

ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ
เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์
และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ปริญญาณิพนธ์
ของ
อ้อมฤดี แซ่มอุบล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา

พฤษภาคม 2553

ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ
เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์
และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ปริญญาณิพนธ์
ของ
อ้อมฤดี แซ่มอุบล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา

พฤษภาคม 2553

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ
เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์
และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

บทคัดย่อ
ของ
อ้อมฤดี แซ่มอบล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา

พฤษภาคม 2553

อ้อมฤดี แซ่มอุปบล. (2553). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถาม
หมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: รองศาสตราจารย์ ดร.จวีวรรณ
เศวตมาลย์, รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการ
คิดวิเคราะห์และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลัง
ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ และ
เปรียบเทียบกับเกณฑ์

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปี
การศึกษา 2552 โรงเรียนวัดสว่างอารมณ์ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 1
ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 42 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)
ระยะเวลาทดลองจำนวน 19 ชั่วโมง โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One-Group Pretest-Posttest
Design สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ t-test for dependent samples และ t-test for one
sample

ผลการวิจัยพบว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ
สืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ
สืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติที่ระดับ .01
3. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ
สืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
4. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ
สืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติที่ระดับ .01
5. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ
สืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

6. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ
สืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติที่ระดับ .01

THE EFFECT OF INQUIRY LEARNING MANAGEMENT EMPHASIZING ON
SIX THINKING HAT QUESTIONS IN “LINEAR EQUATIONS IN ONE VARIABLE” ON
ACADEMIC ACHIEVEMENT, ANALYTICAL THINKING ABILITY AND
MATHEMATICAL COMMUNICATION SKILLS OF MATHAYOMSUKSA I STUDENTS

AN ABSTRACT
BY
OMRUEDEE CHAEM-UBON

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

May 2010

Omruedee Chaem-ubon. (2010). *The Effect of Inquiry Learning Management Emphasizing on Six Thinking Hat Questions in "Linear Equations in One Variable" on Academic Achievement, Analytical Thinking Ability and Mathematical Communication Skills of Mathayomsuksa I Students*. Master Thesis, M.Ed. (Secondary Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisory Committee: Assoc. Prof. Dr. Chaweewan Sawetamalya, Assoc. Prof. Nipa Sripairot.

The purpose of this research was to compare academic achievement, analytical thinking ability and mathematical communication skills of Mathayomsuksa I students before and after learning through inquiry emphasizing on six thinking hat questions and compare them to the criterion.

The subjects of this study were 42 Mathayomsuksa I students in the second semester of the 2010 academic year at Swang-Arom School, Wangnoi, Phanakornsriayuthaya. They were randomly selected by using cluster random sampling. The experimental group was taught for 19 hours. 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 mathematics achievement of the experimental group after learning through inquiry emphasizing on six thinking hat questions was statistically higher than before learning at the .01 level of significance.

2. The mathematics achievement of the experimental group after learning through inquiry emphasizing on six thinking hat questions was statistically higher than the 70 percent criterion at the .01 level of significance.

3. The analytical thinking ability of the experimental group after learning through inquiry emphasizing on six thinking hat questions was statistically higher than before learning at the .01 level of significance.

4. The analytical thinking ability of the experimental group after learning through inquiry emphasizing on six thinking hat questions was statistically higher than the 70 percent criterion at the .01 level of significance.

5. The mathematical communication skills of the experimental group after learning through inquiry emphasizing on six thinking hat questions were statistically higher than before learning at the .01 level of significance.

6. The mathematical communication skills of the experimental group after learning through inquiry emphasizing on six thinking hat questions were statistically higher than the 70 percent criterion at the .01 level of significance.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ
เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์
และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ของ
อ้อมฤดี แซ่มอบล

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่.....เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2553

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉวีวรรณ เศวตมาลย์)

(รองศาสตราจารย์ ดร.นพพร แหยมแสง)

.....กรรมการ

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์)

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉวีวรรณ เศวตมาลย์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยความมีเมตตากรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ฉวีวรรณ เศรษฐมาลย์ ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์และรองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ดูแล ติดตามเอาใจใส่และเสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา ให้ข้อเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิจัย ตลอดจนรองศาสตราจารย์ ดร.นพพร แหยมแสง และอาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน คณะกรรมการสอบปากเปล่า ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ประสาธ สอ้านวงศ์ อาจารย์ทิพย์ สมบัติวิชาธร และอาจารย์ ชัยวัฒน์ ปิ่นทรัพย์ถาวร ที่กรุณาอุทิศเวลาให้ข้อเสนอแนะ คำแนะนำ และตรวจแก้ไขเครื่องมือที่เป็นประโยชน์และมีค่ายิ่งต่อการทำวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คณะครูและอาจารย์โรงเรียนวัดสว่างอารมณ์ที่ให้การช่วยเหลือในการจัดการเรียนการสอนและในการเก็บรวบรวมข้อมูลทำให้การดำเนินการทดลองสำเร็จไปได้ด้วยดี ขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ให้ความร่วมมือในการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ ตลอดจนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ให้ความร่วมมือในการทดลองครั้งนี้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนแก่ผู้วิจัยเสมอมา และขอขอบใจเพื่อนๆ นิสิตปริญญาโท สาขาการมัธยมศึกษา (การสอนคณิตศาสตร์) ทุกคนที่คอยห่วงใย และช่วยเหลือมาโดยตลอด

ท้ายสุดนี้ ขอขอบคุณ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่จัดตั้งโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) และผลักดันให้ข้าราชการทุนในโครงการ สควค. ได้เข้ารับการศึกษาต่อโดยสนับสนุนทุนการศึกษาในการทำวิจัยและทุนการศึกษาตลอดหลักสูตร ซึ่งทำให้ผู้วิจัยสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้ไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดามารดา และครูอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทความรู้ทั้งปวงแก่ผู้วิจัย

อ้อมฤดี แซ่มอบล

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	4
ความสำคัญของการวิจัย	4
ขอบเขตของการวิจัย	4
นิยามศัพท์เฉพาะ	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย	11
สมมติฐานในการวิจัย	11
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบสวนสอบสวน	13
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหมวดความคิดหกใบ	30
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์	46
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์	55
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	75
3 วิธีดำเนินการวิจัย	88
การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง	88
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	88
การเก็บรวบรวมข้อมูล	102
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	104
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	108
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	115
ความมุ่งหมายในการวิจัย	115
สมมติฐานในการวิจัย	115
วิธีดำเนินการวิจัย	116
สรุปผลการวิจัย	117
อภิปรายผล	117

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 (ต่อ)	
ข้อสังเกตจากการวิจัย.....	121
ข้อเสนอแนะ.....	122
บรรณานุกรม.....	124
ภาคผนวก.....	139
ภาคผนวก ก	
การหาคุณภาพของเครื่องมือ.....	140
ภาคผนวก ข	
คะแนนของนักเรียนก่อนและหลังการทดลอง.....	145
ภาคผนวก ค	
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	158
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	203

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ.....	7
2 มาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	81
3 ตัวอย่างการให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัด ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน.....	92
4 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	95
5 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน	96
6 เกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนทักษะ การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน.....	97
7 เกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์.....	102
8 แบบแผนการทดลอง.....	102
9 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้ รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว.....	109
10 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการ จัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับเกณฑ์ (ร้อยละ 70).....	110
11 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ สืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัว แปรเดียว.....	110
12 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับ การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว.....	111
13 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัด การการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับเกณฑ์ (ร้อยละ 70).....	111
14 ระดับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบ สวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปร เดียว.....	112

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
15 ผลการเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว	112
16 ผลการเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับเกณฑ์ (ร้อยละ 70)	113
17 ระดับทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว	113
18 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ จำนวน 60 ข้อ	141
19 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับตัวชี้วัด (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ จำนวน 12 ข้อ	142
20 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ จำนวน 51 ข้อ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Test Analysis Program (TAP)	143
21 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ตามสูตรของวิทนีย์ และซาเบอร์ส (Whitney and Sabers) จำนวน 11 ข้อ โดยใช้โปรแกรม B-Index & Non 0-1 method	144
22 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)	146
23 คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว (คะแนนเต็ม 40 คะแนน)	150
24 คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)	154

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	11
2 ขั้นตอนของกระบวนการสอนแบบสืบสวนสอบสวนของบรูเนอร์.....	16
3 ขั้นตอนของการสอนแบบสืบสวนสอบสวน.....	19
4 หมวกความคิดหกใบ (Six Thinking Hats).....	34
5 รูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้.....	58
6 ระดับของกระบวนการจัดกระทำกับข้อมูลตามทฤษฎีการคิดของมาร์ซาโน.....	59
7 กรอบแนวคิดทักษะการคิดวิเคราะห์.....	60

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การจัดการศึกษาคณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ควรเป็นการจัดการศึกษาเพื่อปวงชน (Mathematics for All) เป็นการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาคนให้เป็นทรัพยากรที่มีค่ามีประสิทธิภาพ และศักยภาพ นอกจากนี้จะต้องเป็นการจัดการศึกษาที่ช่วยเพิ่มพูนคุณภาพชีวิตให้มีความสุข มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม สังคม วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เจริญรุดหน้าไปอย่างไม่หยุดยั้ง (ปานทอง กุลนาถศิริ. 2552: ออนไลน์) เนื่องจากวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศและการดำรงชีวิตมนุษย์ เพราะการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงของมนุษย์ทั้งในอดีต ปัจจุบัน และอนาคตต้องอาศัยวิชาคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น และในชีวิตประจำวันของคนเราก็ได้ใช้วิชาคณิตศาสตร์อย่างไม่รู้ตัว (สิริพร ทิพย์คง. 2533: 1) อีกทั้งคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ ระเบียบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม (กรมวิชาการ. 2546: 1) ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพจึงเป็นจุดหมายสำคัญประการหนึ่งของการศึกษาไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระแสการปฏิรูปการศึกษาในปัจจุบัน ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้เต็มตามศักยภาพของตนเอง การจัดการกิจกรรมคณิตศาสตร์จึงควรมีความหลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีที่สุดในบริบทใดๆ (อัมพร ม้าคะนอง. 2546: คำนำ) แต่สภาพการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เท่าที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่ายังไม่มีคุณภาพที่เพียงพอ อาจเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการด้วยกัน เป็นต้นว่าวิธีการสอนที่ครูนำมาใช้ในห้องเรียนมุ่งเน้นให้นักเรียนทำตามตัวอย่างจนจดจำวิธีการจากครูได้ ครูมักสอนด้วยวิธีการที่ไม่มี ความหลากหลาย ยึดตัวเองเป็นสำคัญ ไม่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดและได้แสดงออกเท่าที่ควร ทำให้ผู้เรียนมีศักยภาพในด้านทักษะการคิดต่ำ สอดคล้องกับการประเมินผลของหลายหน่วยงานที่พบว่า นักเรียนไทยส่วนมากขาดทักษะกระบวนการในการคิดวิเคราะห์ ทั้งที่คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์หนึ่งที่คุณครูสามารถใช้เป็นสื่อในการสอนให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ได้ดี แต่การจัดการกิจกรรมการสอนไม่นำไปสู่การพัฒนาการคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาของนักเรียน (เผยแพร่ผลสัมฤทธิ์ “คณิต” น.ร.ไทยต่ำ. 2550: 27) ดังนั้นหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จึงมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ ซึ่งการพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดนั้น จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ประการหนึ่งคือ ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศ เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

สำหรับความสามารถในการคิดวิเคราะห์นั้น เป็นพื้นฐานหรือขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการคิดระดับสูง ซึ่งได้แก่ การแก้ปัญหา การตัดสินใจ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดสร้างสรรค์ จึงได้มีนักการศึกษา นักคิด และนักจิตวิทยาหลายท่านได้ศึกษาความสามารถทางสมอง ด้านการคิดวิเคราะห์ เช่น ในปี ค.ศ.1956 บลูม (Bloom) ได้เสนอทฤษฎีการคิดวิเคราะห์โดย แบ่งแยกย่อยออกเป็น 3 แบบคือ วิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หลักการ (Bloom. 1956: 6-9) และในปี ค.ศ.2001 มาร์ซาโน (Marzano. 2001: 60) ได้เสนอทฤษฎีการคิดของมาร์ซาโน โดยการคิดในขั้นวิเคราะห์นั้น สามารถจำแนกเป็น 5 ด้านย่อย คือ ด้านการจำแนก ด้านการจัดหมวดหมู่ ด้านการสรุป ด้านการประยุกต์ และด้านการคาดการณ์ เป็นต้น ซึ่งความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนนั้น สามารถพัฒนาได้จากการจัดประสบการณ์ที่หลากหลาย และจากบรรยากาศของการเรียนรู้ร่วมกัน เช่น การแลกเปลี่ยนความคิด การชี้แจงเหตุผล การแก้ปัญหา รวมถึงวิธีการสอนของครูที่จะส่งผลต่อความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนเป็นกระบวนการเรียนรู้หนึ่ง ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิดด้วยวิธีฝึกให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาค้นคว้าหาความรู้ โดยครูผู้สอนตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง (สุวิทย์ มูลคำ. 2547: 33) ดังนั้นจะพบว่า ข้อดีของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสวนสอบสวนคือ บทบาทของครูผู้สอนเปลี่ยนจากผู้บอกมาเป็นผู้ถาม ซึ่งวิธีดังกล่าวจะทำให้นักเรียนกระตือรือร้นมากขึ้น (สมชาย ชูชาติ. 2538: 82) เพราะการใช้คำถามมีส่วนสำคัญที่จะพัฒนากระบวนการคิดของผู้เรียน สำหรับในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ การใช้คำถามมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าการหาคำตอบ ครูผู้สอนหลายท่านได้ให้ความสำคัญกับการใช้คำถามในชั้นเรียน อย่างไรก็ตาม จากผลการวิจัยพบว่า 93% ของคำถามที่ครูผู้สอนใช้ในชั้นเรียนนั้น เป็นคำถามที่วัดความจำ ซึ่งไม่ใช่คำถามที่จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิด แต่ในบางครั้งเมื่อได้ลองใช้คำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดแล้วกลับต้องผิดหวังกับผลที่ได้ ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนยังขาดประสบการณ์เกี่ยวกับคำถาม จึงต้องอาศัยเวลาและการฝึกฝนเพื่อพัฒนาและจัดระบบกระบวนการคิด ที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งก็คือ ครูยังต้องพัฒนาเทคนิคการใช้คำถามที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง (โกสุม กรีทอง. 2551: 40)

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550: 2) ได้เสนอรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบการพัฒนากระบวนการคิด จิตพิสัยและการจัดการไว้หลายวิธี เช่น การใช้คำถามที่จูงใจหรือท้าทายให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้น บรรณาณาที่จะแสดงความคิดเห็นตอบคำถามนั้นๆ และการตั้งคำถามโดยใช้หมวกความคิดหกใบ ซึ่งเป็นแนวคิดของ เดอ โบโน (De Bono) และได้รับการยอมรับว่า คำถามสามารถนำไปใช้พัฒนาทักษะการคิด อารมณ์ และความรู้สึกของผู้เรียนได้อย่างเป็นขั้นตอน โดยการใช้สีหมวกเป็นเครื่องหมายกำหนดมุมมองหรือทิศทางในการคิดดังนี้ หมวกสีขาวเป็นการค้นหาข้อมูล ข้อเท็จจริงของสถานการณ์ หมวกสีเขียว เป็นการค้นหาแนวความคิดใหม่ๆ และความคิดสร้างสรรค์ หมวกสีเหลือง เป็นการคิดถึงผลในทางบวก ข้อดี จุดเด่น คุณค่า คิดถึงความ เป็นไปได้และประโยชน์ที่ได้รับ หมวกสีดำ เป็นการคิดถึงผลในทางลบ จุดอ่อน จุดบกพร่อง

ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น หมวกสีแดง เป็นการคิดจากอารมณ์ ความรู้สึก หมวกสีฟ้า เป็นการกำหนดปัญหา การสรุป (สุนันทา สายวงศ์. 2544: 3) โดยบทบาทของครูคือ เปิดโอกาสและส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงออกด้วยการตั้งคำถามและคิดอย่างสร้างสรรค์ ส่งเสริมให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากกลุ่มด้วยการฝึกคิด ฝึกทำ ใช้สื่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และการคิดของผู้เรียน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. 2550: 8) ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นที่ว่า สิ่งสำคัญประการหนึ่งที่ครูแต่ละคนต้องทำก็คือ หาวิธีที่ดีที่สุดที่จะทำให้ผู้เรียนได้คิดและให้เหตุผลในทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว อะไรที่สามารถเชื่อมโยงความรู้ ทักษะ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ครูส่วนมากสรุปว่า การที่นักเรียนมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และสามารถอธิบายได้อย่างถูกต้องในวิธีที่ตนเองได้ทำ (Lee. 1999: คำนำ)

การเขียนสื่อสารแนวคิดเป็นสิ่งสำคัญ และควรให้นักเรียนได้ฝึกเขียนแสดงแนวคิดของตนเอง เพื่อให้นักเรียนได้เห็นว่าการเขียนเป็นส่วนสำคัญของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ นักเรียนต้องเข้าใจว่าทำไมจึงต้องเขียนอธิบาย นั่นคือเป้าหมายของการเขียนต้องชัดเจนกับนักเรียน (Rowan; & Morrow. 1993: 9-11) ซึ่งสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐาน สาระที่ 6 ซึ่งได้กำหนดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาตรฐาน ค.6.1 ว่า ให้ผู้เรียนมีความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากทักษะ/กระบวนการสื่อสารเป็นทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในอนาคต จึงจำเป็นต้องฝึกฝนให้นักเรียนมีทักษะ/กระบวนการสื่อสาร ได้แก่ การสนทนา การซักถาม การอธิบายสิ่งต่างๆ ได้อย่างคล่องแคล่ว มีความสามารถในการฟัง พูด อ่าน เขียน ทักษะในการนำเสนอ และมีความสามารถทั้งการพูดการเขียนให้ผู้อื่นเข้าใจ มีทักษะในการรับฟังข่าวสาร ข้อมูลและสามารถวิเคราะห์สารที่ได้รับอย่างมีเหตุผล สามารถสรุปความรู้ที่ได้อย่างรวดเร็วถูกต้อง ตรงประเด็น ขยายความ แปลความหมายสิ่งที่ตนเองรู้ได้โดยมีข้อสรุปอ้างอิงอย่างมีเหตุผล ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนจึงควรมีการปรับปรุงและพัฒนาให้เหมาะสมกับความเจริญในโลกปัจจุบัน เพื่อให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถด้านทักษะและกระบวนการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ (กรมวิชาการ. 2542: 1)

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดทบทวน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดทบทวนกับเกณฑ์
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดทบทวน
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดทบทวนกับเกณฑ์
5. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดทบทวน
6. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดทบทวนกับเกณฑ์

