324
33	20	400
34	19	361
35	20	400
36	19	361
37	20	400
38	18	324
	$\sum X = 712$	$\sum X^2 = 13386$

ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$$\overline{X} = \frac{712}{38}$$

$$\overline{X} = 18.74$$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา

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

$$S = \sqrt{\frac{38(13386)-(712)^2}{38(38-1)}}$$

$$S = \sqrt{\frac{508668-506944}{1406}}$$

$$S = \sqrt{\frac{1889}{1406}}$$

$$S = \sqrt{1.34}$$

$$S = 1.16$$

การวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4 คือ t – test for One Sample

$$t = \frac{\overline{X}-\mu_0}{\frac{S}{\sqrt{N}}}; df = N-1$$

$$t = \frac{18.74-16.80}{\frac{1.11}{\sqrt{38}}}$$

$$t = \frac{1.94}{0.18}$$

$$t = 10.78$$

(เปิดตาราง จะได้ค่าวิกฤตของ t จากการแจกแจงแบบ t ที่ระดับนัยสำคัญ .01 เมื่อ df = 38 – 1 = 37 และจากการเทียบจะได้ค่า t = 2.43)

ตาราง 21 คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา (คะแนนจากแบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และคะแนนจากแบบทดสอบ รวมคะแนนเต็ม 144 คะแนน)

คนที่	ด้านการพูด	ด้านการเขียน		รวม
	(แบบสังเกต)	(แบบสังเกต)	(แบบทดสอบ)	(144 คะแนน)
	(60 คะแนน)	(60 คะแนน)	(24 คะแนน)	
1	32	36	10	78
2	31	34	8	73
3	31	33	8	72
4	34	36	8	78
5	30	31	9	70
6	26	30	9	65
7	28	30	10	68
8	32	30	7	69
9	33	40	7	80
10	34	36	8	78
11	28	31	10	69
12	38	37	8	83
13	27	32	10	69
14	31	31	5	67
15	28	35	6	69
16	30	31	9	70
17	36	35	9	80
18	31	35	6	72
19	34	32	5	71
20	29	33	5	67
21	29	28	8	65
22	28	34	7	69
23	29	32	5	66
24	29	28	6	63
25	29	33	5	67
26	22	20	8	50

ตาราง 21 (ต่อ)

คนที่	ด้านการพูด (แบบสังเกต) (60 คะแนน)	ด้านการเขียน (แบบสังเกต) (60 คะแนน)	ด้านการเขียน (แบบทดสอบ) (24 คะแนน)	รวม (144 คะแนน)
27	27	33	8	68
28	30	29	12	71
29	30	30	10	70
30	31	37	6	74
31	31	35	7	73
32	36	36	5	77
33	31	35	5	71
34	26	32	12	70
35	31	34	10	75
36	33	34	8	75
37	34	34	10	78
38	31	32	7	70
รวม	1160	1244	296	2700

ตาราง 22 คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา (คะแนนจากแบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และคะแนนจากแบบทดสอบ รวมคะแนนเต็ม 144 คะแนน)

คนที่	ด้านการพูด	ด้านการเขียน		รวม
	(แบบสังเกต)	(แบบสังเกต)	(แบบทดสอบ)	(144 คะแนน)
	(60 คะแนน)	(60 คะแนน)	(24 คะแนน)	
1	41	41	18	100
2	42	43	17	102
3	42	45	18	105
4	42	43	19	104
5	42	45	18	105
6	35	40	20	95
7	42	44	19	105
8	42	44	18	104
9	40	44	17	101
10	39	44	18	101
11	38	44	19	101
12	42	43	18	103
13	42	43	19	104
14	42	44	17	103
15	42	42	20	104
16	46	46	18	110
17	42	43	17	102
18	42	43	20	105
19	41	39	20	100
20	42	40	20	102
21	43	44	19	106
22	43	45	18	106
23	42	44	18	104
24	44	45	18	107
25	44	43	20	107
26	42	44	17	103

ตาราง 22 (ต่อ)

คนที่	ด้านการพูด (แบบสังเกต) (60 คะแนน)	ด้านการเขียน (แบบสังเกต) (60 คะแนน)	ด้านการเขียน (แบบทดสอบ) (24 คะแนน)	รวม (144 คะแนน)
27	43	45	18	106
28	38	42	20	100
29	43	42	20	105
30	41	40	21	102
31	46	43	19	108
32	41	43	18	102
33	43	44	20	107
34	41	42	19	102
35	38	42	20	100
36	42	43	19	104
37	41	40	20	101
38	43	44	18	105
รวม	1584	1635	712	3931

ตาราง 23 คะแนนความสามารถทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาก่อนและหลังการทดลอง (คะแนนเต็ม 144 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน (X)	D	D^2
1	78	100	22	484
2	73	102	29	841
3	72	105	33	1089
4	78	104	26	676
5	70	105	35	1225
6	65	95	30	900
7	68	105	37	1369
8	69	104	35	1225
9	80	101	21	441
10	78	101	23	529
11	69	101	32	1024
12	83	103	20	400
13	69	104	35	1225
14	67	103	36	1296
15	69	104	35	1225
16	70	110	40	1600
17	80	102	22	484
18	72	105	33	1089
19	71	100	29	841
20	67	102	35	1225
21	65	106	41	1681
22	69	106	37	1369
23	66	104	38	1444
24	63	107	44	1936
25	67	107	40	1600
26	50	103	53	2809
27	68	106	38	1444
28	71	100	29	841