ความสำคัญของการวิจัย

ผลของการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับครูผู้สอนคณิตศาสตร์และผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และทักษะการสื่อสารของผู้เรียน ซึ่งจะช่วยทำให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดสว่างอารมณ์ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 94 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดสว่างอารมณ์ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 42 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

2.2 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

2.3 ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ช่วงชั้นที่ 3) ภาคเรียนที่ 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ซึ่งแบ่งเนื้อหาออกเป็น

1. แบบรูปและความสัมพันธ์	จำนวน	3 ชั่วโมง
2. คำตอบของสมการ	จำนวน	1 ชั่วโมง
3. สมบัติของการเท่ากัน	จำนวน	1 ชั่วโมง
4. การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว	จำนวน	5 ชั่วโมง
5. โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว	จำนวน	5 ชั่วโมง

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 ใช้เวลาการดำเนินการทดลอง 19 ชั่วโมง โดยดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน 15 ชั่วโมง ทำการทดสอบก่อนเรียน 2 ชั่วโมงและทำการทดสอบหลังเรียน 2 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยดำเนินการทดลองสอนด้วยตนเอง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน หมายถึง การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และฝึกให้ผู้เรียนคิดหาคำตอบด้วยตนเอง โดยผู้สอนเป็นผู้ตั้งคำถามและใช้คำถามอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ผู้เรียนสามารถคิดตามเป็นลำดับไปจนสามารถสรุปได้ ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นสังเกต เป็นขั้นที่ผู้สอนสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและตั้งคำถามต่างๆจากสถานการณ์นั้นๆ เพื่อให้ผู้เรียนสังเกตและประเมินสถานการณ์ที่ได้รับ เป็นการกระตุ้นและสร้างความสนใจของผู้เรียน

1.2 ขั้นอธิบาย เป็นขั้นที่ผู้สอนกระตุ้นความคิดของผู้เรียนโดยการตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนพยายามหาคำอธิบาย หาสาเหตุของปัญหา หรือตอบโจทย์จากคำถามในขั้นแรก โดยพยายามให้ผู้เรียนนำความรู้ ประสบการณ์เดิม และข้อมูลที่มีอยู่มาใช้ในการแก้ปัญหา เป็นการฝึกความคิดของผู้เรียนจากเหตุไปสู่ผล และจากผลไปสู่เหตุ

1.3 ขั้นทำนายและทดสอบ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำข้อมูลทั้งหมดร่วมกันอภิปรายความเป็นไปได้ของคำตอบ และทดลองหาคำตอบของปัญหาจากวิธีการทั้งหมดที่คาดคะเนไว้ เพื่อดูว่าวิธีการใดที่จะสามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุด โดยผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำหรือให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนต้องการ

1.4 ขั้นนำไปใช้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ใหม่ที่ได้นำไปปรับใช้กับสถานการณ์หรือปัญหาใหม่ๆ ที่คล้ายคลึงกัน

2. หมวกความคิดหกใบ หมายถึง วิธีการคิดอย่างเป็นระบบในการพิจารณาสถานการณ์หรือปัญหาที่เกิดขึ้น โดยใช้สีของหมวกเป็นสัญลักษณ์แทนการคิดหกด้าน ซึ่งเป็นแนวคิดของ เดอ โบโน (De Bono) ดังนี้

2.1 หมวกสีขาว เป็นการแสดงการคิดที่เกี่ยวกับข้อมูลตัวเลขข้อเท็จจริงของสถานการณ์

2.2 หมวกสีแดง เป็นการแสดงการคิดเกี่ยวกับความรู้สึก อารมณ์

2.3 หมวกสีดำ เป็นการแสดงการคิดเกี่ยวกับผลในทางลบ จุดอ่อน จุดบกพร่อง ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น การสำรวจความเป็นไปได้และการตรวจสอบความเหมาะสม




2.4 หมวกสีเหลือง เป็นการแสดงการคิดเกี่ยวกับผลในทางบวก ข้อดี จุดเด่น คุณค่า และประโยชน์ที่ได้รับ

2.5 หมวกสีเขียว เป็นการแสดงการคิดหาแนวความคิดใหม่ ๆ ทางเลือก ความเป็นไปได้ และความคิดสร้างสรรค์



2.6 หมวกสีฟ้า เป็นการแสดงการคิดที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมสิ่งต่างๆให้อยู่ในระบบ ข้อสรุป ความคิดรวบยอด การมองเห็นภาพและการดำเนินการที่มีขั้นตอนเป็นระบบ

3. การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ใช้วิธีสอนแบบสืบสวนสอบสวน ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นสังเกต ขั้นอธิบาย ขั้นทำนายและทดสอบ และขั้นนำไปใช้ โดยในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้นั้น ผู้สอนจะเน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้เรียนติดตามเป็นลำดับไปจนสามารถสรุปความรู้ได้ด้วยตนเอง สามารถแสดงการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ ดังตาราง 1

ตาราง 1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ

ขั้นตอนการสอน แบบสืบสวนสอบสวน	การตั้งคำถาม	หมวกความคิดหกใบ
1.ขั้นสังเกต - ผู้สอนจัดสถานการณ์หรือ กิจกรรมที่กระตุ้นและสร้างความสนใจ ของผู้เรียน	คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียน พิจารณาสถานการณ์ที่กำหนดให้ และตอบได้ว่ามีข้อมูลอะไรบ้างที่ เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น	 หมวกสีขาว การคิดเกี่ยวกับข้อมูล ตัวเลข ข้อเท็จจริงของ สถานการณ์
	คำถามเพื่อให้ทราบถึงความรู้สึก ของผู้เรียนที่มีต่อสถานการณ์หรือ กิจกรรมที่จัดขึ้น	 หมวกสีดำ การคิดเกี่ยวกับ ความรู้สึก อารมณ์
2.ขั้นอธิบาย - ผู้เรียนหาเหตุผลเพื่ออธิบาย สาเหตุของปัญหาจากประสบการณ์ เดิมและข้อมูลที่มีอยู่	คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหา สาเหตุที่เป็นไปได้ที่ทำให้เกิด ปัญหาและเสนอทางเลือกในการ แก้ปัญหา	 หมวกสีเหลือง การคิดเกี่ยวกับผลใน ทางบวก ข้อดี ประโยชน์ที่ได้รับ
	คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนบอก ถึงการดำเนินการในการแก้ปัญหา หรือการวางแผนการแก้ปัญหา	 หมวกสีดำ การคิดเกี่ยวกับ ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
	คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนบอก ประโยชน์ของข้อมูลที่มีอยู่ว่า สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ได้อย่างไร	

ตาราง 1 (ต่อ)

ขั้นตอนการสอน แบบสืบสวนสอบสวน	การตั้งคำถาม	หมวกความคิดหกใบ
3.ขั้นทำนายและทดสอบ - ผู้เรียนทดสอบวิธีการที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาและคาดคะเนผลที่เกิดขึ้น	คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนพิจารณาความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหาแต่ละวิธีและเลือกทดสอบวิธีที่ดีที่สุดโดยคำนึงถึงข้อจำกัดของแต่ละวิธี	 หมวกสีฟ้า การคิดที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมสิ่งต่างๆให้อยู่ในระบบ ข้อสรุป ความคิดรวบยอด
	คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนบอกถึงข้อดีของวิธีการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนเลือกนำมาใช้	
	คำถามเพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อวิธีการแก้ปัญหาแต่ละวิธี	
4.ขั้นนำไปใช้ - ผู้เรียนนำหลักการ กฎเกณฑ์ และวิธีแก้ปัญหาค้นพบไปประยุกต์ใช้ได้	คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถสรุปหลักการ กฎเกณฑ์ ความรู้หรือวิธีการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง	 หมวกสีเขียว การคิดหาแนวความคิดใหม่ๆ การคิดสร้างสรรค์
	คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถนำหลักการ กฎเกณฑ์ และวิธีแก้ปัญหาค้นพบไปปรับใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้	

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากคะแนนการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบ จำนวน 6 ข้อ โดยสอดคล้องกับพฤติกรรมด้านความรู้และความคิด (Cognitive Domain) ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ตามที่ วิลสัน (Wilson. 1971: 643-685) จำแนกไว้เป็น 4 ระดับ คือ

4.1 ความรู้ความจำด้านการคิดคำนวณ (Computation) ประกอบด้วยความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง คำศัพท์ นิยามและความสามารถในการคิดคำนวณตามลำดับขั้นตอนที่เคยเรียนรู้มาแล้ว

4.2 ความเข้าใจ (Comprehension) ประกอบด้วยความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอด หลักการ กฎ การสรุปอ้างอิงและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการเปลี่ยนรูปแบบปัญหาจากแบบหนึ่งไปยังอีกแบบหนึ่ง การติดตามหาเหตุผล การอ่านและการตีความโจทย์

4.3 การนำไปใช้ (Application) ประกอบด้วยความสามารถในการแก้ปัญหาที่ประกอบอยู่ระหว่างเรียน ตลอดจนความสามารถในการเปรียบเทียบ การวิเคราะห์ข้อมูลและการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้างที่เหมือนและสมมาตรกัน

4.4 การวิเคราะห์ (Analysis) ประกอบด้วยความสามารถในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและไม่มีในแบบฝึกหัด แต่อยู่ในขอบเขตของเนื้อหาที่เรียน ตลอดจนความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ การพิสูจน์ การสร้างสูตรและทดสอบความถูกต้อง

5. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาแยกแยะส่วนย่อยๆของเหตุการณ์ เรื่องราว หรือเนื้อเรื่องต่างๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญและสัมพันธ์กันอย่างไร เป็นการคิดพิจารณาอย่างมีเหตุมีผลเพื่อหาข้อสรุปหรือหลักการที่จะสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง โดยการวัดด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก สำหรับในการวิจัยครั้งนี้วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยนำหลักการของบลูม (Bloom) 3 หลักการ คือ หลักการวิเคราะห์หน่วยย่อย หลักการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และหลักการวิเคราะห์หลักการ และทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของมาร์ซาโน (Marzano) 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการจำแนก ด้านการจัดหมวดหมู่ ด้านการสรุป ด้านการประยุกต์ และด้านการคาดการณ์ มาบูรณาการร่วมกัน เป็นการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 5 ด้าน คือ

5.1 ด้านการจำแนก หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะส่วนย่อยต่างๆและเหตุการณ์ที่เหมือนกันและแตกต่างกัน ออกเป็นแต่ละส่วนให้เข้าใจง่ายอย่างมีหลักเกณฑ์ สามารถระบุตัวอย่างหลักฐาน และลักษณะความเหมือน ความแตกต่างได้

5.2 ด้านการจัดหมวดหมู่ หมายถึง ความสามารถในการจัดประเภท จัดลำดับ จัดกลุ่มของสิ่งที่มีลักษณะเดียวกันเข้าด้วยกัน โดยยึดโครงสร้างลักษณะหรือคุณสมบัติที่เป็นประเภทเดียวกัน

5.3 ด้านการเชื่อมโยง หมายถึง ความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆว่าสัมพันธ์กันอย่างไร

5.4 ด้านการสรุป หมายถึง ความสามารถในการจับประเด็นและสรุปผลจากสิ่งที่กำหนดให้ได้

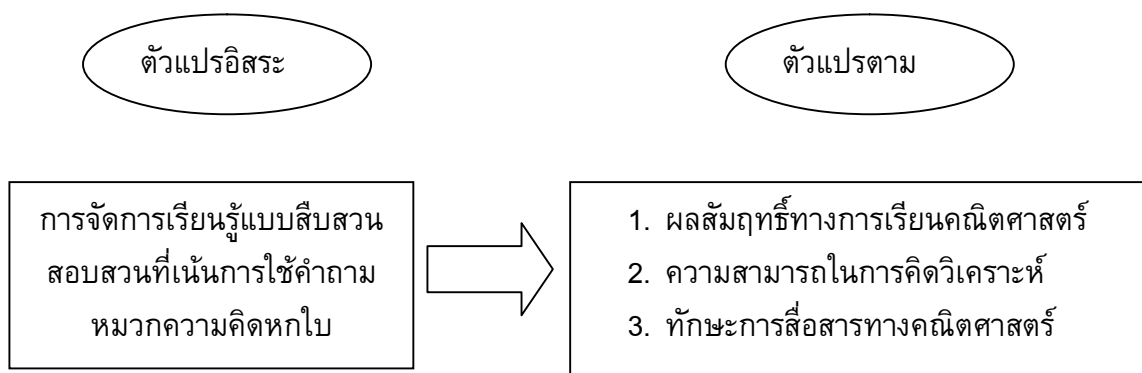
5.5 ด้านการประยุกต์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้หรือหลักการจากการเรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ สามารถคาดการณ์ พยากรณ์ คาดเดาสິงที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

6. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการถ่ายทอดเรื่องราวแนวความคิดหรือความคิดเห็นทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้การเขียน เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในความคิดหรือแนวความคิดของตนเอง วัดได้จากแบบทดสอบแบบเขียนตอบฉบับเดียวกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยนำเกณฑ์การประเมินคณิตศาสตร์โดยการสื่อสารแนวความคิดของ เคนเนดี และทิปส์ (Kennedy and Tipps. 1994: 112; citing Vermont Department Education. n.d.: 14-15) ซึ่งจำแนก ออกเป็น 3 ด้าน คือ ภาษาคณิตศาสตร์ การใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอแนวคิด มาประยุกต์ใช้เป็นเกณฑ์ในการให้คะแนน

7. เกณฑ์ หมายถึง คะแนนขั้นต่ำที่จะยอมรับว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการคิดวิเคราะห์และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ วิเคราะห์ได้จากคะแนนแบบทดสอบหลังเรียน แล้วนำคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเทียบกับเกณฑ์ โดยในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนรวม ซึ่งปรับปรุงมาจากเกณฑ์การตัดสินผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของสำนักนิเทศและพัฒนามาตรฐานการศึกษา (2545: 126) ดังนี้

คะแนน	ความหมาย
ร้อยละ 80-100	มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ /ความสามารถในการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับดีมาก
ร้อยละ 70-79	มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ /ความสามารถในการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับดี
ร้อยละ 60-69	มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ /ความสามารถในการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับปานกลาง
ร้อยละ 50-59	มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ /ความสามารถในการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับพอใช้
ต่ำกว่าร้อยละ 50	มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ /ความสามารถในการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับต้องปรับปรุง

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
3. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้
4. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
5. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้
6. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบสวนสอบสวน
 - 1.1 ความหมายของการสอนแบบสืบสวนสอบสวน
 - 1.2 รูปแบบและขั้นตอนของการสอนแบบสืบสวนสอบสวน
 - 1.3 บทบาทของครูในการสอนแบบสืบสวนสอบสวน
 - 1.4 ข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบสวนสอบสวน
 - 1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบสวนสอบสวน
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหมวกความคิดหกใบ
 - 2.1 ความหมายของหมวกความคิดหกใบ
 - 2.2 ความมุ่งหมายของหมวกความคิดหกใบ
 - 2.3 ประโยชน์ของหมวกความคิดหกใบ
 - 2.4 การเรียนการสอนโดยใช้หมวกความคิดหกใบ
 - 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหมวกความคิดหกใบ
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
 - 3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
 - 3.2 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.3 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
 - 3.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์
 - 4.1 ความหมายของความสามารถในการคิดวิเคราะห์
 - 4.2 ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์
 - 4.3 องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์
 - 4.4 ลักษณะของการคิดวิเคราะห์
 - 4.5 การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
 - 4.6 แนวทางการสอนการคิดวิเคราะห์
 - 4.7 การจัดการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการคิดวิเคราะห์
 - 4.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์

5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
 - 5.1 ความหมายของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
 - 5.2 ความสำคัญของการสื่อสาร
 - 5.3 องค์ประกอบของการสื่อสาร
 - 5.4 มาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
 - 5.5 บทบาทของครูในการส่งเสริมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
 - 5.6 ประโยชน์ของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
 - 5.7 การประเมินการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
 - 5.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบสวนสอบสวน

การเรียนการสอนในปัจจุบันเห็นว่า ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ ทำให้เกิดการพัฒนาในเชิงทฤษฎีการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ทำให้นิยามของการสอนเปลี่ยนแปลงไป โดยมีการนิยามให้สอดคล้องกับเป้าหมายและวิธีการจัดการเรียนการสอนยุคใหม่ ดังนั้น คำว่า “การสอน” จึงถูกใช้แทนด้วยคำว่า “การจัดการเรียนรู้” ซึ่งสำหรับในงงานวิจัยครั้งนี้ ทั้ง 2 คำนี้มีความหมายเป็นแบบเดียวกัน

1.1 ความหมายของการสอนแบบสืบสวนสอบสวน”

วิธีสอนที่เรียกว่า Inquiry ได้มีนักการศึกษาหลายท่านเรียกชื่อต่าง ๆ กันออกไป เช่น “การสืบเสาะหาความรู้” “การสืบสอบ” “การสืบสวนสอบสวน” “การสืบเรื่องราว” “การสืบคิดค้น” เป็นต้น สำหรับการกล่าวถึง Inquiry ในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้คำว่า “สืบสวนสอบสวน”

ซันด์; และ ไทรว์บริดจ์ (Sund; & Trowbridge. 1967: 73) ได้นิยามการสอนแบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry) ว่า เป็นการค้นคว้าหาความรู้หรือความจริง โดยเน้นที่วิธีการหาความจริงมากกว่าอ้างความจริงซึ่งเป็นผลมาจากการค้นคว้า สิ่งสำคัญในการสอนแบบนี้คือ ครูจะต้องบอกให้นักเรียนรู้จักวิธีการเรียนรู้ จะเห็นได้ว่าการสอนแบบสืบสวนสอบสวนนี้ มีความสัมพันธ์ในรูปแบบการสอนเป็นการสอนที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา มุ่งให้ผู้เรียนค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูจะเป็นผู้เ้าเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย ช่วยจัดสถานการณ์และอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับการแก้ปัญหา และอาจร่วมมืออภิปรายกับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้สังเกตที่ถูกต้อง

กู๊ด (Good. 1973: 303) ได้ให้คำจำกัดความของการสอนแบบสืบสวนสอบสวนว่ามีลักษณะเป็นแบบเดียวกับการสอนโดยวิธีแก้ปัญหา (Problem Solving Approach) โดยระบุลักษณะสำคัญคือ

1. เป็นการเรียนจากกิจกรรมที่จัดขึ้น
2. ผู้เรียนใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการทำกิจกรรม

คาริน (Carin. 1993: 86) กล่าวว่า การสอนแบบสืบสวนสอบสวนเป็นกระบวนการที่เมื่อพบปัญหาแล้วมีการตั้งสมมติฐานหรือหาคำตอบที่เป็นไปได้ ทดสอบสมมติฐานนั้นด้วยข้อมูลที่รวบรวมได้ แล้วพยายามที่จะประยุกต์ข้อสรุปนั้นมาเป็นความรู้ใหม่ โดยมีประเด็นหลักอยู่ที่กระบวนการ (Process) มากกว่าผลผลิต

มัวร์; และ ควินน์ (Moore; & Quinn. 1994: 212) กล่าวว่า การสอนแบบสืบสวนสอบสวนเป็นการเรียนรู้ที่มุ่งมั่นเพื่อจะแก้ปัญหา โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการหาคำตอบ

วีรยุทธ วิเชียรโชติ (2521: 1) กล่าวว่า การสอนแบบสืบสวนสอบสวนเป็นกระบวนการสืบเสาะหาความจริง เพื่อนำไปสู่การค้นพบตามธรรมชาติ ลักษณะคุณสมบัติต่างๆ ตลอดจนค้นพบกฎเกณฑ์ของธรรมชาติแล้วนำกฎเกณฑ์ที่ค้นพบนั้นมาประยุกต์ใช้อย่างสร้างสรรค์

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2537: 92) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบสวนสอบสวนว่า เป็นกระบวนการตรวจสอบปัญหาหรือสถานการณ์อันหนึ่งอันใดในการค้นหาความจริง การสืบสวนสอบสวนเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยสถานการณ์นั้น จึงเป็นปัญหาสำหรับผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนต้องค้นหาสาเหตุเพื่อมาอธิบายปัญหานั้นโดยผู้เรียนและผู้สอนเป็นผู้สืบสวนสอบสวนด้วยการตั้งคำถาม จุดมุ่งหมายปลายทางคือผู้เรียนสามารถสรุปความรู้ได้ด้วยตนเอง

สมชาย ชูชาติ (2538: 82) กล่าวว่า วิธีการสอนแบบสืบสวนสอบสวนเป็นการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนรู้ด้วยตนเอง โดยอาศัยหลักการและวิธีการทางวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกับวิธีการสอนแบบแก้ปัญหา เพื่อพัฒนาความสามารถในการใช้สติปัญญาของผู้เรียน

วิจิต สุรัตน์เรืองชัย (2540: 82) กล่าวว่า วิธีการสอนแบบสืบสวนสอบสวน หมายถึง การสอนที่เน้นให้นักเรียนค้นคว้าความรู้ด้วยตนเองโดยใช้การสังเกต สอบถาม และทดลองจนได้ข้อสรุป

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2542: 16) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry instruction) เป็นการใช้คำถามที่มีความหมาย เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสืบค้นหรือค้นหาคำตอบในประเด็นที่กำหนดให้ เน้นการให้ผู้เรียนรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง

กรมวิชาการ (2544: 36) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบสวนสอบสวนว่า หมายถึง การสอนที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้ โดยใช้กระบวนการคิดหาเหตุผล จนค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง โดยครูตั้งคำถามประเภทกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความคิดหาวิธีการแก้ปัญหาและสามารถนำวิธีการนั้นมาแก้ปัญหา

ไสว พักขาว (2544: 102) กล่าวว่า วิธีการสอนแบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry method) เป็นวิธีการสอนที่เน้นการแสวงหาความรู้เพื่อการแก้ปัญหาโดยใช้คำถาม จัดเป็นวิธีการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน บทบาทของครูผู้สอนจะลดลง ผู้สอนจะเปิดโอกาสและชี้แนะให้ผู้เรียนได้ร่วมคิด ร่วมแสดงความคิดเห็น ร่วมค้นคว้า และสรุปความรู้ด้วยตนเองจากการถามตอบ หรือครูและผู้เรียนผลัดกันถามก็ได้ แต่รูปแบบที่ผู้เรียนเป็นผู้ถามจะสอดคล้องกับแนวการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางมากที่สุด

สุวิทย์ มูลคำ; และ อรทัย มูลคำ (2545: 136) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน คือ กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาหาความรู้ โดยผู้สอนตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางการแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง สรุปเป็นหลักการ กฎเกณฑ์ หรือวิธีการในการแก้ปัญหา และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการควบคุมปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือสร้างสรรค์สิ่งแวดล้อมในสภาพการณ์ต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง

ทิตินา แชมมณี (2551: 141) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบสวนสอบสวน (Inquiry Instruction) หมายถึง การดำเนินการเรียนการสอนโดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือเสาะแสวงหาความรู้เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่างๆ ให้แก่ผู้เรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการและการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้นสรุปได้ว่า การสอนแบบสืบสวนสอบสวน หมายถึง การเรียนการสอนที่เน้นการฝึกให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหาโดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้สอนเป็นผู้ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย มีการตอบโต้กันระหว่างผู้เรียนและผู้สอนจนกระทั่งผู้เรียน ค้นพบข้อสรุป หลักการหรือกฎเกณฑ์ต่างๆ ด้วยตนเองและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

1.2 รูปแบบและขั้นตอนของการสอนแบบสืบสวนสอบสวน

บรูเนอร์ (Bruner. 1966: 89) ได้เสนอกระบวนการสืบสวนสอบสวนไว้เป็น 4 ขั้น ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในชื่อ OEPIC Techniques ดังรายละเอียดต่อไปนี้

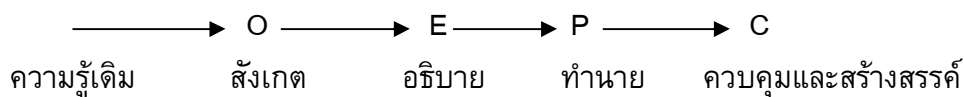
1. ขั้นสังเกต (Observation-O) เป็นขั้นที่สำคัญที่สุดอันดับแรกของกระบวนการแสวงหาความรู้ ขั้นสังเกตนี้ครูจัดสถานการณ์ กิจกรรมหรือสาธิตการทดลองให้ผู้เรียนสังเกต จะทำให้ผู้เรียนเกิดปัญหาขัดข้องใจ (Conflict) ผู้เรียนจะถามเพื่อให้ได้ข้อมูลแล้วจดบันทึกข้อมูลเหล่านั้นไว้เป็นพื้นฐาน เพื่อนำมาประกอบการพิจารณาตั้งสมมติฐานต่อไป

2. ขั้นอธิบาย (Explanation-E) เมื่อใช้การสังเกตการณ์เก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นแรกแล้ว ต่อไปพยายามอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์นั้นๆ ว่ามีอะไรเป็นสาเหตุ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้นโดยพยายามหาแนวทางในการอธิบายไว้หลายๆ ทางตามแบบของการตั้งสมมติฐาน

3. ขั้นทำนายหรือคาดคะเน (Prediction-P) เมื่อทดลองสมมติฐานเพื่อหาทางอธิบายว่าปัญหาเหล่านั้นมีสาเหตุจากอะไรแล้วผู้เรียนก็พอจับเค้าโครงของปัญหาได้แน่ชัดขึ้น ฉะนั้นจะสามารถคาดคะเนได้ว่าถ้ามีสาเหตุเช่นเดียวกันอีกจะเกิดอะไรตามมา แม้ว่าจะไม่มีสถานการณ์เช่นนั้นปรากฏให้เห็นจริงๆ

4. ขั้นนำไปใช้และสร้างสรรค์ (Control and creativity-C) คือ ขั้นที่สามารถนำแนวคิดที่ได้รับไปใช้ในการแก้ปัญหากับสถานการณ์อื่นๆ ได้อย่างถูกต้อง

สรุปขั้นตอนของกระบวนการสอนแบบสืบสวนสอบสวนของบรูเนอร์ ได้ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนของกระบวนการสอนแบบสืบสวนสอบสวนของบรูเนอร์
 ที่มา: เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต. (2528). เทคโนโลยีทางการศึกษา. หน้า 180.

เบล (Bell. 1978: 240 - 258) กล่าวถึงรูปแบบการสอนแบบสืบสวนสอบสวนในวิชา
 คณิตศาสตร์แบ่งเป็น 4 ขั้นคือ ขั้นสังเกต ขั้นอธิบาย ขั้นพยากรณ์และทดลอง และขั้นนำไปใช้ดังนี้

1. ขั้นสังเกต ผู้สอนจัดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้ผู้เรียนเผชิญกับสถานการณ์ที่ฉงน
 สงสัย หรือพยายามค้นพบหลักการโดยสังเกต วิเคราะห์ ประเมินสถานการณ์และตั้งคำถาม
 ผู้แก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพและนักคณิตศาสตร์ที่ประสบความสำเร็จมากที่สุด คือ ผู้ที่ตั้งคำถามดี
 ที่สุด คำถามที่ดีจะนำไปสู่หลักการที่มีประโยชน์และคำถามที่ดีจะมีผลในการแก้ปัญหาที่ยาก การหา
 สิ่งที่เป็นประโยชน์และน่าสนใจในการสืบสวนสอบสวนทางคณิตศาสตร์จะต้องดูว่าสิ่งที่กำหนดให้คือ
 อะไรและสืบสวนสอบสวนโดยพิจารณาตามสิ่งที่กำหนดให้ นั้น การสืบสวนสอบสวนมิได้ต้องการ
 เพียงผลเท่านั้นควรจะสืบสวนให้มากกว่าที่ต้องการ ตัวอย่างการตั้งคำถาม เช่น

- ทำไมวิธีการนี้จึงทำได้
- ทำไมวิธีการนี้ได้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง
- มีวิธีที่ดีกว่านี้หรือไม่
- มีรูปแบบทั่วไปหรือไม่
- ทฤษฎีบทนี้ทำให้นักถึงทฤษฎีบทอื่นหรือไม่
- ปัญหานี้เป็นปัญหาหนึ่งของปัญหาทั่วไปหรือไม่
- จะสรุปเป็นรูปแบบทั่วไปได้หรือไม่
- อะไรเป็นข้อแตกต่างระหว่างสถานการณ์ทั้งสองเหล่านั้น
- มีอะไรคล้ายคลึงกันระหว่างระบบคณิตศาสตร์เหล่านี้
- จากตัวอย่างที่สังเกตได้นี้เป็นตัวแทนของกรณีทั่วไปได้หรือไม่
- มีตัวอย่างคัดค้านหรือไม่
- มีวิธีที่แก้ปัญหาคิดดีกว่านี้ไหม
- มีอะไรเกิดขึ้นกับสิ่งเหล่านี้ไหม
- มีการคงเส้นคงวาเกิดขึ้นหรือไม่
- เรื่องราวหรือข้อมูลที่ได้นี้ น่าจะยอมรับได้หรือไม่
- หลักการที่หาได้จะขยายต่อไปได้อีกไหม

- ตัวอย่างต่างๆที่แสดงมโนคติคืออะไร

ฯลฯ

2. ชั้นอธิบาย ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบเพื่อขจัดความสงสัยโดยการใช้เหตุผล เป็นการวิเคราะห์การแก้ปัญหาไปสู่เหตุ ชั้นนี้เป็นขั้นรวบรวมความรู้และข้อมูลเพื่อนำมาแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ต่างๆซึ่งมี 2 ประการ

2.1 ในการที่จะแก้ปัญหานั้นผู้แก้ปัญหามีเทคนิคในการแก้ปัญหาและเรียนรู้กระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.2 ในการแก้ปัญหามองแหล่งความรู้ รู้จักวิเคราะห์สังเคราะห์ความรู้นั้น ตลอดจนรู้จักรวบรวมข้อมูลและเรียงความรู้ให้เป็นระบบ การตั้งคำถามนับว่าเป็นสิ่งสำคัญควรมีการตั้งคำถามดังตัวอย่างต่อไปนี้

- มีข้ออ้างอิงที่เป็นมาตรฐานในเรื่องนี้หรือเปล่า
- ข้ออ้างอิงนั้นหาได้ที่ไหน
- แหล่งอื่นๆ ของความรู้คืออะไร
- แหล่งความรู้ที่เชื่อถือได้เพียงใด
- คุณภาพของความรู้ที่ได้รับนี้ดีเพียงใด
- ความรู้ที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างไร
- ความรู้นี้เป็นหมวดหมู่และจัดระเบียบอย่างไร
- มโนคติ หลักการ และวิธีการใดที่มีในแหล่งความรู้
- ความรู้ที่สัมพันธ์กับปัญหาที่กำลังพิจารณาหรือไม่
- ความรู้ที่นำมาใช้แก้ปัญหามีเพียงไร
- ความรู้หรือวิธีการดำเนินการเหล่านี้จะนำไปใช้กับสถานการณ์อื่นได้ไหม

3. ชั้นพยากรณ์และทดสอบ เป็นขั้นที่นำข้อมูลที่ได้ออกมาอภิปรายปัญหาหรือข้อสมมติฐานที่ตั้งไว้ และพยากรณ์ผลหรือทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ไปสู่ข้อสรุป เป็นขั้นซึ่งเกิดการค้นพบการแก้ปัญหา ในขั้นนี้เป็นการสร้างหลักการและความสัมพันธ์ต่างๆ แยกแยะโครงสร้างและนำไปสู่ข้อสรุป ผู้ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบแบบสืบสวนสอบสวนควรมีความสามารถพิเศษที่จะวิเคราะห์สังเคราะห์ตลอดจนรู้จักประเมินผลงาน กิจกรรมในช่วงนี้จะต้องรู้จักจัดข้อมูลเป็นหมวดหมู่ มองหาความสัมพันธ์ ค้นหารูปแบบ และสรุปเป็นนัยทั่วไป

4. ชั้นนำไปใช้ เป็นขั้นที่นำเอาความรู้ที่ค้นพบไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ได้แก่ การวิเคราะห์และประเมินกระบวนการสืบสวนสอบสวน ทั้งนี้เพื่อสร้างความเข้าใจให้ดีขึ้นและปรับปรุงการสืบสวนสอบสวน ในขั้นนี้เป็นการพิจารณากระบวนการสืบสวนสอบสวน เนื้อหาทางคณิตศาสตร์แต่ละเนื้อหาอย่าให้มีวิธีสืบสวนสอบสวนของมัน จุดประสงค์อันหนึ่งของผู้สืบสวนสอบสวนในแต่ละเนื้อหา ก็คือ การปรับปรุงกลวิธีการสืบสวนสอบสวนที่กระทำอยู่และรวบรวมกระบวนการสืบสวนสอบสวนเพื่อนำไปพัฒนาและใช้กับเนื้อหาอื่นๆ ต่อไป สิ่งที่ต้องการพิจารณาก็คือ กระบวนการสืบสวนสอบสวน

ตั้งแต่ต้นจนจบวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการที่จะวิเคราะห์และประเมินการสืบสวนสอบสวนก็คือ การถามและพยายามหาคำตอบ ตัวอย่างคำถามซึ่งจะนำมาใช้ในขั้นที่ 4 ตามที่ เบล (Bell, 1978: 240-258) กล่าวไว้มีดังต่อไปนี้

- วิธีการที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาเป็นอย่างไร
- อะไรเป็นตัวกระตุ้นให้ค้นพบนี้ทั่วไป
- รูปแบบอะไรที่ค้นพบ
- ความรู้และวิธีการที่จะนำไปสู่การค้นพบแบบไม่คงเส้นคงวาคืออะไร
- แหล่งความรู้อะไรที่ใช้มากที่สุด
- วิธีดำเนินการอะไรที่เคยทำและรวบรวมข้อมูลอย่างไร
- ใช้รูปแบบการให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลรูปแบบใดในการแก้ปัญหา
- กระบวนการคิดอะไรที่นำมาใช้กระทันหาข้อสรุปได้
- วิธีการแก้ปัญหานั้นนำไปใช้ได้ทั่วไปและประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาอื่นๆได้

ใหม่

วีรยุทธ วิเชียรโชติ (2521: 21-22) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสอนแบบสืบสวนสอบสวนทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการให้สังเกตกับแนวหน้า (สน.) คือ ขั้นที่ครูปูพื้นฐานความพร้อมให้ผู้เรียนทั้งในด้านความรู้และการสร้างแรงจูงใจ ให้นักเรียนเกิดความกระหายใคร่จะแสวงหาความจริง

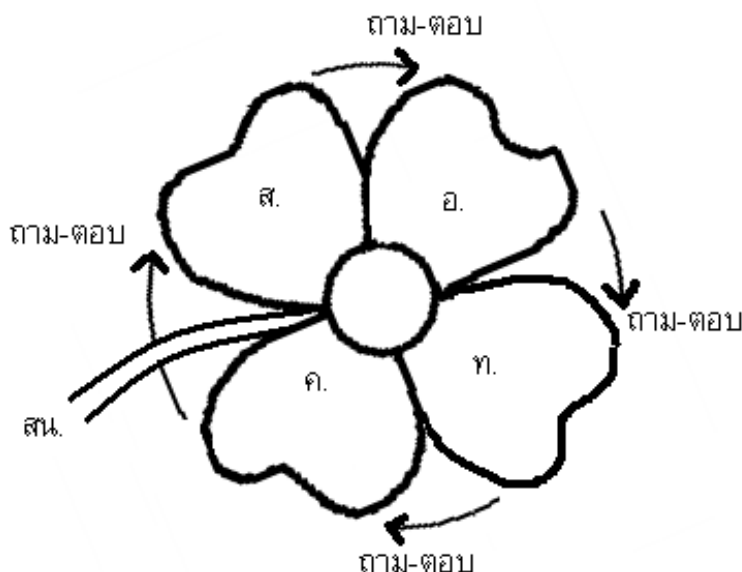
ขั้นที่ 2 ขั้นสังเกต (ส.) คือ ขั้นที่ครูสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนได้สังเกต ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสถานการณ์ที่เป็นปัญหาหรือเป็นการแสดงละครปริศนา ในขั้นนี้ครูส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย (อ.) คือ ขั้นที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนหาคำอธิบายหรือหาสาเหตุของปัญหาข้อขัดแย้งในรูปของการให้เหตุผล ในขั้นนี้นักเรียนมีโอกาสฝึกการตั้งสมมติฐาน ทฤษฎีฝึกการคิดแบบมีเหตุผล และฝึกการวิเคราะห์ระบบจากผลไปหาเหตุหรือจากปัญหาไปหาสาเหตุ

ขั้นที่ 4 ขั้นทำนายและทดสอบ (ท.) คือ ขั้นที่ครูจะช่วยให้นักเรียนรู้จักหาวิธีที่จะพิสูจน์คำอธิบายหรือทฤษฎีที่นักเรียนได้ช่วยกันสร้างขึ้น โดยการฝึกให้รู้จักการทำนายผลเมื่อเราแปรค่าสาเหตุ และฝึกให้รู้จักการแก้ปัญหาด้วยการตั้งสมมติฐานเชิงทำนาย ตลอดจนการทดสอบสมมติฐานนั้น

ขั้นที่ 5 ขั้นควบคุมและคิดสร้างสรรค์ (ค.) คือ ขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำเอาหลักการ กฎเกณฑ์ และวิธีแก้ปัญหาที่ค้นพบไปใช้ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดการควบคุมและสร้างสรรค์สิ่งแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกของมนุษย์

ซึ่งทุกขั้นตอนที่กล่าวมานี้ ครูใช้คำถามเป็นสื่อสำคัญในการสอนและเร้าให้นักเรียนถามคำถาม เพื่อการสืบสวนสอบสวนเป็นขั้นๆ จนสามารถค้นพบความจริง ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนของการสอนแบบสืบสวนสอบสวน

ที่มา: วีรยุทธ วิเชียรโชติ. (2521). จิตวิทยาการเรียนรู้การสอนแบบสืบสวนสอบสวน.