ตาราง 23 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน (X)	D	D^2
29	70	105	35	1225
30	74	102	28	784
31	73	108	35	1225
32	77	102	25	625
33	71	107	36	1296
34	70	102	32	1024
35	75	100	25	625
36	75	104	29	841
37	78	101	23	529
38	70	105	35	1225
			$\sum D = 1231$	$\sum D^2 = 41711$

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างด้านทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ t-test แบบ t-test for Dependent Samples (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 248)ดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N\sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}{N-1}}} ; \mathrm{df} = \mathrm{N} - 1$$

$$t = \frac{1231}{\sqrt{\frac{38(4171) - (1231)^2}{38-1}}}$$

$$t = \frac{1231}{\sqrt{\frac{1585018 - 1515361}{37}}}$$

$$t = 28.37$$

(เปิดตาราง จะได้ค่าวิกฤตของ t จากการแจกแจงแบบ t ที่ระดับนัยสำคัญ .01 เมื่อ df = 38 – 1 = 37 และจากการเทียบจะได้ค่า t = 2.43)

ตาราง 24 คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา (คะแนนเต็ม 144 คะแนน)

คนที่	คะแนนหลังเรียน (X)	X^2
1	100	10000
2	102	10404
3	105	11025
4	104	10816
5	105	11025
6	95	9025
7	105	11025
8	104	10816
9	101	10201
10	101	10201
11	101	10201
12	103	10609
13	104	10816
14	103	10609
15	104	10816
16	110	12100
17	102	10404
18	105	11025
19	100	10000
20	102	10404
21	106	11236
22	106	11236
23	104	10816
24	107	11449
25	107	11449
26	103	10609
27	106	11236
28	100	10000

ตาราง 24 (ต่อ)

คนที่	คะแนนหลังเรียน (X)	X^2
29	105	11025
30	102	10404
31	108	11664
32	102	10404
33	107	11449
34	102	10404
35	100	10000
36	104	10816
37	101	10201
38	105	11025
	$\sum X = 3931$	$\sum X^2 = 406945$

ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$$\overline{X} = \frac{3931}{38}$$

$$\overline{X} = 103.45$$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา

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

$$S = \sqrt{\frac{38(406945)-(3931)^2}{38(38-1)}}$$

$$S = \sqrt{\frac{15463910-15452761}{1406}}$$

$$S = \sqrt{\frac{11149}{1406}}$$

$$S = \sqrt{7.93}$$

$$S = 2.82$$

การวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉา สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 6 คือ t – test for One Sample

$$t = \frac{\overline{X}-\mu_0}{\frac{S}{\sqrt{N}}} ; df = N-1$$

$$t = \frac{103.45}{\frac{2.82}{\sqrt{38}}}$$

$$t = \frac{2.65}{0.46}$$

$$t = 5.76$$

(เปิดตาราง จะได้ค่าวิกฤตของ t จากการแจกแจงแบบ t ที่ระดับนัยสำคัญ .01 เมื่อ df = 38 – 1 = 37 และจากการเทียบจะได้ค่า t = 2.43)

ภาคผนวก ค

- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร
- แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร
- แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร

คำชี้แจง:

1. แบบทดสอบฉบับนี้มี 5 หน้า มีข้อสอบทั้งหมด 20 ข้อ 20 คะแนน ใช้เวลา 60 นาที
2. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว เมื่อนักเรียนเลือกได้แล้วให้กากบาท ($\times$) ลงในช่อง ก, ข, ค หรือ ง ในกระดาษคำตอบ ดังตัวอย่างการตอบข้างล่างนี้

ข้อ	ก	ข	ค	ง
0				$\times$

กรณีที่ต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย = ทับลงบนเครื่องหมายกากบาทเดิม แล้วกากบาทเลือกข้อใหม่ เช่น เปลี่ยนจากตัวเลือก ง เป็น ข

ข้อ	ก	ข	ค	ง
0		$\times$		$\equiv$

3. คำถามในแต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว ถ้าตอบเกินหนึ่งคำตอบหรือไม่ตอบเลย ถือว่า ไม่ได้คะแนนในข้อนั้น
4. ห้ามขีดเขียนหรือทำสัญลักษณ์ใดๆ ลงในข้อสอบ
5. เมื่อสอบเสร็จแล้ว ให้ส่งกระดาษคำตอบ และแบบทดสอบที่กรรมการคุมสอบ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชาคณิตศาสตร์ **เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร**

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 **ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555**

◊◊◊

4. กราฟเส้นตรงในข้อใดที่ขนานกัน

ก. $y = 2x - 5$, $y = x + 1$

ข. $y = 3x + 1$, $y = x - 3$

ค. $y = 2x + 1$, $y = 2x + 5$

ง. $y = -x + 2$, $y = x + 2$

5. ระบบสมการในข้อใดมีหลายคำตอบ

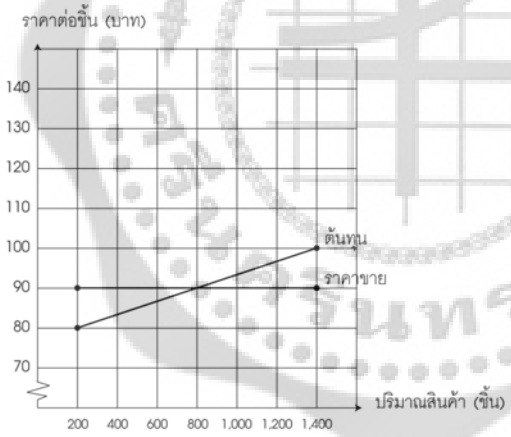
ก. $x + 2y = 7$, $2x + 4y = 14$

ข. $x + y = 3$, $4x + 4y = 7$

ค. $3x + 6y = 6$, $x + 2y = 10$

ง. $3x - 2y = 3$, $12x - 8y = 15$

6. กราฟต่อไปนี้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสินค้าที่ผลิตได้เป็นชิ้นต่อสัปดาห์ และต้นทุนการผลิตเป็นบาทต่อชิ้น และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสินค้าเป็นชิ้นและราคาขายเป็นบาทต่อชิ้น โดยมีเงื่อนไขว่า สินค้าที่ผลิตขึ้นขายได้หมดทุกชิ้น จะต้องผลิตสินค้ากี่ชิ้น จึงจะถึงจุดคุ้มทุน



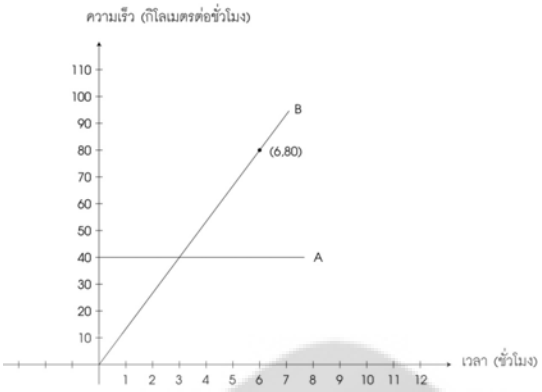
ก. 200 ชิ้น

ข. 400 ชิ้น

ค. 800 ชิ้น

ง. 1,000 ชิ้น

7. กราฟแสดงการเคลื่อนที่ของรถยนต์ 2 คัน ดังรูปต่อไปนี้



รถยนต์ A และรถยนต์ B จะพบกันเมื่อเวลาผ่านไปนานเท่าใด

ก. 3 ชั่วโมง

ข. 4 ชั่วโมง

ค. 5 ชั่วโมง

ง. 6 ชั่วโมง

8. ระบบสมการ $3x - y = 11$ และ $2x + 5y = -4$ มีคำตอบตรงกับข้อใด

ก. $(3, -2)$

ข. $(3, -1)$

ค. $(2, -4)$

ง. $(2, -3)$

9. ระบบสมการ $5(3x - y + 2) - 3y - 1 = 0$ และ $3x - y = 0$ มีคำตอบตรงกับข้อใด

ก. $(1, -3)$

ข. $(-1, 3)$

ค. $(-1, -3)$

ง. $(1, 3)$

10. ระบบสมการ y = x + 12 และ $Y = -\frac{1}{2}X + 6$

มีคำตอบตรงกับข้อใด

ก. (4, – 8)

ข. (4, 8)

ค. (– 4, 8)

ง. (– 4, – 8)

11. ระบบสมการ 5x + 6y – 62 = 0 และ 7x – 5y + 7 = 0

มีคำตอบตรงกับข้อใด

ก. (4, – 7)

ข. (4, 7)

ค. (– 4, 7)

ง. (– 4, – 7)

12. ระบบสมการ x – y = 4 และ x + y = 8

มีคำตอบตรงกับข้อใด

ก. (– 6, – 2)

ข. (– 6, 2)

ค. (6, – 2)

ง. (6, 2)

13. เส้นตรง y – 5 = – 1 และ 3x + 4y – 4 = 0 ตัดกันที่จุดใด

ก. (4, 4)

ข. (– 4, 4)

ค. (4, – 4)

ง. (– 4, – 4)

14. จุดตัดของกราฟจากสมการ 3x + y = 14 และ 5x – 3y = 0 ห่างจากแกน x เป็นระยะทางกี่หน่วย

ก. 3 หน่วย

ข. 4 หน่วย

ค. 5 หน่วย

ง. 6 หน่วย

15. ถ้าเส้นตรง $kx + 2y - 14 = 0$ และ $3x - 6y + 7 = 0$ ตั้งฉากกันแล้ว k มีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. 1

ข. 2

ค. 3

ง. 4

16. เมื่อห้าปีที่ผ่านมา บิดามีอายุเป็น 4 เท่าของบุตร ถ้าบิดาและบุตรมีอายุต่างกัน 36 ปี จงหาว่าปัจจุบันบิดาอายุเท่าไร

ก. 49 ปี

ข. 51 ปี

ค. 53 ปี

ง. 55 ปี

17. จุ๋มซื้อสมุด 4 เล่ม ปากกา 5 ด้าม รวมเป็นเงิน 120 บาท จอยซื้อสมุด 6 เล่ม ปากกา 3 ด้าม จอยซื้อสมุดรวมเป็นเงินมากกว่าปากกา 54 บาท สมุดราคาแพงกว่าปากกาเท่าไร

ก. 3 บาท

ข. 5 บาท

ค. 8 บาท

ง. 12 บาท

18. แดงและดำเริ่มออกเดินทางจากเมืองสองเมือง ซึ่งอยู่ห่างกัน 4 – 5 กิโลเมตร โดยเดินทางเข้าหากัน และแดงเดินทางด้วยความเร็วเป็น 2 เท่าของดำ ถ้าทั้งสองพบกันเมื่อเวลาผ่านไป 5 ชั่วโมง แดงและดำเดินทางด้วยความเร็วที่ต่างกันกี่กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ก. 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ข. 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ค. 3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ง. 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