หน้า 21.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2537: 96-97) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการสอนแบบสืบสวนสอบสวนในวิชาคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้ว่า

ขั้นที่ 1 สอนผู้เรียนว่าจะใช้วิธีการสอนแบบสืบสวนสอบสวนอย่างไรและจะเรียนคณิตศาสตร์โดยการผ่านการสืบสวนสอบสวนก็คือ การอธิบาย และอภิปราย 4 ขั้นตอนของกระบวนการสอนแบบสืบสวนสอบสวน ผู้เรียนควรอภิปรายเกี่ยวกับการตั้งคำถามและกิจกรรมซึ่งกำหนดให้ภายใต้กระบวนการสอนแบบสืบสวนสอบสวน ผู้เรียนควรรวบรวมคำถามและกิจกรรมเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในแต่ละขั้นของการสอนแบบสืบสวนสอบสวนให้ประสบความสำเร็จ

ขั้นที่ 2 ในขั้นนี้ผู้สอนควรจะแนะนำให้ผู้เรียนรู้จักแหล่งการเรียนรู้และวิธีรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ผู้สอนควรฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการวิเคราะห์ สังเคราะห์ด้วยวิธีการฝึกตั้งคำถามเพื่อมองเห็นแนวทางว่าจะรวบรวมข้อมูลอย่างไร

ขั้นที่ 3 เป็นขั้นที่จัดรวบรวมข้อมูลเพื่อหาแนวทางสรุปปัญหา ในขั้นนี้ผู้เรียนควรทำงานตามลำพังหรือเป็นกลุ่มย่อย ผู้สอนช่วยเหลือเพียงเล็กน้อย ผู้เรียนใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา กระบวนการสืบสวนสอบสวนจึงไปเป็นอย่างซ้ำๆ ข้อสำคัญก็คือ ผู้สอนต้องหลีกเลี่ยงการแทรกแซงและบอกผู้เรียนว่าทำอย่างไร

ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์และประเมินวิธีการสืบสวนสอบสวน เป็นเรื่องที่สำคัญที่สุดของกระบวนการสืบสวนสอบสวน ในขั้นนี้ผู้เรียนจะตั้งคำถามว่าฉันได้เรียนรู้เกี่ยวกับอะไรบ้าง ผู้เรียนจะเข้าใจดียิ่งขึ้นโดยการประเมินด้วยตนเอง คำถามจะมีทั้งของครูผู้สอนและผู้เรียน ผู้เรียนควรตอบคำถามทุกคำถาม ผู้สอนควรมีบทบาทมากขึ้นในการถามนำเพื่อให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์และประเมิน

เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้แล้วผู้เรียนควรจะสามารถตัวเองว่า “ ฉันได้เรียนอะไรเกี่ยวกับคณิตศาสตร์และฉันเรียนรู้เกี่ยวกับการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธีสืบสวนสอบสวนอย่างไร ”

วิชิต สุรัตน์เรืองชัย (2540: 82) กล่าวถึง ขั้นตอนการสอนแบบสืบสวนสอบสวนไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. สังเกต เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนกำหนดสถานการณ์ปัญหา หรือเรื่องราว หรือการทดลองที่น่าสนใจให้นักเรียนสังเกตและเกิดความสงสัยขึ้น หากนักเรียนสังเกตแล้วไม่เกิดความสงสัยหรือเกิดปัญหาขึ้น ครูผู้สอนอาจชี้แนะปัญหาให้นักเรียนก็ได้

2. ทำนาย เป็นขั้นตอนที่นักเรียนคาดเดาคำตอบของปัญหาที่สงสัย โดยก่อนที่จะทำนายนักเรียนจะทำการสืบสวนสอบสวนโดยใช้คำถามต่าง ๆ กับครูเพื่อให้ได้ข้อมูลมากที่สุด ครูจะตอบเพียงกว้าง ๆ ในหลักการ ไม่ตอบคำตอบโดยตรง เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนใช้คำถามอย่างกว้างขวาง ลึกซึ้ง จากนั้นนักเรียนจะทำนายคำตอบของปัญหาในขั้นตอนแรก

3. ทดลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนดำเนินการพิสูจน์คำตอบที่คาดเดาหรือทำนายไว้ว่าถูกต้องหรือไม่ โดยการทดลองตามแนวทางที่ครูผู้สอนเตรียมไว้ หรือหากเป็นปัญหาที่ไม่ต้องทดลองเพื่อหาคำตอบก็อาจใช้การศึกษาค้นคว้าหรือวิธีการอื่นใดเพื่อพิสูจน์คำตอบทำนายดังกล่าว

4. สรุป เป็นขั้นตอนการสรุปผลการทดลองหรือศึกษาค้นคว้าว่าคำตอบที่ทำนายไว้ ถูกหรือผิดและสรุปเป็นองค์ความรู้ใหม่ต่อไป

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2542: 17) กล่าวถึง ขั้นตอนกระบวนการสืบสวนสอบสวน (Inquiry process) ไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดปัญหา

- จัดสถานการณ์หรือเรื่องราวที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียน สังเกต สงสัยในเหตุการณ์หรือเรื่องราว

- กระตุ้นให้ผู้เรียนระบุปัญหาจากการสังเกตว่าอะไรคือปัญหา

2. กำหนดสมมติฐาน

- ตั้งคำถามให้ผู้เรียนร่วมกันระดมความคิด

- ให้ผู้เรียนสรุปสิ่งที่คาดว่าจะเป็คำตอบของปัญหานั้น

3. รวบรวมข้อมูล

- มอบหมายให้ผู้เรียนไปค้นคว้าหาข้อมูลจากเอกสารหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ

- ให้ผู้เรียนวิเคราะห์และประเมินว่า ข้อมูลนั้นมีความเกี่ยวข้องกับปัญหาหรือไม่

มีความถูกต้องน่าเชื่อถือเพียงไร

4. ทดสอบสมมติฐาน

- ให้ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้นำมารวมกันอภิปรายเพื่อสนับสนุนสมมติฐาน

5. สร้างข้อสรุป

- ให้ผู้เรียนสรุปว่าปัญหานั้นมีคำตอบหรือข้อสรุปอย่างไร อาจสรุปในรูปของ

รายงานหรือเอกสาร

กรมวิชาการ (2544: 36-37) กล่าวถึง ขั้นตอนการสอนแบบสืบสวนสอบสวนไว้ 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นการสังเกตกับแนวหน้า คือ ขั้นที่ครูปูพื้นฐานความพร้อมในด้านความรู้ให้แก่นักเรียน
2. ขั้นสังเกต คือ ครูสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาหรือเป็นการแสดงละครปริศนา เพื่อให้นักเรียนสังเกตสภาพการณ์หรือสิ่งแวดล้อมที่เป็นปัญหานั้นๆ ขั้นนี้ครูส่งเสริมให้นักเรียนฝึกคิดวิเคราะห์ ทำความเข้าใจ แปลความหมาย และจัดโครงสร้างความคิดในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพปัญหา และสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนเกิดความกระหายใคร่จะแสวงหาความจริง
3. ขั้นอธิบาย เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนหาคำอธิบายหรือสาเหตุของปัญหาในรูปแบบของเหตุผล ขั้นนี้นักเรียนฝึกการตั้งทฤษฎีหรือสมมติฐานเพื่ออธิบายที่มาสาเหตุของปัญหานั้น เป็นการฝึกวิเคราะห์ระบบจากผลไปหาเหตุ
4. ขั้นทำนาย ให้นักเรียนรู้จักหาแนวทางหรือวิธีที่จะพิสูจน์ทำนายผลหรือพยากรณ์ได้ว่าผลจะเป็นอย่างไร จะเกิดอะไรขึ้น เป็นการทดสอบสมมติฐานหรือพิสูจน์ทฤษฎีที่ตั้งขึ้น
5. ขั้นควบคุมและสร้างสรรค์ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนนำหลักการ กฎเกณฑ์และวิธีการแก้ปัญหามาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในสภาพการณ์ต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง ลักษณะพิเศษของวิธีสอนแบบนี้คือ ก้าวไกลว่าการสอนแบบวิทยาศาสตร์ในด้านที่คิดไปถึงการใช้ประโยชน์ต่อไปด้วย ไม่จำกัดเฉพาะแต่การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเท่านั้น

ไสว พักขาว (2544: 102-104) กล่าวถึง ขั้นตอนการสอนแบบสืบสวนสอบสวนไว้ 6 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นนำเสนอสถานการณ์หรือสิ่งที่เป็นปัญหา โดยครูอาจเล่าเรื่องโดยใช้สื่อ/อุปกรณ์ ภาพประกอบหรือนำของจริงมาแสดงก็ได้
2. ขั้นสังเกต ครูให้ผู้เรียนสังเกตสิ่งที่ครูนำเสนอโดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 หรืออาจใช้เครื่องมือบางอย่างช่วยก็ได้
3. ขั้นอธิบาย ครูให้ผู้เรียนคิดสาเหตุของปัญหาแล้วตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับปัญหานั้น จากความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้เรียน
4. ขั้นทดสอบ ครูให้ผู้เรียนช่วยกันตั้งคำถามเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาให้มากที่สุดเพื่อทดสอบสมมติฐาน โดยครูจะไม่พยายามตอบคำถามในลักษณะที่จะอธิบายคำตอบของปัญหา แต่อาจตอบเพียง“ใช่”หรือ“ไม่ใช่”เท่านั้น นอกจากการถามแล้ว ครูอาจให้ผู้เรียนศึกษาหรือทำการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานด้วยก็ได้ในกรณีที่เรื่องไม่ยุ่งยากและใช้เวลาไม่มาก
5. ขั้นสรุป ครูให้ผู้เรียนสรุปความรู้ที่ได้จากขั้นทดสอบเพื่ออธิบายคำตอบของปัญหา
6. ขั้นนำความรู้ไปใช้ ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

สุวิทย์ มูลคำ; และ อรทัย มูลคำ (2545: 138-141) กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนเป็น 5 ขั้นตอน สรุปได้ดังนี้

1. ขั้น“สน”คือ ขั้นของการให้สังเกตกับแนวหน้า ซึ่งได้แก่ การเตรียมความพร้อมทางการเรียนให้กับผู้เรียน โดยการดึงเอาความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่สอนมาให้สัมพันธ์กัน รวมทั้งปูพื้นฐานความรู้ใหม่ที่เป็นสำหรับการเรียนรู้ เนื้อหาสาระใหม่ให้กับผู้เรียน

2. ชั้น“ส”คือ ชั้นของการสังเกตสถานการณ์ที่เป็นปัญหา ในขั้นนี้จะสร้างสถานการณ์ปัญหาขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนได้สังเกตและวิเคราะห์องค์ประกอบและธรรมชาติของปัญหาอย่างละเอียด การเรียนรู้ที่สำคัญในขั้นนี้ คือ การเรียนรู้สังเกตกับ ลักษณะร่วมของสถานการณ์ขององค์ประกอบต่างๆ ในสถานการณ์ที่เป็นปัญหา

3. ชั้น“อ”คือ ชั้นของการอธิบายปัญหาข้อใจ โดยอาศัยความสามารถในการหาเหตุผลมาอธิบายถึงสาเหตุของปัญหา ส่วนมากการอธิบายมักจะอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลแบบฟังก์ชัน ชั้นนี้เป็นจุดเริ่มต้นของความสามารถในการสร้างทฤษฎีขึ้นมาสำหรับอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ การเรียนรู้ที่สำคัญที่สุดในขั้นนี้ คือ การเรียนรู้หลักว่า เมื่อปรากฏผลออกมาในรูปของปัญหาอย่างนี้จะอะไรควรจะเป็นเหตุหรือสาเหตุของการเกิดผลอันนั้น

4. ชั้น “ท” คือ ชั้นของการทำนายผลเมื่อเราแปลเหตุ เป็นขั้นตอนของการตั้งสมมติฐานเพื่อจะทดสอบดูว่าคำอธิบายชั้นที่ 3 ว่าถูกต้องมากน้อยเพียงใด และยังเป็น การคาดคะเนผลของสาเหตุต่างๆ ทั้งนี้เพื่อฝึกให้ผู้เรียนคิดอย่างรอบคอบ การเรียนรู้ที่สำคัญในขั้นนี้ คือ การเรียนรู้วิธีแก้ปัญหาโดยนำหลักการที่เรียนรู้ในชั้นที่ 3 มาใช้

5. ชั้น“ค”คือ ชั้นของการควบคุมและสร้างสรรค์ทั้งสิ่งแวดล้อมภายนอกและภายใน เป็นขั้นที่นำผลของการแก้ปัญหาไปปฏิบัติในชีวิตจริง เพื่อให้เกิดการควบคุมสิ่งแวดล้อมภายใน (ทางจิตใจ) ชั้นนี้ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ ฉะนั้นการเรียนรู้ที่สำคัญในขั้นนี้ คือ การเรียนรู้วิธีสร้างสรรค์

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า ขั้นตอนการการสอนแบบสืบสวนสอบสวนเป็นไปในแนวเดียวกัน โดยเริ่มต้นด้วยการที่ผู้สอนสร้างสถานการณ์หรือปัญหาให้กับนักเรียน อาจจะเป็นการพูดหรือการใช้คำถามเพื่อสร้างความสนใจให้กับผู้เรียน ให้ผู้เรียนได้ร่วมกันคิด สังเกต คาดคะเนแนวทางในการแก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหา สรุปผลการแก้ปัญหา และนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปใช้ แต่ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สรุปเป็นขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ชั้นสังเกต เป็นขั้นที่ผู้สอนสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและตั้งคำถามต่างๆจากสถานการณ์นั้นๆ เพื่อให้ผู้เรียนสังเกตและประเมินสถานการณ์ที่ได้รับ เป็นการกระตุ้นและเร้าความสนใจของผู้เรียน

2. ชั้นอธิบาย เป็นขั้นที่ผู้สอนกระตุ้นความคิดของผู้เรียนโดยการตั้งคำถาม เพื่อให้ผู้เรียนพยายามหาคำอธิบาย สาเหตุของปัญหาหรือตอบใจทงจากคำถามในขั้นแรก โดยพยายามให้ผู้เรียนนำความรู้ประสบการณ์เดิมและข้อมูลที่มีอยู่มาใช้ในการแก้ปัญหา เป็นการฝึกความคิดของผู้เรียนจากเหตุไปสู่ผลและจากผลไปสู่เหตุ

3. ชั้นทำนายและทดสอบ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำข้อมูลทั้งหมดร่วมกันอภิปรายความเป็นไปได้ของคำตอบและทดลองหาคำตอบของปัญหาจากวิธีการทั้งหมดที่คาดคะเนไว้เพื่อดูว่าวิธีการใดที่จะสามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุด โดยผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำหรือให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนต้องการ

4. ชั้นนำไปใช้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปปรับใช้กับสถานการณ์หรือปัญหาใหม่ๆ ที่คล้ายคลึงกัน

1.3 บทบาทของครูในการสอนแบบสืบสวนสอบสวน

กาลาฮาน; และคนอื่นๆ (Callahan; et al. 1998: 261-262) ได้กล่าวถึง บทบาทของครูในการสอนแบบสืบสวนสอบสวน ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ครูมีหน้าที่ให้คำแนะนำกับนักเรียนมากกว่าบอกให้นักเรียนทำตาม
2. ครูตั้งคำถาม เลือกประเด็นที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดและพยายามค้นหาคำตอบ
3. ในขณะที่นักเรียนค้นหาคำตอบ ครูควรแนะนำในการค้นพบโดยหาความชัดเจนกับปัญหา
4. ครูพยายามสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนที่เป็นการส่งเสริมการสร้างข้อาคัดเดา การตั้งข้อสงสัยและการคิดแก้ปัญหา
5. สนับสนุนให้นักเรียนตั้งสมมติฐานและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบสมมติฐานด้วยตนเอง
6. ช่วยนักเรียนในการวิเคราะห์และประเมินความคิดของตนเอง โดยเปิดโอกาสให้มีการอภิปรายเปิดในชั้นเรียนและพยายามกระตุ้นให้นักเรียนพยายามคิดโดยไม่มีการข่มขู่เมื่อคำตอบไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง

วีรยุทธ วิเชียรโชติ (2521: 33-34) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการสอนแบบสืบสวนสอบสวน ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ครูเป็นผู้กระตุ้นให้เกิดการสืบสวนสอบสวนโดยการสร้างสถานการณ์ยั่วให้เด็กตั้งคำถามสอบสวนตามลำดับขั้นของคำถามแบบสืบสวนสอบสวน
2. ครูเป็นผู้ให้การหนุนกำลัง เมื่อเด็กถามมาก็จะให้แรงหนุนยอมรับในคำถามนั้น กล่าวชมและช่วยปรับปรุงภาษาในคำถามเพื่อให้เด็กเรียนเข้าใจในคำถามให้กระจ่างดียิ่งขึ้น
3. ครูเป็นผู้ทวนกลับ ครูจะทบทวนคำถามอยู่บ้างแต่ไม่มากนักเพื่อพิจารณาว่านักเรียนมีความเข้าใจอย่างไรบ้าง อาจตั้งคำถามถามนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนไปแล้วก่อนที่จะเรียนบทต่อไป
4. ครูเป็นผู้แนะนำและกำกับ ครูจะชี้ทางเพื่อให้เกิดความคิดตามแนวทางที่ถูกต้อง เป็นผู้กำกับควบคุมเมื่อเด็กออกนอกกลุ่มนอกทาง
5. ครูเป็นผู้จัดระเบียบ ครูดำเนินการจัดชั้นเรียนให้เหมาะสมกับวิธีการเรียน
6. ครูเป็นผู้สร้างแรงจูงใจ ครูช่วยสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนมีกำลังใจในการเรียน

กรมวิชาการ (2544: 36); และ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 57) กล่าวถึง บทบาทของครูในการสอนแบบสืบสวนสอบสวนสรุปได้ดังนี้

1. เป็นผู้กระตุ้น (catalyst) ให้นักเรียนคิด โดยกำหนดปัญหาแล้วให้นักเรียนวางแผนหาคำตอบเอง หรือกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหาและหาสาเหตุของปัญหานั้นด้วยการตั้งคำถาม
2. เป็นผู้ให้การเสริมแรง (reinforcer) โดยการให้รางวัล กล่าวชม เพื่อให้กำลังใจ เพื่อเกิดพฤติกรรมการเรียนการสอนแบบต่อเนื่อง

3. เป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับ (feedback actor) โดยการบอกข้อดีข้อบกพร่องแก่นักเรียน

4. เป็นผู้แนะนำและกำกับ (guide and director) เป็นผู้แนะนำเพื่อให้เกิดความคิดและกำกับควบคุมมิให้ออกนอกกลุ่มนอกทาง

5. เป็นผู้จัดระเบียบ (organizer) เป็นผู้จัดบรรยากาศและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งอุปกรณ์สื่อการสอนแก่นักเรียน

สุวิทย์ มูลคำ; และ อรทัย มูลคำ (2545 : 142) กล่าวถึง บทบาทผู้สอนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน ไว้ดังนี้

1. กระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจ คิดปัญหา วางแผนและแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน มีเหตุผลด้วยตนเอง

2. กระตุ้นให้ผู้เรียนหาวิธีการแก้ปัญหาหลายๆ วิธีและใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ช่วยในการแก้ปัญหา

3. เสริมแรงหรือให้กำลังใจแก่ผู้เรียน

4. ช่วยเหลือ แนะนำ กำกับอย่างใกล้ชิด ตลอดจนเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้กระบวนการเรียนรู้ดำเนินไปได้ด้วยความเรียบร้อย

5. จัดเตรียมแหล่งการเรียนรู้ที่สำคัญให้แก่ผู้เรียน

6. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

7. เป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับทั้งข้อดีและข้อบกพร่องแก่ผู้เรียน

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้นสรุปได้ว่า บทบาทของครูในการสอนแบบสืบสวนสอบสวน คือ ครูควรจัดสถานการณ์ปัญหาหรือกิจกรรมต่างๆ ที่ช่วยให้ผู้เรียนอยากที่จะเรียนรู้หรืออยากที่จะค้นหาคำตอบของปัญหานั้น เป็นผู้คอยกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและฝึกให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดอย่างเป็นขั้นตอนจนกระทั่งผู้เรียนสามารถสรุปความรู้ได้ด้วยตนเอง รวมถึงการให้กำลังใจหรือเสริมแรงให้กับผู้เรียนอีกด้วย

1.4 ข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบสวนสอบสวน

สุโขทัยธรรมมาริราช (2537: 94-95); และ ภพ เลหาไพบูลย์ (2537: 126) ได้สรุปข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบสวนสอบสวนไว้ดังนี้

ข้อดี

1. นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์

2. ให้นักเรียนรู้จักอภิปราย และทำงานร่วมกันอย่างมีเหตุผล

3. ให้นักเรียนรู้จักสังเกตและวิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหานั้นโดยละเอียด

4. นักเรียนมีโอกาสพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจึงมีความอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา

5. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

6. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีสืบสวนสอบสวนด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถาวรโยงการเรียรู้ได้ กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย

7. นักเรียนจะเกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

ข้อจำกัด

1. ถ้าสถานการณ์ที่สร้างขึ้นไม่ชวนสงสัยจะทำให้นักเรียนเบื่อและไม่อยากเรียนโดยวิธีนี้
2. ถ้าครูควบคุมมากเกินไปก็จะไม่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสืบสวนสอบสวนด้วยตนเอง
3. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง
4. นักเรียนที่มีสติปัญญาต่ำและเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง

สมชาย ชูชาติ (2538: 82); วิชิต สุรัตน์เรืองชัย (2540: 82); และ ไสว พักขาว (2544: 102-103) กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบสวนสอบสวนไว้ สรุปได้ดังนี้

ข้อดี

1. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการเรียนการสอน เพราะเขาจะต้องกำกับการเรียนการสอนด้วยตนเอง ดังนั้นบทบาทของผู้เรียนจึงเป็นผู้มีความกระฉับกระเฉงไม่เป็นผู้ที่เฉื่อยชาต่อไป
2. เป็นการเรียนโดยการเน้นด้วยปัญหา จะมีประโยชน์ต่อผู้เรียนในแง่ที่ว่าฝึกให้เขาเป็นผู้ที่รู้จักลักษณะวิธีการแก้ปัญหา
3. เป็นการเรียนที่ฝึกทักษะและความสามารถในการตัดสินใจ
4. ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมคิดอย่างมีเหตุผล และสรุปความรู้ได้ด้วยตนเอง
5. บทบาทของครูผู้สอนเปลี่ยนจากผู้บอกมาเป็นผู้ถาม ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะทำให้ผู้เรียนกระตือรือร้นมากขึ้น
6. เป็นการยอมรับเจตคติของผู้เรียนแต่ละคนโดยเฉพาะในเรื่องค่านิยมและเจตคติของผู้เรียน เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พัฒนาค่านิยมและเจตคติไปในด้านที่ดีด้วย
7. บทบาทของครูผู้สอนเปลี่ยนแปลงไป ไม่เป็นผู้ควบคุมการเรียนการสอน กลายเป็นผู้เรียนไปกับผู้เรียนด้วย
8. ไม่ส่งเสริมการเรียนในเชิงแข่งขันเพื่อคะแนน แต่ผู้เรียนสามารถเรียนไปโดยมุ่งที่จะบรรลุเป้าหมายของตนเอง
9. บรรยากาศการเรียนน่าสนใจ มีความเป็นกันเองระหว่างผู้เรียนและผู้สอน
10. ส่งเสริมการแสดงออกของผู้เรียน

ข้อจำกัด

1. เตรียมสถานการณ์ที่จะก่อให้เกิดปัญหาให้แก่ผู้เรียนลำบาก เพราะต้องควบคุมให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยในปัญหาที่กำหนดไว้แล้ว

2. ในกรณีที่นำการสอนแบบสืบสวนสอบสวนมาใช้กับกลุ่มผู้เรียนที่มีใช้รายบุคคล ผู้เรียนอาจไม่มีโอกาสร่วมกิจกรรมทุกคน มีผู้เรียนเพียงบางคนเท่านั้นที่มีโอกาสในการแสดงความคิดเห็น การตัดสินใจ

3. การสอนแบบสืบสวนสอบสวนนั้นเป็นวิธีที่มุ่งให้ผู้เรียนคิดอย่างมีเหตุผล วิธีการดังกล่าวต้องใช้เวลาพอสมควร แต่การสอนในชั้นเรียนส่วนใหญ่ผู้สอนมักมีแนวโน้มที่จะเร่งรัดคำตอบหรือข้อโต้ตอบของผู้เรียนเสมอ

4. ในบางครั้งผู้เรียนเกิดความรู้สึกว่าปัญหาหรือประเด็นที่ผู้สอนหยิบยกขึ้นมาเพื่อการสืบเสาะหาความรู้ นั้น แท้จริงแล้วผู้สอนมีคำตอบอยู่ในใจไว้ก่อน ซึ่งดูเหมือนว่าผู้เรียนถูกทะลอมให้เป็นไปตามสิ่งที่ผู้สอนคิดไว้แล้ว

5. เหมาะกับวิชาที่ต้องใช้เหตุผล

สุวิทย์ มูลคำ; และ อรรถัย มูลคำ (2545: 148-150) กล่าวถึง ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนไว้ ดังนี้

ข้อดี

1. ผู้เรียนได้รู้วิธีค้นหาความรู้และการแก้ปัญหาด้วยตนเอง
2. ความรู้ที่ได้มีคุณค่ามีความหมายสำหรับผู้เรียน เป็นประโยชน์และจดจำได้นาน สามารถเชื่อมโยงความรู้และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
3. เป็นวิธีการที่ทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ มีความอิสระมีชีวิตชีวาและสนุกสนานกับการเรียนรู้
4. ทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิธีและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัด

1. ใช้เวลามากในการเรียนรู้แต่ละครั้ง และบางครั้งอาจได้สาระการเรียนรู้ไม่ครบถ้วนตามที่กำหนด
2. ถ้าปัญหาหรือสถานการณ์ง่ายหรือยากเกินไป ไม่เข้าใจหรือไม่น่าสนใจ จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเบื่อหน่ายไม่อยากเรียน
3. เป็นวิธีการที่มีการลงทุนสูง ซึ่งบางครั้งอาจได้ผลไม่คุ้มค่ากับการลงทุน
4. ผู้สอนต้องใช้เวลาในการวางแผนมาก

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า ข้อดีของการสอนแบบสืบสวนสอบสวนก็คือ เป็นวิธีที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง มีอิสระทางความคิด ค้นหาความรู้และการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนมีชีวิตชีวาในการเรียน เกิดความรู้ที่คงทน ส่วนข้อจำกัดของวิธีการสอนนี้ก็คือ การรอเวลาเพื่อให้นักเรียนค้นพบข้อสรุปด้วยตนเองอาจใช้เวลามากทำให้เสียเวลาในการเรียนเนื้อหาต่อๆ ไป และถ้าจัดสถานการณ์ปัญหาที่ไม่ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนหรือไม่มีการวางแผนการสอน อาจทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่ายได้

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบสวนสอบสวน

งานวิจัยต่างประเทศ

เดวิส (Davis. 1979: 4164-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนแบบสืบสวนสอบสวนที่ใช้การเรียนชี้แนะแนวทางกับการสอนแบบครูบอกความรู้ตามตำรา ที่ส่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย จำนวน 103 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลอง 51 คน ซึ่งได้รับการสอนแบบสืบสวนสอบสวนที่มีการแนะแนวทาง กลุ่มควบคุม 52 คน ได้รับการสอนแบบครูบอกความรู้ตามตำรา ผลการทดลองปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมสัน (Mason. 1997: 58-09A) ได้ศึกษาการเรียนพีชคณิตด้วยตนเองโดยใช้การสืบสวนสอบสวนกลุ่มย่อยของผู้เรียนเกรด 9 มีความมุ่งหมายเพื่อแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบที่มีผลต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยใช้การสืบสวนสอบสวนกลุ่มย่อยและแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบเหล่านั้นมีผลต่อกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างไร กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เรียนเกรด 9 จำนวน 22 คน ที่เรียนวิชาพีชคณิต ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสนทนาในกลุ่มผลงานของผู้เรียน การเขียนและการบ้านที่ให้ผู้เรียนเขียนเกี่ยวกับการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ในแต่ละวันผู้วิจัยได้สรุปและตีความหมายจากการเรียนรู้ดังกล่าว ผลจากการวิจัยพบว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ดีจากการสอนโดยใช้การสืบสวนสอบสวนกลุ่มย่อย ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการสร้างสรรค์ความรู้ของผู้เรียน ผู้เรียนสามารถเรียนรู้การดำเนินการที่ซับซ้อนและตีความหมายของลักษณะความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ความสัมพันธ์ของครูกับผู้เรียน และความสัมพันธ์ของการทดลองกับคะแนน การเรียนรู้ของแต่ละบุคคลขึ้นอยู่กับ การสร้างประสบการณ์และมุมมองของผู้เรียนแต่ละคน การเรียนรู้ระหว่างบุคคลเกิดขึ้นได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับการพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนแต่ละคนกับผู้เรียนคนอื่นๆ และความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับครู ผู้เรียนแต่ละคนกับครูจะมีอิทธิพลต่อกันและกัน

ทอมสัน (Thomson. 2000: 61-10B) ได้ศึกษาการสอนแบบสืบสวนสอบสวนและการใช้ตัวแทนในการสืบสวนสอบสวนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับวิทยาลัย ศึกษาโดยการสังเกตจากครูและผู้เรียนจำนวน 2 ห้องเรียน ในขณะที่มีการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัสสำหรับคณิตศาสตร์ในชีวิต โดยดูจากสภาพต่างๆ ไปของห้องเรียนและทักษะการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้การบันทึกเทปวีดีโอและสัมภาษณ์ครู 1 คนกับผู้เรียน 6 คน และศึกษาจากรายงานการทดลองของผู้เรียน ผลจากการวิจัยพบว่า จุดมุ่งหมายของครูและเวลาเรียนมีผลต่อการพัฒนาการสืบสวนสอบสวน การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และความเข้าใจของผู้เรียน ผู้เรียนมีการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์บ่อยครั้ง แต่ถ้ามีเวลาน้อยการเรียนจะดำเนินไปโดยการใช้คำถามและวิธีการของครูเพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาหัวข้อต่างๆ มีการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์น้อย ผู้เรียนทั้งสองกลุ่มยังคงไว้ซึ่งกระบวนการของความคิดรวบยอดของแบบจำลอง

ทางคณิตศาสตร์และสามารถประยุกต์วิธีการได้และมีความมั่นใจที่จะบอกครูในเรื่องของความสัมพันธ์ของคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์

เฮเยอร์ (Heyer. 2005: online) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการสอนแบบสืบสวนสอบสวนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบสวนสอบสวนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อาชราฟ (Ashcraft. 2006: 85) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความเข้าใจของนักเรียนเรื่องฤดูกาลในวิชาฟิสิกส์โดยการใช้วิธีการสอนแบบสืบสวนสอบสวนและวิธีการสอนแบบบรรยาย ผลการวิจัยพบว่า คะแนนทดสอบก่อนเรียนของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คะแนนทดสอบหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบสวนสอบสวนสูงกว่าคะแนนทดสอบหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยายแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และคะแนนทดสอบของนักเรียนหลังจากได้รับการสอนแบบสืบสวนสอบสวนสูงกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แมคคลาฟลิน (McLoughlin. 2008: 2) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเรียนรู้โดยใช้การสืบสวนสอบสวนเป็นฐานด้วยวิธีการสอนแบบ MMM (A Modified Moore Method) เพื่อส่งเสริมการศึกษาค้นคว้าของนิสิตระดับปริญญาตรี โดยใช้ MMM ผ่านหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์และสอนในหลายชั้นเรียน ได้แก่ ชั้นเรียนคณิตศาสตร์เบื้องต้น พื้นฐานของคณิตศาสตร์ 1 และ 2 แคลคูลัส 1, 2 และ 3 ทฤษฎีเซต พีชคณิตเชิงเส้น การเชื่อมโยงไปสู่คณิตศาสตร์ระดับสูง ความน่าจะเป็นและสถิติ 1 และ 2 การวิเคราะห์จำนวนจริง 1 และ 2 และชั้นเรียนโทโพโลยี ผลการวิจัยพบว่า การเรียนรู้โดยใช้การสืบสวนสอบสวนเป็นฐานด้วยวิธีการสอนแบบ MMM เป็นวิธีที่ช่วยหล่อหลอมการศึกษาค้นคว้าของนิสิตในระยะยาว และยังส่งเสริมให้นิสิตศึกษาค้นคว้าข้อมูลอย่างละเอียดถี่ถ้วนอีกด้วย

หวาง; และ หลิน (Wang; & Lin. 2008: 459-460) ได้ศึกษาผลของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาที่ใช้การสอนแบบสืบสวนสอบสวน ที่มีต่อความคิดรวบยอดและความเข้าใจของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า อิทธิพลทางด้านวัฒนธรรม ประสบการณ์และปัจจัยด้านสถานการณ์ส่งผลต่อความคิดรวบยอดและความเข้าใจของนักเรียน แหล่งข้อมูลได้จากการเขียนตอบคำถาม ปัญหาปลายเปิด บันทึกประจำวัน การวางแผนการสอนของครูและการอัดวิดีโอเทปในแต่ละชั่วโมง ผลจากการเขียนตอบคำถามปลายเปิดและการวางแผนการสอนของครู พบว่า หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาโดยการใช้ทฤษฎีการสร้างความรู้ในชุมชนและวิธีการประเมินผลแบบย้อนกลับจะพัฒนาเกี่ยวกับความคิดรวบยอดของนักเรียน ส่วนอิทธิพลทางด้านวัฒนธรรม สภาวะแวดล้อมและการออกแบบหน่วยการเรียนรู้จะส่งผลต่อความเข้าใจของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญ และระบุด้วยว่าหลักสูตรนี้จัดเตรียมไว้สำหรับครูนักวิชาการเพื่อเป็นแนวทางว่า วิธีที่ทำให้นักเรียนแสดงความคิดรวบยอดและความเข้าใจของพวกเขาออกมาได้นั้นควรใช้การสอนแบบสืบสวนสอบสวน ยิ่งไปกว่า

นั้นผลการวิจัยในครั้งนี้อาจจะเป็นสัญญาณในเรื่องของกลวิธีการสอนที่เหมาะสมสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ต่อไป

งานวิจัยในประเทศ

สิริลักษณ์ วงศ์เพชร (2542: 130-131) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบสืบสวนสอบสวนกับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบสืบสวนสอบสวนกับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบสืบสวนสอบสวนสูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ปรมาภรณ์ อนุพันธ์ (2544: 89) ได้พัฒนาชุดการสอนคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันแบบสืบสวนสอบสวน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ตรรกศาสตร์เบื้องต้น ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ตรรกศาสตร์เบื้องต้น ของผู้เรียนภายหลังได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันแบบสืบสวนสอบสวนสูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ลัดดา เพียรประสพ (2545: 99) ได้พัฒนาชุดการเรียนด้วยตนเองแบบสืบสวนสอบสวน เรื่อง อัตราส่วน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภายหลังได้รับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนด้วยตนเองแบบสืบสวนสอบสวนสูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กชกร รุ่งหัวไม้ (2547: 117) ได้ทำการวิจัยผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน ที่มีต่อความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ช่วงชั้นที่ 3) ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วัชร น้อยมี (2551: 124) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาชุดการเรียนคณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวน เรื่อง การให้เหตุผลและการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผล ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ชุดการเรียนคณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวน เรื่อง การให้เหตุผลและการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผล มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนหลังได้รับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนคณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวนสูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบสวนสอบสวน พบว่า การสอนแบบสืบสวนสอบสวนมีส่วนช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น และยังช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดและความคิดรวบยอดของผู้เรียน ปลูกฝังนิสัยการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลของผู้เรียน และสำหรับในวิชาคณิตศาสตร์นั้น ยังช่วยพัฒนาทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอีกด้วย

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหมวกความคิดหกใบ

2.1 ความหมายของหมวกความคิดหกใบ

หมวกความคิดหกใบ (Six Thinking Hats) ถูกคิดค้นขึ้นโดย เดอ โบโน (De Bono) ซึ่งได้รับการยกย่องว่าเป็นผู้เชี่ยวชาญชั้นนำของโลกเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์และการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาความคิด และในปัจจุบันวิธีการดังกล่าวได้มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายเกี่ยวกับหมวกความคิดหกใบไว้ ดังนี้

เดอ โบโน (De Bono. 1985: 23) กล่าวว่าไว้ว่า หมวกความคิดหกใบ เป็นวิธีการหนึ่งที่เปิดมิติแห่งการคิดให้กว้างขวางออกไปโดยใช้สีของหมวกคือ สีขาว สีแดง สีดำ สีเหลือง สีเขียว และสีฟ้า เป็นชื่อหมวก สีของหมวกแต่ละใบยังมีความสัมพันธ์กับการทำงานดังนี้