19. หมากซื้อยางลบ 1 ก้อน และดินสอ 1 แท่ง คิดเป็นเงิน 7.50 บาท และถ้าซื้อยางลบ 3 ก้อน และดินสอ 4 แท่ง คิดเป็นเงิน 24 บาท ถ้าเขาต้องการซื้อยางลบ 2 ก้อน และดินสอ 3 แท่ง เขาจะต้องจ่ายเงินเท่าไร

ก. 13.50 บาท

ข. 14.50 บาท

ค. 15.50 บาท

ง. 16.50 บาท

20. บอยจะต้องใช้น้ำหวานชนิดราคาลิตรละ 35 บาท มาผสมกับน้ำหวานชนิดราคาลิตรละ 42 บาท เป็นอัตราส่วนเท่าไร จึงจะมีกำไร 10% เมื่อขายน้ำหวานผสมไปในราคาลิตรละ 44 บาท

ก. 2 : 5

ข. 3 : 4

ค. 4 : 5

ง. 5 : 6

แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

**๑๑๑

2. จำนวนที่มีสองหลักจำนวนหนึ่ง มีเลขโดดในหลักสิบมากกว่าเลขโดดในหลักหน่วยอยู่ 3 และผลบวกของจำนวนนี้กับจำนวนที่ได้จากการสลับที่เลขโดดเป็น 121 จงหาจำนวนนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น

1. เมื่อเวลา 10.45 น. บูมขับรถยนต์ออกจากร้านอาหารไปตามถนนสายหนึ่งด้วยอัตราเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อีก 1 ชั่วโมงต่อมา แบมขับรถยนต์ออกจากที่เดียวกันไปเส้นทางเดียวกับบูมด้วยอัตราเร็วมากกว่าบูม 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จงหาว่าแบมจะขับรถตามทันบูมในเวลาใด

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

2. ตารางแสดงกิจกรรมต่างๆ กับปริมาณแคลอรี่ที่จำเป็นต้องใช้

กิจกรรมต่าง ๆ	แคลอรี่ / ชั่วโมง
ปลูกต้นไม้	250
เต้นลีลาศ	260
เล่นปิงปอง	290
เต้นแอโรบิก	400
วิ่งจ๊อกกิ้ง (ความเร็ว 5 กม./ชม.)	500

จากตารางที่กำหนด ในเวลา 1 สัปดาห์ อ๋อมออกกำลังกายโดยการเต้นแอโรบิกและเต้นลีลาศ ซึ่งเผาผลาญแคลอรี่ได้ 3,360 แคลอรี่ หากอ๋อมออกกำลังกายโดยการปลูกต้นไม้และวิ่งจ๊อกกิ้งจะเผาผลาญแคลอรี่ได้ 4,125 แคลอรี่ ถ้าเวลาที่อ๋อมใช้ในการปลูกต้นไม้เท่ากับเวลาที่ใช้ในการเต้นแอโรบิก และเวลาที่ใช้ในการวิ่งจ๊อกกิ้งเท่ากับเวลาที่ใช้ในการเต้นลีลาศ ดังนั้นอ๋อมใช้เวลาในการเต้นลีลาศกี่ชั่วโมง

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

ตอนที่ 3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน

1. ธิดามีเงิน 5,000 บาท ส่วนหนึ่งนำไปฝากธนาคารได้ดอกเบี้ย 4% ต่อปี อีกส่วนหนึ่งนำไปลงทุนเพื่อรับเงินปันผล 5% ต่อปี สิ้นปีธิดามีรายได้รวมกัน 220 บาท ธิดานำเงินไปฝากธนาคารกี่บาท

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

2. ตุ่มซื้อผ้าลูกไม้ 40 เมตร และผ้าฝ้าย 35 เมตร คิดเป็นเงิน 4,500 บาท ถ้าเขาขายราคาผ้าลูกไม้ได้กำไร 15% และขายผ้าฝ้าย ได้กำไร 20% จะทำให้เขาได้กำไรทั้งหมด 750 บาท เขาซื้อผ้าลูกไม้เมตรละเท่าไร

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

แผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ **ช่วงชั้นที่ 3 วิชาคณิตศาสตร์**
รหัส ค33101 **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**
เรื่อง การแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร **จำนวน 2 คาบ**

1. สาระ

สาระที่ 4 พีชคณิต

สาระที่ 6 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

2. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) อื่น แทนสถานการณ์ต่างๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา

3. ตัวชี้วัด / ผลการเรียนรู้

ค 4.2 ม.3/5 แก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหา พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

ค 6.1 ม.1-3/1 ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา

ม.1-3/2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

4. สาระสำคัญ

การแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร โดยการกำจัดตัวแปร คือ การหาคำตอบของระบบสมการโดยกำจัดตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งให้หมดไปโดยการทำสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่จะกำจัดให้เท่ากัน แล้วนำสมการมาบวกกันหรือลบกันเพื่อให้ตัวแปรนั้นหมดไป แล้วแก้สมการหาค่าของตัวแปรที่เหลืออยู่ และนำค่าของตัวแปรนั้นไปแทนในสมการเพื่อหาค่าของตัวแปรอีกตัวหนึ่ง

5. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K) นักเรียนสามารถ

แก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรโดยการกำจัดตัวแปรได้

ด้านทักษะ / กระบวนการ (P)