1. สีขาว สีขาวเป็นกลาง ไม่มีอคติ ไม่ลำเอียง หมวกสีขาวนี้เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริงและตัวเลข

2. สีแดง สีแดงแสดงถึงความโกรธ(หน้าแดง) ความเดือดดาลและอารมณ์ หมวกสีแดงให้มุมมองทางด้านอารมณ์

3. สีดำ สีดำมีดমনและจริงจัง หมวกสีดำคือข้อควรระวังและคำเตือน ชี้ให้เห็นถึงจุดอ่อนของความคิดนั้นๆ

4. สีเหลือง สีเหลืองส่องสว่างและให้ความรู้สึกในทางที่ดี หมวกสีเหลืองจึงเป็นมุมมองแง่บวกรวมถึงความหวังและการคิดในแง่ดีด้วย

5. สีเขียว สีเขียวคือสีของหญ้า พืชพรรณ ความอุดมสมบูรณ์ การเติบโตองงาม หมวกสีเขียวหมายถึง ความคิดริเริ่มและความคิดใหม่ๆ

6. สีฟ้า สีฟ้าเยือกเย็น และเป็นสีของท้องฟ้าซึ่งอยู่เบื้องบนเหนือทุกสิ่งทุกอย่าง หมวกสีฟ้าจึงหมายถึงการควบคุม การจัดระบบกระบวนการคิดและการใช้หมวกอื่นๆ

สมศักดิ์ สินธุระเวชชัย (2542: 1-5) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ของสีกับการใช้หมวกความคิดหกใบ ดังนี้

1. สีขาว แสดงถึงความเป็นกลาง หมายถึง ตัวเลข สถิติและข้อเท็จจริงต่างๆ

ตัวอย่างคำถาม

- เรามีข้อมูลอะไรบ้าง
- เราต้องการข้อมูลอะไรบ้าง

- เราได้ข้อมูลที่ต้องการมาด้วยวิธีใด

2. สีแดง แสดงถึงความโกรธ อารมณ์ หมายถึง การมองทางด้านอารมณ์ และความรู้สึก

หมวกสีแดง เป็นการแสดงความรู้สึกของผู้คิด แสดงอารมณ์ สัญชาตญาณ และรวมถึงความโกรธ ความสนุก ความอบอุ่น และความพอใจ

ตัวอย่างการตั้งคำถาม

- เราารู้สึกอย่างไร
- นักเรียนมีความรู้สึกอย่างไรกับการทำสิ่งนี้
- นักเรียนมีความรู้สึกอย่างไรกับความคิดนี้

3. สีดำ แสดงถึงความมืดครึ้ม หมายถึง เหตุผลด้านลบ เหตุผลในการปฏิเสธ

หมวกสีดำ เป็นการคิดเชิงวิจารณ์ การคิดหมวกสีดำ ช่วยป้องกันไม่ให้เราคิดหรือตัดสินใจที่เสี่ยง ทำให้ช่วยคิดค้นหาข้อบกพร่อง จุดอ่อน และสามารถมองเห็นปัญหาที่อาจเกิดขึ้นล่วงหน้าได้

หมวกสีดำ ใช้เพื่อตรวจสอบหาหลักฐาน ตรวจสอบความเป็นเหตุเป็นผล ตรวจสอบการสำรวจความเป็นไปได้ ตรวจสอบผลกระทบ ตรวจสอบหาความเหมาะสม ตรวจสอบหาข้อบกพร่อง

ตัวอย่างการตั้งคำถาม

- อะไรคือจุดอ่อน
- อะไรคือสิ่งที่ยุ่งยาก
- อะไรคือสิ่งที่ผิดพลาด
- เรื่องนี้มีจุดอ่อนตรงไหน

4. สีเหลือง แสดงถึงความสว่างไสวและด้านบวก หมายถึง เหตุผลทางบวก ความมั่นใจเหตุผลในการยอมรับ

หมวกสีเหลือง ทำให้มองด้านบวก โดยไม่ต้องมีเหตุจูงใจต่างๆ เป็นความพยายามในการค้นหาผลดีที่จะได้รับ หมวกสีเหลืองจะทำให้การคิดง่ายขึ้น เพิ่มคุณค่าขึ้นและมีประสิทธิผล

ตัวอย่างการตั้งคำถาม

- จุดที่ดีคืออะไร
- ผลดีคืออะไร

5. สีเขียว แสดงถึงความเจริญเติบโต ความอุดมสมบูรณ์ หมายถึง ความคิดสร้างสรรค์และความคิดใหม่ๆ

หมวกสีเขียว คือ การหลบหลีกความคิดเก่า มุมมองเก่าสู่ความคิดใหม่ หมวกสีเขียวหมายถึง ความคิดสร้างสรรค์ทุกชนิด

หมวกสีเขียวใช้เพื่อโต้ตอบปฏิบัติการของความคิด ความสนใจ ความคิดเริ่มต้น ความคิดที่ดีกว่า ความคิดใหม่

ตัวอย่างการตั้งคำถาม

- นักเรียนจะนำความคิดนี้ไปทำ(สร้าง ปรับปรุง พัฒนาอะไรได้)
- ถ้าจะให้สิ่งนี้...(ดีขึ้น)...จะต้องเปลี่ยนอย่างไร

6. สีฟ้า แสดงถึงความเยือกเย็น ท้องฟ้า ซึ่งอยู่เหนือทุกอย่าง

หมวกสีฟ้า หมายถึง การควบคุมและจัดระเบียบกระบวนการและขั้นตอนการใช้หมวกสีอื่น ๆ เหมือนคนควบคุมวงดนตรีที่จะสั่งว่าดนตรีชิ้นใดจะเล่นตอนใด หมวกสีฟ้าใช้กำหนดขอบข่าย จุดเน้นของภารกิจ ตามวัตถุประสงค์ กำหนดย้าปัญหาให้ชัด รวบรวม สรุปหรือตัดสินใจ

หมวกสีฟ้าใช้เพื่อกำหนดจุดเน้นและวัตถุประสงค์ วางแผนการคิดและวาระของความคิด ให้การตรวจสอบ สังเกตและให้ข้อคิดเห็นเพื่อตัดสินใจขั้นต่อไป กำหนดผลลัพธ์และข้อสรุป

ตัวอย่างการตั้งคำถาม

- ขั้นตอนต่อไปคืออะไร
- มีอะไรบ้างที่ทำได้ไปแล้ว

สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา (2550: 2) ได้กล่าวถึงการพัฒนากระบวนการคิดด้วยการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบว่า คำถามสามารถนำไปใช้พัฒนาทักษะการคิด อารมณ์ และความรู้สึกของผู้เรียนได้อย่างเป็นขั้นตอนโดยการใช้สีของหมวกเป็นเครื่องหมายกำหนดมุมมองหรือทิศทางการคิดดังนี้

1. สีขาว เปรียบเสมือน ความเป็นกลาง

หมวกสีขาว จึงเป็นการแสดงการคิดที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลตัวเลข และข้อเท็จจริงต่าง ๆ

ตัวอย่างการตั้งคำถาม

- มีข้อเท็จจริงอะไรบ้างจากเรื่องี่อ่าน
- คุณได้ข้อมูลที่ต้องการมาด้วยวิธีใด
- สังเกตเห็นอะไรบ้างจากการทดลอง
- โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้บอกข้อมูลอะไรบ้าง

2. สีแดง เปรียบเสมือนไฟ ความโกรธ ความรู้สึก

หมวกสีแดง จึงเป็นการแสดงการคิดที่เกี่ยวข้องกับการแสดงออกทางด้านอารมณ์ ความประทับใจ ความรู้สึก ความสนุกสนาน สัญชาติญาณ ลางสังหรณ์

ตัวอย่างการตั้งคำถาม

- เมื่อคุณอ่านเรื่องนี้แล้วรู้สึกอย่างไร
- คุณมีความพอใจกับผลงานชิ้นนี้หรือไม่ อย่างไร
- ผลงานใดที่นักเรียนประทับใจมากที่สุด

3. สีดำ เปรียบเสมือนความมืดครึ้ม การมองอย่างระมัดระวัง สุขุม รอบคอบ
หมวกสีดำ จึงเป็นการแสดงการคิดที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบ การค้นหา
ข้อบกพร่องหาเหตุผลในการปฏิเสธ การสำรวจความเป็นไปได้ และการตรวจสอบความเหมาะสม
ตัวอย่างการตั้งคำถาม

- เรื่องนี้มีจุดอ่อนตรงไหน
- อะไรคือสิ่งที่ยุ่งยากและเป็นปัญหา
- การทดลองครั้งนี้มีข้อบกพร่องอะไรบ้าง

4. สีเหลือง เปรียบเสมือนความสว่างไสว การมองในด้านบวก ความเป็นไปได้
หมวกสีเหลือง จึงเป็นการแสดงการคิดในทางบวก คิดถึงข้อดี จุดเด่น ประโยชน์ โดย
ไม่ต้องมีเหตุจูงใจใดๆ แสดงความมั่นคง เหตุผลในการยอมรับ
ตัวอย่างการตั้งคำถาม

- ข้อดีของเรื่องนี้คืออะไร
- ความคิดเห็นของทุกคนมีคุณค่าอย่างไร
- การทดลองนี้มีประโยชน์อย่างไรบ้าง

5. สีเขียว เปรียบเสมือนความเจริญเติบโต ความอุดมสมบูรณ์
หมวกสีเขียว จึงเป็นการแสดงการคิดในมุมมองที่ต่างไปจากเดิม เป็นการ
เปลี่ยนแปลง เน้นการคิดสร้างสรรค์ทุกประเภททุกวิธีการอย่างจริงจัง
ตัวอย่างการตั้งคำถาม

- การแก้ปัญหาเรื่องนี้มีทางเลือกกี่ทาง
- ถ้าคุณต้องการทำให้ผลงานชิ้นนี้ดีขึ้นจะต้องปรับปรุงแก้ไขอย่างไร
- คุณจะนำเพลงนี้ไปประกอบการแสดงอะไรบ้าง

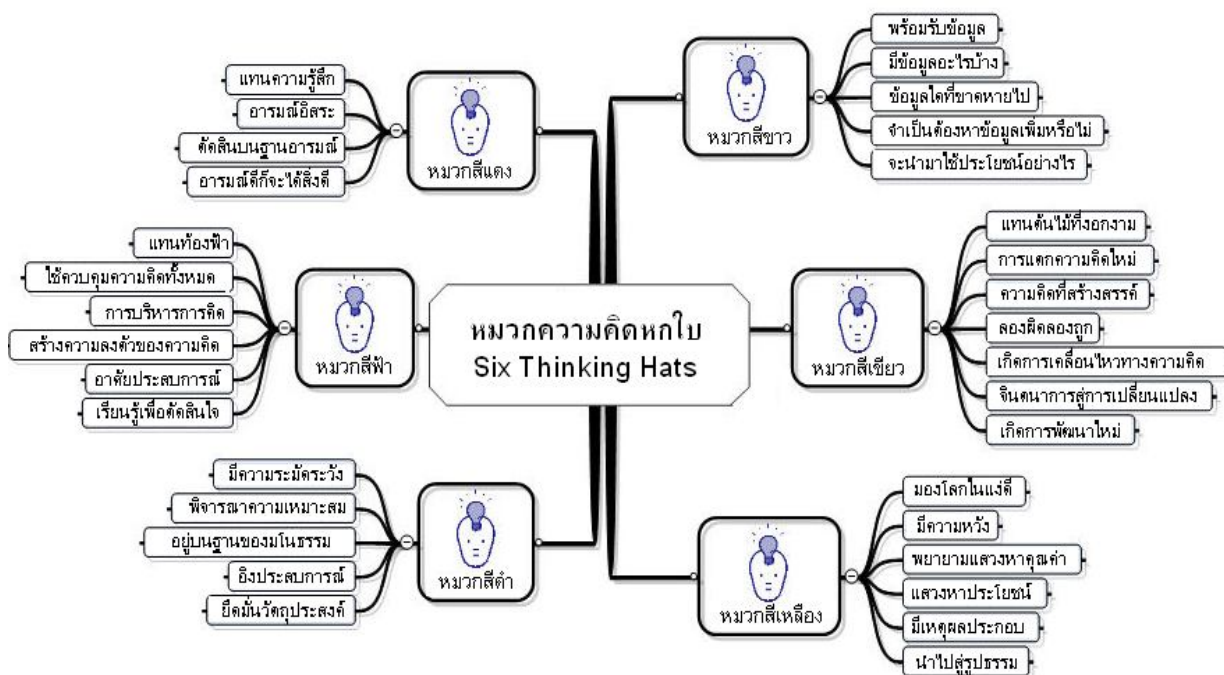
6. สีฟ้า เปรียบเสมือนความเยือกเย็น ท้องฟ้า อันกว้างใหญ่อยู่เหนือทุกสิ่งทุกอย่าง
หมวกสีฟ้า จึงเป็นการแสดงการคิดที่เกี่ยวข้องกับการจัดระบบระเบียบการควบคุมสิ่ง
ต่างๆ ให้อยู่ในระบบ เพื่อให้เกิดความชัดเจนในเรื่องของความคิดรวบยอด ข้อสรุป การมองเห็นภาพ
และการดำเนินการที่มีขั้นตอนเป็นระบบ

ตัวอย่างการตั้งคำถาม

- ผู้เรียนวางแผนการทำโครงการไว้อย่างไร
- ผู้เรียนมีขั้นตอนการจัดห้องเรียนอย่างไร
- ผู้เรียนสรุปข่าวที่อ่านอย่างไร
- จากการทดลองครั้งนี้ นักเรียนสรุปได้อย่างไร

ซึ่งประชาสรรณ์ แสนภักดี (2548: 10) สรุปหมวกความคิดหกใบ (Six Thinking Hats)

ดั่งภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 หมวกความคิดหกใบ (Six Thinking Hats)

ที่มา: ประชาสรรณ แสนภักดี. (2548). รวมสุดยอดแผนที่ความคิดเพื่อชีวิตและการทำงาน. หน้า 10.

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า หมวกความคิดหกใบเป็นวิธีการคิดที่เป็นระบบ โดยการใช้สีหมวกทั้งหกสีเป็นเครื่องหมายกำหนดมุมมองหรือทิศทางการคิดที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

1. หมวกสีขาว เป็นการแสดงการคิดที่เกี่ยวกับข้อมูลตัวเลข ข้อเท็จจริงของสถานการณ์
2. หมวกสีแดง เป็นการแสดงการคิดเกี่ยวกับความรู้สึก อารมณ์
3. หมวกสีดำ เป็นการแสดงการคิดเกี่ยวกับผลในทางลบ จุดอ่อน จุดบกพร่องผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น การสำรวจความเป็นไปได้และการตรวจสอบความเหมาะสม
4. หมวกสีเหลือง เป็นการแสดงการคิดเกี่ยวกับผลในทางบวก ข้อดี จุดเด่น คุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับ
5. หมวกสีเขียว เป็นการแสดงการคิดหาแนวความคิดใหม่ ๆ ทางเลือกความเป็นไปได้ และความคิดสร้างสรรค์
6. หมวกสีฟ้า เป็นการแสดงการคิดที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมสิ่งต่างๆให้อยู่ในระบบ ข้อสรุป ความคิดรวบยอด การมองเห็นภาพ และการดำเนินการที่มีขั้นตอนเป็นระบบ

2.2 ความมุ่งหมายของหมวกความคิดหกใบ

เดอ โบโน (De Bono. 1985: 25-27) กล่าวถึง ความมุ่งหมายของหมวกความคิดหกใบไว้ ดังนี้

1. การทำให้การคิดง่ายลง ด้วยการช่วยให้ผู้คิดเรื่องใดเรื่องหนึ่งในเวลาหนึ่งๆ แทนที่จะต้องให้ความสนใจทั้งอารมณ์ เหตุผล ข้อมูล ความหวังและความคิดสร้างสรรค์ในเวลาเดียวกัน นักคิดจะสามารถจัดการแต่ละอย่างได้ นั่นคือ แทนที่นักคิดจะหาเหตุผลมาสนับสนุนสิ่งที่ค่อนข้างจะเป็นอารมณ์ล้วนๆ ด้วยหมวกสีแดง โดยไม่จำเป็นต้องอธิบาย ขณะที่หมวกสีดำจะสามารถถูกนำมาใช้เมื่อนักคิดต้องเกี่ยวข้องกับแง่มุมที่เป็นเหตุผล

2. แนวคิดของหมวกหกใบ คือ การเปิดทางให้มีการสลับเปลี่ยนวิธีคิด ช่วยให้เราสามารถขอให้ใครคนใดคนหนึ่งคิดแบบใดแบบหนึ่ง ถ้าในการประชุมหนึ่งๆใครคนใดคนหนึ่งมีทัศนะในทางลบอย่างเหนียวแน่นเราสามารถร้องขอให้ถอดหมวกสีดำออก และถูกขอร้องให้สวมหมวกสีเหลืองบ้างเป็นการขอร้องอย่างตรงๆ ให้มีทัศนะในแง่บวก เป็นคำพูดเฉพาะเจาะจงที่ไม่ทำให้หมองใจกัน

3. การเล่นไปตามบทบาทที่กำหนดไว้แล้ว การจำกัดความคิดไว้อย่างเคร่งครัดจะช่วยปกป้อง “ตัวตน” ของเรา อันเป็นสาเหตุส่วนใหญ่ของความผิดพลาดในเชิงปฏิบัติของการคิด แต่หมวกคิดจะช่วยให้เราสามารถคิดและพูดสิ่งต่างๆ ได้โดยที่เราไม่ต้องเอาตัวตนของเราเข้าไปเสี่ยง

4. การฟังความสนใจ หากว่าการคิดของเรามีความหมายว่าการมีปฏิริยาตอบสนอง เราก็ควรจะมีวิธีการมุ่งความสนใจไปที่ละแ่งที่ละด้าน และหมวกแต่ละใบจะเปิดทางให้เรามุ่งความสนใจไปในการใคร่ครวญเรื่องแต่ละเรื่องถึงหกด้านด้วยกัน

5. ความสะดวก สัญลักษณ์ของหมวกที่แตกต่างกันหกใบจะเปิดทางให้เราสามารถขอให้ใครสักคน (รวมทั้งตัวเราเอง) ปรับเปลี่ยนท่าที สามารถขอให้ใครบางคนมองในแง่ลบ หรือให้ใครบางคนมองในเชิงสร้างสรรค์ หรือให้แสดงความเห็นด้วยอารมณ์ล้วนๆ

6. การตั้งกฎเกณฑ์ของเกมการเล่น ผู้คนจะเก่งในเรื่องการเรียนรู้กฎของการละเล่น การเรียนรู้กฎของเกม เป็นการเรียนรู้ที่คนเราสามารถทำได้อย่างยอดเยี่ยมและมีประสิทธิภาพที่สุด และพร้อมที่จะสวมหมวกทั้งหกใบ