1. การแก้ปัญหา
2. การให้เหตุผล
3. การสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ
4. การเชื่อมโยง

ด้านคุณลักษณะ (A)

1. ทำงานอย่างมีระบบ
2. มีความรอบคอบ
3. มีความรับผิดชอบ

6. สาระการเรียนรู้

การแก้ระบบสมการโดยการกำจัดตัวแปร มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำให้สัมประสิทธิ์ของตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเท่ากัน หรือทำให้สัมประสิทธิ์เป็นจำนวนตรงข้ามโดยการนำจำนวนใด ๆ คูณหรือหารตลอดทั้งสมการ

ขั้นที่ 2 กำจัดตัวแปรที่มีสัมประสิทธิ์เท่ากันโดยการลบสมการทั้งสอง หรือกำจัดตัวแปรที่มีสัมประสิทธิ์เป็นจำนวนตรงข้ามโดยการบวกสมการทั้งสอง

ขั้นที่ 3 หาค่าของตัวแปรหนึ่ง

ขั้นที่ 4 นำค่าของตัวแปรที่ได้แทนลงในสมการใดสมการหนึ่งแล้วหาค่าของตัวแปรอีกตัวหนึ่ง

ขั้นที่ 5 เมื่อทราบค่าของตัวแปรทั้งสองจะได้คำตอบของระบบสมการในรูป (x, y) ซึ่งคำตอบของระบบสมการอาจมีหลายคำตอบหรือคำตอบเดียว หรือไม่มีคำตอบก็ได้

ขั้นที่ 6 ตรวจคำตอบของระบบสมการ โดยการนำคำตอบของระบบสมการแทนในสมการทั้งสองแล้วเป็นจริงทั้งสองสมการ

ตัวอย่างที่ 1 จงแก้ระบบสมการ $x+y = 3$

$2x-y = -3$

วิธีคิด

$x+y = 3$ ---------- (1)

$2x-y = -3$ ---------- (2)

(1)+(2) , $(x+y)+(2x-y) = 3+(-3)$ ---------- (3)

$x+2x+y-y = 0$

$3x = 0$

นำ $\frac{1}{3}$ คูณทั้งสมการ

$$\frac{1}{3}(3x) = \frac{1}{3}(0)$$

$$x = 0$$

แทนค่า x = 0 ในสมการ (1)

$$0+y = 3$$

$$y = 3$$

คำตอบของระบบสมการคือ (0,3)

ตัวอย่างที่ 2

$$2x-3y = 4$$

$$5x+3y = -11$$

วิธีคิด

$$2x-3y = 4 \quad \text{---------- (1)}$$

$$5x+3y = -11 \quad \text{---------- (2)}$$

(1)+(2) , $(2x-3y)+(5x+3y) = 4+(-11)$ ---------- (3)

$$2x+5x-3y+3y = -7$$

$$7x = -7$$

นำ $\frac{1}{7}$ คูณทั้งสมการ

$$\frac{1}{7}(7x) = \frac{1}{7}(-7)$$

$$X = -1$$

แทนค่า X = -1 ในสมการ (1)

$$2(-1)-3y = 4$$

$$-2-3y = 4$$

นำ 2 บวกทั้งสมการ

$$2+(-2)-3y = 4+2$$

$$-3y = 6$$

นำ $\frac{-1}{3}$ คูณทั้งสมการ

$$\frac{-1}{3}(-3y) = \frac{-1}{3}(6)$$

$$y = -2$$

คำตอบของระบบสมการคือ (-1, -2)

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ

1. ครูทบทวนเกี่ยวกับการแก้สมการและการตรวจคำตอบที่ได้จากการแก้สมการ

ขั้นสอน

แสวงหาความรู้

2. นักเรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง การแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร โดยการกำจัดตัวแปร

ค้นพบความรู้

3. ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับขั้นตอนในการแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรโดยการกำจัดตัวแปรว่านักเรียนต้องทำอย่างไรบ้าง

4. ครูอธิบายหลักการเกี่ยวกับแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรโดยการกำจัดตัวแปรโดยยกตัวอย่างที่ 1 และ 2 ประกอบ

รวบรวมความรู้

5. นักเรียนสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในห้องเรียน โดยพิจารณาตัวอย่างที่พบในใบความรู้

พิสูจน์ความรู้

6. ให้นักเรียนทำใบงานที่ 1 เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้

ขั้นสรุป

7. ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนเฉลยใบงานที่ 1 พร้อมทั้งให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยที่พบจากการทำใบงานที่ 1

8. ครูตั้งคำถามกับนักเรียนว่าจากระบบสมการเดียวกัน การเลือกกำจัดตัวแปรที่ต่างกันจะทำให้นักเรียนได้รับคำตอบของระบบสมการที่แตกต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

9. นักเรียนร่วมกันสรุปขั้นตอนการแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรโดยการกำจัดตัวแปร โดยครูช่วยเพิ่มเติมความรู้บางเรื่องที่นักเรียนยังบกพร่องอยู่

8. สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้

1. ใบความรู้ เรื่อง การแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร
2. ใบงานที่ 1

แหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุดหมวดวิชาคณิตศาสตร์
2. ห้องสมุดโรงเรียน
3. อินเทอร์เน็ต

9. ภาระงาน / ชิ้นงาน

ใบงานที่ 1

10. การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด/ประเมิน	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
ด้านความรู้ (K)	ตรวจใบงาน	ใบงานที่ 1	นักเรียนทำได้ถูกต้อง ร้อยละ 70 ขึ้นไป
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) 1. การแก้ปัญหา 2. การให้เหตุผล 3. การสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ 4. การเชื่อมโยง	-ตรวจใบงาน - การถาม-ตอบ - การสังเกต - ทดสอบความรู้ความเข้าใจ	- ใบงานที่1 - แบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้านการพูดและการเขียน	นักเรียนได้คะแนนรวมร้อยละ 70 ขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะ (A) 1. ทำงานอย่างมีระบบ 2. มีความรอบคอบ 3. มีความรับผิดชอบ	- การสังเกต	- แบบประเมินคุณลักษณะ	นักเรียนผ่านเกณฑ์ในระดับดี

บันทึกหลังการสอน

ผลการสอน

ปัญหา / อุปสรรค

แนวทางการแก้ไข

นางสาวภีมภา ลอยวิเวก

ผู้จัดการเรียนรู้

ใบความรู้ เรื่องการแก้ระบบสมการโดยวิธีกำจัดตัวแปร

การแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรโดยการกำจัดตัวแปร คือ การหาคำตอบของระบบสมการโดยกำจัดตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งให้หมดไป โดยการทำสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่จะกำจัดให้เท่ากันแล้วนำสมการมาบวกกันหรือลบกันเพื่อให้ตัวแปรนั้นหมดไป แล้วแก้สมการหาค่าของตัวแปรที่เหลืออยู่ และนำค่าของตัวแปรนั้นไปแทนในสมการเพื่อหาค่าของตัวแปรอีกตัวหนึ่ง การแก้ระบบสมการโดยการกำจัดตัวแปร มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำให้สัมประสิทธิ์ของตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเท่ากัน หรือทำให้สัมประสิทธิ์เป็นจำนวนตรงข้ามโดยการนำจำนวนใด ๆ คูณหารตลอดทั้งสมการ

ขั้นที่ 2 กำจัดตัวแปรที่มีสัมประสิทธิ์เท่ากันโดยการลบสมการทั้งสอง หรือกำจัดตัวแปรที่มีสัมประสิทธิ์เป็นจำนวนตรงข้ามโดยการบวกสมการทั้งสอง

ขั้นที่ 3 หาค่าของตัวแปรหนึ่ง

ขั้นที่ 4 นำค่าของตัวแปรที่ได้แทนลงในสมการใดสมการหนึ่งแล้วหาค่าของตัวแปรอีกตัวหนึ่ง

ขั้นที่ 5 เมื่อทราบค่าของตัวแปรทั้งสองจะได้คำตอบของระบบสมการในรูป (x, y) ซึ่งคำตอบของระบบ สมการอาจมีหลายคำตอบหรือคำตอบเดียว หรือไม่มีคำตอบก็ได้

ขั้นที่ 6 ตรวจคำตอบของระบบสมการ โดยการนำคำตอบของระบบสมการแทนในสมการทั้งสองแล้วเป็นจริงทั้งสองสมการ

ตัวอย่างที่ 1 จงแก้ระบบสมการ $x+y = 3$

$2x-y = -3$

วิธีคิด

$x+y = 3$ ---------- (1)

$2x-y = -3$ ---------- (2)

(1)+(2) $(x+y)+(2x-y) = 3+(-3)$---------- (3)

$x+2x+y-y = 0$

$3x = 0$

นำ $\frac{1}{3}$ คูณทั้งสมการ

$\frac{1}{3}(3x) = \frac{1}{3}(0)$

$x = 0$

แทนค่า $x = 0$ ในสมการ (1)

$0+y = 3$

$y = 3$

คำตอบของระบบสมการคือ (0,3)

เนื่องจากตัวแปร y ของทั้งสองสมการ มีสัมประสิทธิ์เป็นจำนวนตรงข้าม ($-y+y = 0$) จึงสามารถกำจัดตัวแปร y ได้โดยนำสมการ (1)+(2)

$2x+x = \ldots 3x \ldots\ldots$

$y-y = \ldots 0 \ldots\ldots$

ตัวอย่างที่ 2 $2x-3y = 4$

$5x+3y = -11$

วิธีคิด $2x-3y = 4$ ---------- (1)

$5x+3y = -11$ ---------- (2)

$(1)+(2),\ (2x-3y)+(5x+3y) = 4+(-11)$ ---------- (3)

$2x+5x-3y+3y = -7$

$7x = -7$

เนื่องจากตัวแปร y ของทั้งสองสมการ มีสัมประสิทธิ์เป็นจำนวนตรงข้าม (–3y+3y = 0) จึงสามารถกำจัดตัวแปร y ได้โดยนำสมการ (1)+(2)

2x+5x = ...7x.....
-3y+3y = ...0.....