กุลยา ตันติผลาชีวะ (2546: 16) กล่าวถึงการคิดแบบหมวกหกใบว่า เป็นกลไกการสอนให้คนคิดในหลายด้านควบคู่กันไป แยกอารมณ์กับเหตุผล เรียนรู้การคิดของกันและกันอย่างมีหลักเกณฑ์จุดประสงค์คือ

1. ฝึกการคิดทั้งด้านตนเองและผู้อื่น มองความคิดของผู้อื่นทั้งด้านบวกและด้านลบ ใช้เหตุผลและหลักเกณฑ์เป็นแนวทางของการพิจารณา

2. เปิดโอกาสให้สมาชิกทุกคนของกลุ่มได้ระบายความคิดและประสบการณ์อย่างมีแบบแผน

3. สร้างความคิดที่หลากหลายและดีกว่า

4. ประหยัดเวลาในการตัดสินใจ

5. ขจัดความเป็นผู้มี "จิตตน หรือ Ego" ออกจากความคิดและความรู้สึกในขณะที่ต้องตัดสินใจหรือให้ความเห็นในประเด็นปัญหาต่างๆ

6. สร้างเสริมคุณภาพของการคิดตัดสินใจ

7. แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

กัสมา สิทธิกุล (2547: 15) กล่าวถึงความมุ่งหมายของหมวกความคิดหกใบว่า เน้นในเรื่องของวิธีการคิดที่สามารถคิดได้หลากหลายลักษณะ โดยใช้สัญลักษณ์ของหมวกสีต่างๆ เป็นตัวแทนของความคิดที่แตกต่างกัน สามารถเปลี่ยนหมวกได้อย่างง่ายดายทำให้สะดวกในการแสดงความคิดเห็นในแต่ละด้านอย่างเต็มที่ และสามารถยอมรับปรับเปลี่ยนความคิดเพื่อไปสู่เป้าหมายที่ต้องการได้เป็นอย่างดี

สุพัตรา แยมคลี (2548: 12) กล่าวถึงความมุ่งหมายของหมวกความคิดหกใบว่า เป็นการคิดตามความหมายหรือบทบาทของหมวกแต่ละใบ ซึ่งเป็นการมุ่งความสนใจไปที่ละด้านจนกว่าจะครบทั้งหกด้าน และเป็นการฝึกการคิดหรือการเรียนรู้ในรูปแบบของเกม

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า ความมุ่งหมายของหมวกความคิดหกใบมี 2 ข้อหลักๆ ดังนี้

1. เพื่อให้การคิดมุ่งเน้นไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งอย่างเต็มที่และคิดได้อย่างรอบด้าน

2. เพื่อใช้เป็นกฎระเบียบในการใช้ความคิดร่วมกัน

2.3 ประโยชน์ของหมวกความคิดหกใบ

เดอ โบโน (De Bono. 1985: 11) สรุปประโยชน์ของหมวกความคิดหกใบไว้ดังนี้

1. สามารถเรียนรู้และนำไปใช้ได้ง่าย กระตุ้นความสนใจได้ดี การใช้หมวกจริงหรือภาพหมวกและสีอื่นต่างๆ มีส่วนช่วยอย่างมาก

2. ใช้เวลาคิดได้รวดเร็ว ทำให้เหลือเวลาสำหรับความคิดสร้างสรรค์อย่างแท้จริง

3. สามารถแสดงถึงความรู้สึกหรือสัญชาตญาณโดยไม่เกรงใจว่าจะไม่เหมาะสมแต่อย่างใดในที่ประชุมได้อย่างเปิดเผย

4. สามารถคิดแบบใดแบบหนึ่งในเวลาหนึ่งได้อย่างเต็มที่โดยไม่สับสนกับความคิดหมวกสีอื่นในเวลาเดียวกัน

5. สามารถเปลี่ยนแบบความคิดได้ง่าย และตรงไปตรงมาโดยไม่ล่วงเกินใครด้วยการเปลี่ยนสีหมวก

6. ผู้ระดมความคิดทุกคนสามารถใช้หมวกแต่ละสีได้ครบทุกสี แทนที่จะคิดแต่เพียงสีเดียว ด้านเดียวตามปกติ

7. เป็นการแยกที่จริงออกไปและปล่อยความคิดให้มีอิสระภาพที่จะคิดได้อย่างเต็มที่

8. สามารถจัดลำดับความคิดให้เหมาะสมที่สุดกับหัวข้อ

9. ป้องกันมิให้เกิดโต้เถียงกันไปมาในที่ประชุมเพื่อฝ่ายต่างๆ จะได้สามารถร่วมกันคิดอย่างสร้างสรรค์

10. ผลการประชุมสามารถผลิตผลงานออกมาดีขึ้น

แมคอาเลีย (McAleer. 2007: 11) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของหมวกความคิดหกใบไว้ดังนี้

1. สีและหมวกช่วยให้มองเห็นภาพได้ง่ายสำหรับการเรียนรู้ การจดจำและการใช้
2. การคิดมีความชัดเจน มีจุดเน้น คิดได้อย่างลึกซึ้ง และสามารถคิดในระดับสูงเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดอย่างสร้างสรรค์
3. กลวิธีนี้สามารถนำไปใช้ได้กับเรื่องต่างๆ หรือเรื่องในระดับรูปธรรมและนามธรรม รวมถึงเรื่องที่มีความซับซ้อน
4. กลวิธีนี้จะทำให้การฟัง การพูด การอ่านและการเขียนดีขึ้น
5. การแก้ปัญหา การตัดสินใจ ภาวะการเป็นผู้นำและการเป็นอิสระจะถูกพัฒนามากยิ่งขึ้น
6. นักเรียนถามคำถามที่มีคุณภาพ
7. การประเมินตนเองเป็นระบบ
8. นักเรียนมีความเชื่อมั่นในตนเองมากขึ้น
9. การเรียนรู้แบบร่วมมือและการทำงานเป็นทีมมีประสิทธิภาพและมีการจัดการที่ดี

10. เป็นวิธีหนึ่งที่ครูสามารถนำไปใช้สอนเพื่อฝึกทักษะการคิดของนักเรียนได้

ทิสนา แคมมณี (2540: 242) กล่าวถึงประโยชน์ของเทคนิคหมวกความคิดหกใบว่า เป็นการพัฒนาความคิดของผู้เรียนได้อย่างไม่จำกัดเชื้อชาติและวัฒนธรรม สามารถนำไปใช้ได้ง่าย เนื่องจากไม่มีความซับซ้อน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้พยายามคิดเป็นการคิดอย่างรอบด้าน คิดทั้งจุดดี จุดด้อย จุดที่น่าสนใจ ความรู้สึกที่มีต่อสิ่งนั้นๆ แทนที่จะยึดติดอยู่กับความคิดเพียงด้านเดียวหรือรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง

แนวความคิดของหมวกหกใบมีประโยชน์ดังนี้ (บังอร พรหมณฤกษ์. 2544: 59-61 ; อ้างอิงจาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2541: 45-47)

1. เป็นการคิดแบบคู่ขนาน กล่าวคือ จะไม่มีการทำทนายหรือไม่เห็นด้วยหรือโต้แย้งถ้อยคำ โดยที่ความคิดต่างๆ ถูกนำมาเรียงขนานควบคู่กันไป คนทุกคนมุ่งความสนใจไปในทิศทางเดียวกันและร่วมมือกันคิดไปพร้อมๆ กัน
2. ไม่มีการเมืองและเกมอำนาจ ในหมวกความคิดหกใบนี้จะไม่มีการโจมตีกันเป็นส่วนตัวหรือการเล่นเกมอำนาจได้ เพราะแต่ละคนไม่ใช่คิดเพียงด้านลบเท่านั้นต้องคิดถึงด้านบวกหรือด้านสร้างสรรค์ใหม่ๆ ด้วย
3. มีที่และมีเวลาให้กับความคิดสร้างสรรค์ ทุกๆ คนจำเป็นต้องสร้างความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ออกมา
4. ทำให้มีการระมัดระวังในความคิด เพราะไม่สามารถจะด่วนสรุปได้ ความคิดทุกอย่างต้องผ่านการพินิจพิเคราะห์เป็นอย่างดีในเวลาที่เหมาะสม ไม่สามารถจะนั่งคิดด้านลบของทุกอย่างได้เพียงอย่างเดียวต่อไป

5. สามารถแสดงความรู้สึกและการหยั่งรู้ เช่น ลางสังหรณ์ออกมาได้อย่างเปิดเผยซึ่งผิดกับการคิดแบบเก่าที่ไม่สามารถทำเช่นนั้นได้

6. เป็นการแสวงหาคคุณค่าแทนที่ความคิดนั้นจะถูกทิ้งออกไปเพราะคำหนึ่งเพียงแต่ด้านลบเพียงด้านเดียว หมวกความคิดหกใบมีด้านการคิดแสวงหาคคุณค่าและประโยชน์ของสิ่งๆนั้นด้วย

7. เป็นการกำหนดกลไกของการคิดและวางโครงสร้างของกระบวนการคิดแทนที่จะคิดไปเรื่อยๆ ไปอย่างเลื่อนลอยไร้จุดหมาย

8. จำกัดความคิดเรื่อง “ตัวเรา ของเรา” ออกไป เพราะเป็นธรรมดาที่คนยอมไม่คิดด้านดีเกี่ยวกับสิ่งที่ตัวไม่ชอบหรือไม่พยายามหาข้อเสียของสิ่งที่ตนชอบ แต่หมวกความคิดหกใบคนต้องแสดงความคิดตามแง่มุมที่ได้รับการกำหนด แม้ว่าคนๆนั้นจะไม่ชอบสิ่งๆนั้น แต่เมื่อสวมหมวกที่กำหนดให้หาคคุณค่าข้อดีของสิ่งๆนั้น เขาก็จำเป็นต้องติดตาม

9. ทำให้ได้ใช้ภูมิปัญญาอย่างเต็มที่ เพราะในการอ้างเหตุผลแบบเดิมนั้น พลังภูมิปัญญาได้ถูกใช้ไปเพียงครึ่งหนึ่งสำหรับการมองหาข้อเสียหรือข้อดี แต่วิธีการคิดโดยใช้หมวกความคิดหกใบนี้ พลังภูมิปัญญาทั้งหมดจะถูกนำมาใช้ในความคิดทุกอย่างด้านตามข้อกำหนด

10. ทำให้ได้ใช้ความคิดที่ละเอียด ตามธรรมดาในการคิดเราพยายามคิดทุกอย่างไปพร้อมๆ กัน เราคิดสร้างสรรค์ วิพากษ์วิจารณ์ หาข้อมูลข่าวสารทุกอย่างไปพร้อมๆกัน แต่วิธีการคิดแบบหมวกหกใบจะช่วยทำให้เรามุ่งความสนใจอย่างเต็มที่ไปที่ความคิดแต่ละอย่างอย่างเหมาะสม เหมือนกับการพิมพ์ภาพสีที่จะพิมพ์สีแต่ละสีแยกกันโดยพิมพ์ทับลงไปบนสีอื่น ๆ

11. เป็นการย่นระยะเวลาของการประชุมให้จบเร็วขึ้นได้อย่างน่ามหัศจรรย์ เนื่องจากจะเน้นในความสนใจ และการคิดที่จะดำเนินร่วมกันไปด้วยกัน ซึ่งจะกินเวลาไม่มากนักและส่วนใหญ่เวลาที่เคยหมดไปกับการถกเถียงตอบโต้กันก็จะไม่เกิดขึ้น

12. เปิดโอกาสให้มีการแสดงความคิดเห็นได้ในหลายแง่หลายมุม การถูกกำหนดให้เปลี่ยนสีหมวกที่ใช้ความคิดแบบต่างๆ ทำให้คนไม่ต้องคิดแต่ในแง่ต้องจับผิดอยู่อย่างเดียว แต่ยังสามารถคิดถึงแง่มุมที่สร้างสรรค์ของเรื่องนั้นไปพร้อมๆกันด้วย

13. วิธีหมวกความคิดทำให้เราสามารถจัดระเบียบการคิด พร้อมทั้งมีเครื่องมือในการที่จะพูดถึงเกี่ยวกับการคิดแทนที่จะปล่อยให้มืออิสระเหลือเฟือในการที่จะคิดอะไรต่ออะไรเรื่อยๆ ก็เป็นไปได้ที่จะออกแบบลำดับการคิดที่ให้ผลดีที่สุด ซึ่งจะแตกต่างกันไปแต่ละเรื่อง

14. เสรีภาพ คนในที่ประชุมรู้สึกเป็นอิสระในการที่จะต้องสนับสนุนหรือโจมตีความคิดใดความคิดหนึ่งอยู่ทุกๆ ขณะ โดยที่พวกเขาไม่เสรีภาพมากขึ้นในการสำรวจตรวจสอบเรื่องนั้นๆ

ชนกพร วงษ์ทิม. (2549: 6-7) กล่าวถึง ประโยชน์ของการใช้หมวกความคิดหกใบดังนี้

1. กระบวนการคิดแบบหมวกความคิดหกใบเป็นการเริ่มคิดในสิ่งเดียวกัน และคิดร่วมกันในประเด็นเดียวกัน ทำให้ลดความขัดแย้งในการประชุมลงไปได้มาก

2. เนื่องจากระบบให้คนคิดที่ละด้านและมองที่ละด้านจากด้านหนึ่งไปมองอีกด้านหนึ่ง ทำให้เห็นภาพจริงที่ชัดเจน เป็นผลให้เกิดการพิจารณาความคิดใหม่ๆ ได้อย่างรอบคอบ

3. การใช้หมวกความคิดหกใบช่วยให้ทุกคนอยากมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ทำให้เป็นการดึงเอาศักยภาพของแต่ละคนมาใช้โดยที่ไม่รู้ตัว

4. ช่วยประหยัดเวลาในการประชุม เนื่องจากทุกคนในที่ประชุมมีความคิดแบบคู่ขนาน

5. จำกัดโอกาสหรือช่องทางสำหรับการโต้เถียงหรือโต้แย้งกัน

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2551: 273) กล่าวว่า หมวกความคิดหกใบก่อให้เกิดประโยชน์หลายประการ คือ

1. การแสดงบทบาทสมมติ เป็นการฝึกแสดงบทบาทที่ชัดเจนในตัวเองและแสดงบทบาทอื่นๆ ที่แตกต่างจากตัวเอง เพื่อเป็นการป้องกันการนึกถึงแต่ปมเด่นของตัวเองหรือสิ่งที่ตัวเองเป็นอยู่ จะได้หันไปแสดงบทบาทอื่นๆ เพื่อฝึกทำความเข้าใจคนอื่นบ้าง

2. การกำหนดและควบคุมความคิด เพื่อเป็นการควบคุมความคิดให้มีความชัดเจนเฉพาะด้าน โดยฝึกคิดทีละด้านตามลักษณะสีของหมวก 6 ใบ ซึ่งมีลักษณะความคิดที่ต่างกันได้ก็จะถูกฝึกให้คิดหลากหลายและคิดออกจากตัวเองด้วย

3. การฝึกเปลี่ยนความคิด เพื่อให้มีความสะดวกในการเปลี่ยนความคิดของตนเอง เมื่อเขามีความต้องการที่จะแสดงความคิดในอีกลักษณะหนึ่งซึ่งควรให้ผู้แสดงบทบาทสวมหมวกหรือคิดในลักษณะใดในเวลาใดก็ได้ เช่น ถ้าต้องการให้คิดเกี่ยวกับข้อเท็จจริงก็สวมหมวกสีขาว เป็นต้น ฝึกปลดปล่อยจากการติดยึดมั่นถือมั่นในความคิดเดิมๆ

4. กระตุ้นให้เกิดความสมดุลในสมอง การคิดของมนุษย์มีหลายรูปแบบหลากหลายมุมมอง โดยการกำหนดให้คิดทีละรูปแบบจะเป็นเงื่อนไขในการสร้างความสมดุลของสารเคมีในสมอง เนื่องจากสารเคมีดังกล่าวมีผลต่ออารมณ์และอารมณ์มีผลต่อการคิด การคิดแต่ละแบบส่งเสริมให้เกิดการกระตุ้นของสมอง เพื่อให้หลังสารเคมีออกมาให้มากขึ้นทั้งสมองซีกซ้ายและซีกขวา ซึ่งจะส่งเสริมให้การคิดมีประสิทธิภาพ

5. เกิดความสนุกสนานในการคิด การใช้หมวกความคิดหกใบไม่ได้ให้สวมบทบาทอย่างเคร่งเครียด แต่จะเป็นการใช้หลักการในการเล่นเกม คือ มีการกำหนดให้ดำเนินการตามข้อตกลงหรือกติกาของการคิดอย่างเป็นขั้นตอนเป็นระบบ ทำให้เกิดความสุข ความกระตือรือร้นและสนใจในรูปแบบของการคิดแต่ละรูปแบบ อันจะฝึกให้รู้จักคิดที่ชัดเจนและมีทิศทาง

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า หมวกความคิดหกใบมีประโยชน์ดังนี้

1. ช่วยจัดระเบียบการคิด ทำให้การคิดมีประสิทธิภาพมากขึ้น
2. เป็นวิธีการคิดอย่างรอบด้าน ทีละด้าน ทำให้มุ่งความสนใจไปที่การคิดแต่ละด้านได้อย่างเต็มที่
3. ประหยัดเวลาในการคิด และมีเวลาคิดถึงแง่มุมที่สร้างสรรค์ของเรื่องนั้นมากขึ้น
4. ให้เสรีภาพในการคิดและดึงศักยภาพการคิดของแต่ละคนมาใช้โดยไม่รู้ตัว
5. ลดการโต้แย้งหรือโต้เถียงกันในที่ประชุม

6. สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดของนักเรียนได้

2.4 การเรียนการสอนโดยใช้หมวกความคิดหกใบ

เดอ โบโน (De Bono. 1992: 18-19) ได้เสนอการสอนโดยใช้หมวกความคิดหกใบดังนี้

1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน (Lead-in) เริ่มด้วยการให้ภาพประกอบง่าย ๆ ตัวอย่าง หรือแบบฝึกหัดที่แสดงให้เห็นถึงกระบวนการที่จะสอน

2. การอธิบาย (Explanation) เข้าสู่การให้ตัวอย่างทันทีว่าจะสอนอะไรตามลักษณะพื้นฐานของหมวกที่เลือก

3. การสาธิต (Demonstration) ยกตัวอย่างเพิ่มเติม สาธิตให้เห็นถึงกระบวนการนำไปใช้ แนะนำการอธิบาย เสนอแนะ ตั้งคำถาม