นำ $\frac{1}{7}$ คูณทั้งสมการ

$\frac{1}{7}(7x) = \frac{1}{7}(-7)$

$X = -1$

แทนค่า $X = -1$ ในสมการ (1)

$2(-1)-3y = 4$

$-2-3y = 4$

นำ 2 บวกทั้งสมการ

$2+(-2)-3y = 4+2$

$-3y = 6$

นำ $\frac{-1}{3}$ คูณทั้งสมการ

$\frac{-1}{3}(-3y) = \frac{-1}{3}(6)$

$y = -2$

คำตอบของระบบสมการคือ (-1, -2)

ตัวอย่างที่ 3 $2x+y = 5$

$3x+y = 7$

วิธีคิด $2x+y = 5$ ---------- (1)

$3x+y = 7$ ---------- (2)

(2)-(1), $(3x+y) - (2x+y) = 7-5$ ---------- (3)

$3x+y-2x-y = 2$

$x = 2$

แทนค่า $x = 2$ ในสมการ (1)

$2(2)+y = 5$

$4+ y = 5$

นำ -4 บวกทั้งสมการ

$-4+4+y = -4+5$

$y = 1$

คำตอบของระบบสมการคือ (2, 1)

เนื่องจากตัวแปร y ของทั้งสองสมการมีสัมประสิทธิ์เท่ากัน (y-y = 0) จึงสามารถกำจัดตัวแปร y ได้โดยนำสมการ (2)-(1)

– (2x+y) = …-2x-y…

3x-2x = …x….

y-y = …0…..

ตัวอย่างที่ 5 $2x+4y = 2$

$3x-2y = 19$

วิธีที่ 1 ถ้าต้องการกำจัดตัวแปร x ให้ทำสัมประสิทธิ์ของตัวแปร x ของทั้งสองสมการให้มีค่าเท่ากันหรือเป็นจำนวนตรงข้าม (ในกรณีนี้จะทำให้สัมประสิทธิ์ของตัวแปร x ของทั้งสองสมการมีค่าเท่ากัน) โดย

1. นำ 3 คูณสมการ (1)

(*จะได้สัมประสิทธิ์ของตัวแปร x เท่ากับ 6)*

2. นำ 2 คูณสมการ (2)

(*จะได้สัมประสิทธิ์ของตัวแปร x เท่ากับ 6)*

วิธีคิด

$2x+4y = 2$ --------- (1)

$3x-2y = 19$ ---------- (2)

$3 \times$ (1), $3(2x)+3(4y) = 3 \times 2$

$6x+12y = 6$ ----------(3)

$2 \times$ (2), $2(3x)-2(2y) = 2 \times 19$

$6x-4y = 38$ --------- (4)

(4)-(3), $(6x-4y)-(6x+12y) = 38-6$

$6x-4y-6x-12y = 32$

$-16y = 32$

นำ $\frac{-1}{16}$ คูณทั้งสมการ

$\frac{-1}{16}(-16y) = \frac{-1}{16}(32)$

$y = -2$

แทนค่า y = -2 ในสมการ (1)

$2x+4(-2) = 2$

$x = 5$

คำตอบของระบบสมการคือ (5, -2)

วิธีที่ 2 ถ้าต้องการกำจัดตัวแปร y ให้ทำสัมประสิทธิ์ของตัวแปร y ของทั้งสองสมการให้มีค่าเท่ากันหรือเป็นจำนวนตรงข้าม (ในกรณีนี้จะทำให้สัมประสิทธิ์ของตัวแปร x ของทั้งสองสมการเป็นจำนวนตรงข้าม) โดย

1. นำ 2 คูณสมการ (2)

(*จะได้สัมประสิทธิ์ของตัวแปร y เท่ากับ -4)*

2. จากสมการ (1)

(*พบว่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร y เท่ากับ 4)*

ซึ่ง -4 เป็นจำนวนตรงข้ามของ 4

วิธีคิด

$2x+4y = 2$ --------- (1)

$3x-2y = 19$ --------- (2)

$2 \times$ (2), $2(3x)-2(2y) = 2 \times 19$

$6x-4y = 38$ --------- (3)

(1)+(3), $(2x+4y)+(6x-4y) = 2+38$

$2x+4y+6x-4y = 40$

$8x = 40$

นำ $\frac{1}{8}$ คูณทั้งสมการ

$\frac{1}{8}(8x) = \frac{1}{8}(40)$

$x = 5$

แทนค่า x = 5 ในสมการ (2)

$3(5)-2y = 19$

$15-2y = 19$

$y = -2$

คำตอบของระบบสมการคือ (5, -2)

ตัวอย่างที่ 5 $x+2y = 8$

$2x+4y = 4$

วิธีคิด $x+2y = 8$ ---------- (1)

$2x+4y = 4$ ---------- (2)

$2 \times (1),\ 2(x)+2(2y) = 2 \times 8$

$2x+4y = 16$ ---------- (3)

$(2) = (3),\ 4 = 16$ ไม่จริง

ระบบสมการนี้ไม่มีคำตอบ

เนื่องจากต้องการกำจัดตัวแปร y จึงต้องทำสัมประสิทธิ์ของตัวแปร y ของสมการทั้งสองให้มีค่าเท่ากันจึงนำ 2 คูณสมการ (1)

เมื่อแก้ระบบสมการแล้วได้สมการที่ไม่เป็นจริง แสดงว่าระบบสมการนี้ไม่มีคำตอบ

ตัวอย่างที่ 6 $2x+y = -3$

$-6x-3y = 9$

วิธีคิด $2x+y = -3$ ---------(1)

$-6x-3y = 9$ ---------(2)

$3 \times (1),\ 3(2x)+3(y) = 3 \times (-3)$

$6x+3y = -9$ ----------(3)

$(2)+(3),\ (-6x-3y) + (6x+3y) = 9+(-9)$

$-6x-3y + 6x+3y = 0$

$0 = 0$ จริง

คำตอบของระบบสมการคือ (x, -3-2x) เมื่อ x เป็นจำนวนจริงใดๆ

เนื่องจากต้องการกำจัดตัวแปร y จึงต้องทำสัมประสิทธิ์ของตัวแปร y ของสมการทั้งสองให้เป็นจำนวนตรงข้าม จึงนำ 3 คูณสมการที่ 1 แล้วค่อยนำสมการทั้งสองสมการมา**บวก**กัน

เมื่อแก้ระบบสมการแล้วได้สมการที่จริง เช่น 0 = 0, 3 = 3 แสดงว่าระบบสมการนี้มีคำตอบมากมายนับไม่ถ้วน

จากสมการ (1) , 2x+y = -3 หาค่าของ y ที่อยู่ในรูปของตัวแปร x จะได้ y = -3-2x

ใบงานที่ 1

เรื่อง การแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรโดยการกำจัดตัวแปร

จงแก้ระบบสมการต่อไปนี้

1. $x+y = 14$
   $x-y = 4$

วิธีคิด

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

2. $3x + y = 4$
   $3x + y = 5$

วิธีคิด

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

3. $2x + 3y = -1$
   $2x - y = 3$

วิธีคิด

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

4. $2x + 3y = 9$
   $x - y = -8$

วิธีคิด

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

5. 3x-y = 7

4x-3y = 11

วิธีคิด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. x+y = $\frac{1}{2}$

x-3y = $\frac{11}{6}$

วิธีคิด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. x+3y = 10

X+9y = 22

วิธีคิด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. 2x+3y = 1.6

3x-4y = 4.1

วิธีคิด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9. 0.2x-0.3y = 0.5

0.5x-0.2y = 0.7

วิธีคิด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10. y = 4x+3

3y-12x = 9

วิธีคิด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของนักเรียน พร้อมทั้งเกณฑ์การให้คะแนน

คำชี้แจง: ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่เป็นจริงมากที่สุด

ชื่อ-นามสกุล	คุณลักษณะที่พึงประสงค์									รวม
	ด้านความรับผิดชอบในการทำงาน			ด้านทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น			ด้านความมีระเบียบวินัย			
	3	2	1	3	2	1	3	2	1	
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										
6.										
7.										
8.										
9.										
10.										
11.										
12.										
13.										

เกณฑ์การให้คะแนน

คุณลักษณะ ด้านความรับผิดชอบในการทำงาน

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 หมายถึง ดีมาก	- ส่งงานก่อนหรือตรงกำหนดเวลานัดหมาย - รับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมายและปฏิบัติเองจนเป็นนิสัย เป็นระบบแก่ผู้อื่นและแนะนำชักชวนให้ผู้อื่นปฏิบัติ
2 หมายถึง ดี	- ส่งงานช้ากว่ากำหนด แต่ได้มีการติดต่อชี้แจงครูผู้สอน - รับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย ปฏิบัติเองจนเป็นนิสัย
1 หมายถึง พอใช้	ส่งงานช้ากว่ากำหนด - ปฏิบัติงานโดยต้องอาศัยการชี้แนะ ตักเตือน

คุณลักษณะ ด้านทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 หมายถึง ดีมาก	ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรมจนสำเร็จด้วยดีทุกครั้ง
2 หมายถึง ดี	ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรมจนสำเร็จด้วยดีเป็นส่วนใหญ่
1 หมายถึง พอใช้	ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรมจนสำเร็จด้วยดีเป็นบางเวลา

คุณลักษณะ ด้านความมีระเบียบวินัย

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 หมายถึง ดีมาก	สมุดงาน ชิ้นงาน สะอาดเรียบร้อย - ปฏิบัติตนอยู่ในข้อตกลงที่กำหนดให้ร่วมกันทุกครั้ง
2 หมายถึง ดี	สมุดงาน ชิ้นงาน ส่วนใหญ่สะอาดเรียบร้อย - ปฏิบัติตนอยู่ในข้อตกลงที่กำหนดให้ร่วมกันเป็นส่วนใหญ่
1 หมายถึง พอใช้	- สมุดงาน ชิ้นงาน ไม่ค่อยเรียบร้อย - ปฏิบัติตนอยู่ในข้อตกลงที่กำหนดให้ร่วมกันเป็นบางครั้ง ต้องอาศัยการแนะนำ ตักเตือน

ภาคผนวก ง

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และแบบสังเกตทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดและการเขียน

รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ โสภณพินิจ	รองศาสตราจารย์ ข้าราชการบำนาญ มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร.ขวัญ เพียซ้าย	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์สุภลักษณ์ สีใส	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ดร.ขวัญ เพียซ้าย	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์นุชนาฏ อังคะนาวิน	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านเนินพลับหวาน
อาจารย์สุภลักษณ์ สีใส	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวภีมภา ลอยวิเวก
วันเดือนปีเกิด	21 ธันวาคม 2526
สถานที่เกิด	อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	19/6 หมู่ 6 ตำบลสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 20180
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครู คศ.1
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร จังหวัดชลบุรี

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2542	มัธยมศึกษาตอนต้น จาก โรงเรียนสิงห์สมุทร จังหวัดชลบุรี
พ.ศ. 2545	มัธยมศึกษาตอนปลาย จาก โรงเรียนสิงห์สมุทร จังหวัดชลบุรี
พ.ศ. 2549	วิทยาศาสตรบัณฑิต วิชาเอกคณิตศาสตร์ จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2550	ประกาศนียบัตรบัณฑิต วิชาชีพครู จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2556	การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนคณิตศาสตร์) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