4. การปฏิบัติ (Practice) ขั้นนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดของการสอน ผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการในการฝึกฝนหมวกทุกใบ ไม่ใช่เวลาฝึกฝนหมวกใบใดใบหนึ่งนานเกินไป ซึ่งจะเป็นการดึงความสนใจจากกระบวนการให้ไขว้เขว จุดประสงค์คือสอนให้เกิดทักษะ ไม่ใช่สอนให้อภิปรายให้น่าสนใจ

5. การหารายละเอียดเพิ่มเติม (Elaboration) ในการฝึกฝนกระบวนการผู้เรียนสามารถสังเกตขั้นตอนหรือกระบวนการว่าถูกนำไปใช้อย่างไร จุดนี้อาจเกิดขณะที่การฝึกฝนหมวกใบใดใบหนึ่งกำลังปฏิบัติอยู่หรือได้จากการตอบคำถาม

6. ข้อสรุป (Conclusion) คือการฝึกให้ผู้เรียนสรุปประโยชน์ ข้อดี ข้อเสีย

ข้อสังเกตในการสอน

1. จุดเน้น (Focused) การสอนควรเน้นที่ทักษะหรือหมวกที่กำลังสอนบทบาทของหมวกที่ใช้บ่อยๆ

2. ชัดเจน (Clear) หลีกเลี่ยงความสับสน ถ้ามีความสับสนให้พิจารณาสิ่งที่ย่างๆโดยให้ตัวอย่างที่ชัดเจน

3. ว่องไว รวดเร็ว (Brisk) กำหนดเวลาสั้นๆในการคิดแต่ละประเด็น

4. สนุกสนาน (Enjoyable) การเขียนและการฝึกจะต้องสนุกสนาน ความสนุกสนานเกิดจากการจัดกิจกรรมซึ่งใช้ความคิดและแบบฝึกที่มีชีวิตชีวา

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ (2542: 21-22) ได้เสนอยุทธศาสตร์การสอนโดยวิธีหมวกความคิดหกใบ 3 แนวทาง ดังนี้

1. ใช้ในการกำหนดทิศทางการคิดของกลุ่ม แนวทางแรกนี้เป็นการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง คือ การให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม โดยมอบหมายโครงการหรือโครงการงานให้นักเรียนทำหรือกำหนดเป้าหมายการทำงานแล้วให้นักเรียนคิดโครงการหรือโครงการงานเอง ในการวางแผนดำเนินงานให้นักเรียนสวมหมวกสีเดียวกัน อาจเริ่มด้วยหมวกสีขาว (การแก้ปัญหาเรื่องนี้จะต้องใช้ข้อมูลอะไรบ้าง) ตามด้วยหมวกสีเขียว (การแก้ปัญหาเรื่องนี้มีแนวทางใดบ้าง) หมวกสีดำ (การแก้ปัญหาเรื่องนี้ปัญหาอะไรบ้าง)

2. ภายใต้เงื่อนไขของหมวกแต่ละสีทุกคนในกลุ่มต้องใช้ความคิดไปในทางเดียวกันมุ่งไปที่เนื้อหา ไม่ใช่ต่างคนต่างคิด ความคิดที่แตกต่างกัน แม้ว่าจะตรงกันข้ามกันก็ตามสามารถนำมาคิดไปพร้อม ๆ กันได้ เพื่อเกิดความหลากหลายของข้อมูล สีของหมวกทำให้เกิดการมองไปในทิศทางเดียวกัน เช่น หมวกสีเหลืองและสีดำ เป็นความพยายามร่วมกันที่จะค้นหาประโยชน์และอุปสรรค ไม่ใช่หันหน้าเข้ามาต่อสู้กัน

3. ในกิจกรรมการเรียนการสอนผู้สอนจะต้องเตรียมการจัดไปงานในการสอนแต่ละครั้งสอดแทรกไว้ในแผนการสอน ไปงานนี้ระบุสีของหมวกไว้ทำคำถามหรือเขียนภาพหมวกในแต่ละไปงาน หากสามารถตั้งคำถามได้ครบทุกสีของหมวก จะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดที่ครอบคลุมทุกด้าน

อนุพร พวงมาลี (2549: 17-18) ได้สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้คำถามตามแนวหมวกความคิดหกใบไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นตอนในการเริ่มเข้าสู่บทเรียน โดยครูผู้สอนจะใช้คำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจต่อการจัดการเรียนการสอน โดยขั้นนำเข้าสู่บทเรียนส่วนใหญ่ครูผู้สอนจะใช้คำถามตามแนวหมวกความคิดหกใบของ เอ็ดเวิร์ด เดอ โบโน หมวกสีเขียว หมวกสีฟ้า

2. ขั้นสอน เป็นขั้นตอนในการสอนเนื้อหา ครูผู้สอนจะสอนเนื้อหาซึ่งเป็นสาระการเรียนรู้ในแต่ละชั่วโมง โดยครูผู้สอนจะใช้คำถามที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาสาระการเรียนรู้ โดยขั้นสอนส่วนใหญ่ครูผู้สอนจะใช้คำถามตามแนวหมวกความคิดหกใบของ เอ็ดเวิร์ด เดอ โบโน หมวกสีขาว หมวกสีฟ้า หมวกสีดำ หมวกสีเหลือง

3. ขั้นสรุปและประเมินผล เป็นขั้นตอนในการสรุปเนื้อหาและประเมินความรู้นักเรียน ครูผู้สอนจะใช้คำถามที่ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและหาข้อสรุปเกี่ยวกับเนื้อหาโดยขั้นสรุปและประเมินผล ส่วนใหญ่ครูผู้สอนจะใช้คำถามตามแนวหมวกความคิดหกใบของ เอ็ดเวิร์ด เดอ โบโน หมวกสีแดง หมวกสีฟ้า

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550: 5) ได้เสนอการจัดการเรียนรู้แบบพัฒนากระบวนการคิดด้วยการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ ดังนี้

1. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

1.1 การเตรียมการเรียนรู้

1.1.1 ผู้สอนควรศึกษาหลักสูตรให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ จัดทำตารางการวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องสัมพันธ์กับหลักการ จุดหมาย มาตรฐานการเรียนรู้ และคำอธิบายรายวิชา เพื่อจัดทำหน่วยการเรียนรู้และออกแบบการจัดการเรียนรู้

1.1.2 กำหนดเทคนิควิธีสอนและกิจกรรมการสอนที่สอดคล้องกับข้อ 1.1.1 โดยเลือกใช้เทคนิควิธีสอนที่หลากหลาย

1.1.3 สรรวจองค์ประกอบที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

1.1.4 จัดเตรียมสื่อและแหล่งการเรียนรู้

1.1.5 จัดเตรียมเครื่องมือวัดผลประเมินผลที่หลากหลาย ครอบคลุมทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัยและเน้นการประเมินตามสภาพจริง

1.2 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.2.1 ช้่นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นการจัดกิจกรรมที่เน้นกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ มีความพร้อมที่จะเรียนรู้ โดยใช้วิธีการและสื่อที่หลากหลายประกอบการใช้คำถาม กระตุ้นซักถาม ทบทวนหรือแสดงความคิดเห็นให้ผู้เรียนนำประสบการณ์เดิมมาเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่

1.2.2 ช้่นดำเนินการสอน เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อกระตุ้นการคิดด้วยการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ ลักษณะกิจกรรมมุ่งให้ผู้เรียนมีบทบาทและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากที่สุด กล่าวคือ ให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน ร่วมกันแสดงออกด้วยการตั้งคำถาม ตอบคำถาม โดยออกแบบกรอบของการคิดด้วยการใช้คำถามตามสีของหมวก (หมวกแต่ละสีใช้แทนวิธีคิดแต่ละแบบ) ซึ่งจะใช้หมวกสีใดก่อนหลังก็ได้ และผู้เรียนสามารถใช้คำถามของหมวกแต่ละสีได้ไม่จำกัดจำนวนครั้ง จนกระทั่งได้คำตอบหรือองค์ความรู้ในเรื่องที่เรียนอย่างชัดเจน ในขั้นตอนนี้จึงจำเป็นต้องมีการร่วมกันคิดวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ความจริง ข้อเท็จจริง หรือคำตอบที่ต้องการ

ลักษณะคำถามที่นำมาใช้ในขั้นตอนนี้ เป็นดังนี้

หมวกสีขาว ใช้คำถามที่กระตุ้นให้เสนอข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงจากการอ่าน การสังเกต หรือเหตุการณ์

หมวกสีแดง ใช้คำถามกระตุ้นเพื่ออธิบายความรู้สึกต่อข้อมูล เรื่องราว หรือเหตุการณ์

หมวกสีเหลือง ใช้คำถามให้ค้นหาข้อดี หรือจุดเด่นของข้อมูล เรื่องราว หรือเหตุการณ์

หมวกสีดำ ใช้คำถามให้ระบุสาเหตุของปัญหาความไม่สมบูรณ์ ความล้มเหลว

หมวกสีเขียว ใช้คำถามเสนอวิธีแก้ไข การเปลี่ยนแปลงไปสู่สิ่งที่ดีกว่า ทางเลือกใหม่

หมวกสีฟ้า ใช้คำถามเพื่อตัดสินใจหรือสรุปข้อมูล เช่น ข้อคิด ความรู้ที่ได้รับ ทางเลือกที่จะนำไปปฏิบัติ

1.2.3 ช้่นสรุป เป็นการสรุปผลการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม โดยผู้เรียนร่วมกันสรุปความรู้ ภาพรวมของเรื่องที่เรียนหรือสรุปสาระสำคัญของบทเรียน โดยนำความรู้ที่ได้ทั้งหมดมานำเสนอแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันสรุปข้อค้นพบ หรือสังเคราะห์เป็นองค์ความรู้ใหม่

1.2.4 ชั้นประเมินผล ควรใช้วิธีการที่หลากหลาย ประเมินสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการจัดกิจกรรม ซึ่งได้จากการสรุป การทดสอบ การบันทึก การตรวจผลงาน การประเมินผล อาจเปิดโอกาสให้ผู้เรียน เพื่อน ผู้ปกครอง หรือชุมชนร่วมประเมินผลได้

2. บทบาทผู้สอน

2.1 จัดเตรียมเนื้อหา วิธีการสอน สื่อ เครื่องมือวัดประเมินผลตามธรรมชาติของวิชาและสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการเรียนรู้

2.2 ใช้สื่อและแหล่งการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และการคิดของผู้เรียน

2.3 วางแผนการใช้คำถามหวนทวนความคิดทบทวน เพื่อพัฒนาการคิดของผู้เรียนให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน

2.4 ฝึกใช้คำถามตามสี่ของหวนทวนแต่ละใบ

2.5 จัดการเรียนรู้โดยใช้คำถามทุกขั้นตอนของการดำเนินการสอนและสามารถสร้างคำถามใหม่ๆ นอกเหนือจากที่เตรียมไว้ตามสถานการณ์ได้

2.6 สังเกตพฤติกรรมผู้เรียนเป็นรายบุคคล และให้การเสริมแรงหรือข้อเสนอแนะอย่างเหมาะสมแต่ละเรื่อง

2.7 เปิดโอกาสและส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงออกด้วยการตั้งคำถามและการคิดอย่างสร้างสรรค์

2.8 ส่งเสริมให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากกลุ่มด้วยการฝึกคิด ฝึกทำ ฝึกปรับปรุงตนเองและฝึกความรับผิดชอบ

3. บทบาทของผู้เรียน

3.1 ฝึกการคิดด้วยการใช้คำถามหวนทวนความคิดทบทวนอย่างสม่ำเสมอ

3.2 ใช้กระบวนการกลุ่มในการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้

3.3 แสดงความคิดและแสดงออกอย่างชัดเจนและมีเหตุผล

3.4 เรียนรู้อย่างมีสติและมีสมาธิเพื่อเสริมสร้างปัญญา

3.5 ให้ความร่วมมือกับผู้สอนในกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลอย่างต่อเนื่อง

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า การเรียนการสอนโดยใช้หวนทวนความคิดทบทวน เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนากระบวนการทางความคิดของผู้เรียน โดยผู้สอนจะสอดแทรกคำถามหวนทวนความคิดทบทวนในทุกขั้นตอนของการเรียนการสอน และจะป้อนคำถามตามสี่ของหวนทวนแต่ละใบไม่จำกัดจำนวนครั้งตามความเหมาะสมของเนื้อหา โดยมีการวางแผนการใช้คำถามตลอดจนการสร้างคำถามใหม่ให้สอดคล้องไปกับสถานการณ์ เพื่อฝึกให้ผู้เรียนได้คิดแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลและสามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหมวดความคิดทหโบ

งานวิจัยต่างประเทศ

โกเร (Koray. 2005: 398) ได้ทำวิจัยการสำรวจความเข้าใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เกี่ยวกับการใช้เทคนิคหมวดความคิดทหโบและเทคนิคการแสดงรายการของคุณลักษณะ (attribute listing) ในวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนเชื่อว่าการใช้เทคนิคหมวดความคิดทหโบสามารถทำให้ความคิดรวบยอดที่เป็นนามธรรมซึ่งยากที่จะเรียนรู้สำหรับพวกเขา มีความชัดเจนมากขึ้น พวกเขาสามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้น มีความสนุกสนานในการเรียน และง่ายต่อการอธิบายความคิดของพวกเขาโดยปราศจากความลังเลสงสัย และพวกเขายังมีความเห็นด้วยว่าควรประยุกต์ใช้เทคนิคหมวดความคิดทหโบกับทุกวิชาไม่ใช่เฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์เท่านั้น สำหรับการใช้นิเทศการแสดงรายการของคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนคิดว่าพวกเขาได้เรียนรู้ที่จะหาข้อมูลใหม่ๆ ล้ายกับการใช้เทคนิคหมวดความคิดทหโบ และทำให้พวกเขาเรียนรู้ที่จะรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น ยิ่งไปกว่านั้น การเปิดโลกแห่งจินตนาการของพวกเขาทำให้พวกเขาเรียนรู้วิธีที่จะสร้างความคิดที่หลากหลายบนพื้นฐานของความคิดที่แปลกๆ เหล่านั้น และพวกเขายังมีความเห็นอีกด้วยว่า นักวิทยาศาสตร์สามารถใช้เทคนิคนี้ในการสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ขึ้นมาได้

คาราแด็ก; ซาริตัส; และ เออจินอร์ (Karadag; Saritas; & Erginer. 2007: 66) ได้ทำการวิจัยการสำรวจความคิดเห็นของนักศึกษาพยาบาลที่มีต่อการใช้แบบจำลองหมวดความคิดทหโบแห่งการเรียนรู้ในชั้นเรียนการพยาบาลผู้ช่วยศัลยกรรม ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาพยาบาล 87.8% มีความเห็นว่าวิธีการนี้เป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่แตกต่างกันออกไป 85.4% ทำให้รู้ถึงสภาพร่างกายและจิตใจของผู้ป่วยอย่างแท้จริง 85.4% ง่ายสำหรับการรับรู้ถึงความรู้สึกของผู้ป่วย 82.9% มองเห็นมุมมองทั้งทางบวกและทางลบของรายวิชานี้ 90.2% ทำให้พวกเขาเรียนรู้เพื่อที่จะคิดในมุมมองที่แตกต่างออกไป และ 75.6% ช่วยให้พวกเขามีความคิดในเชิงสร้างสรรค์ และยังพบอีกด้วยว่านักศึกษา 24.4% มีความเห็นว่าวิธีนี้ทำให้เสียเวลาในการเรียน 7.3% กิจกรรมสำหรับหมวดสึดามีผลทางลบต่อความคิดของพวกเขา และ 12.2% มีความเห็นว่าวิธีนี้ทำให้พวกเขารู้สึกหงุดหงิดและจะส่งผลในทางลบ

ทูกิเอนด์อर्फ (Tukiendorf. 2008: online) ได้ทำการวิจัยเรื่องกลยุทธ์ในการเอาชนะอาการเขียนไม่ออก โดยใช้เทคนิค 4 เทคนิค คือ เทคนิคการจินตนาการภาพ เทคนิคการหลอกตัวเอง เทคนิคการคิดแบบ 3 มิติ และเทคนิคการคิดแบบหมวดทหโบ ในการสอนนิสิตระดับปริญญาโท คณะอักษรศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยออปอเล (Opole) ผลการวิจัยพบว่า ถ้าผู้เรียนมีอาการเขียนไม่ออกโดยเฉพาะการเริ่มต้นเขียนด้วยเหตุผลบางอย่างแล้ว การใช้เทคนิคการจินตนาการภาพหรือเทคนิคการหลอกตัวเองจะทำให้ผู้เรียนรู้ว่าอะไรคืออุปสรรคสำหรับพวกเขาและจะทำให้พวกเขาคิดไปในทิศทางบวกและสร้างสรรค์ และถ้าผู้เรียนมีปัญหาเกี่ยวกับความคิดที่ได้รวบรวมไว้แล้วหรือการจัดการความคิดเหล่านั้น การใช้เทคนิคการคิดแบบ 3 มิติหรือเทคนิคการคิดแบบหมวดทหโบจะทำ

ให้ผู้เรียนสามารถจับประเด็นสำคัญและเขียนความสนใจของพวกเขาออกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะ
ทำให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยในประเทศ

บังอร พรหมณฤกษ์ (2544: 81) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบโมเดลชิปปากับ
การฝึกคิดแบบหวมกหกไบที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียน
วัดสระบัว ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ฝึกคิดแบบหวมกหกไบมีความคิดสร้างสรรค์ในกลุ่มสร้างเสริม
ประสบการณ์ชีวิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุนันทา สายวงศ์ (2544: 78) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิด
อย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนวิชาสังคมศึกษาด้วยการใช้เทคนิคการ
คิดแบบหวมกหกไบ และการสอนแบบซินดิเคท ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนวิชาสังคมศึกษา
ด้วยการใช้เทคนิคการคิดแบบหวมกหกไบและนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนแบบซินดิเคท มีการคิด
อย่างมีวิจารณญาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กัสมมา สิทธิกุล (2547: 70) ได้ศึกษาผลของการฝึกคิดแบบหวมกหกไบที่มีต่อการคิด
วิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสุเหร่าบ้านดอน เขตวัฒนา กรุงเทพฯ
ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการฝึกคิดแบบหวมกหกไบมีการคิดวิจารณญาณมากขึ้นกว่า
นักเรียนที่ไม่ได้รับการฝึกคิดแบบหวมกหกไบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นิลวรรณ เจตวรัญญ (2549: 40) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถด้านการคิด
วิเคราะห์ในวิชาภาษาไทยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการคิด
แบบหวมกหกไบกับการสอนปกติ ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน
ที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการคิดแบบหวมกหกไบกับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติแตกต่าง
กัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อนุพร พวงมาลี (2549: 60) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถการคิดวิเคราะห์และ
เจตคติต่อกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้
แบบใช้คำถามตามแนวคิดแบบหวมกหกไบของ เอ็ดเวิร์ด เดอ โบโน กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถการคิดวิเคราะห์และเจตคติต่อกลุ่มสาระการเรียนรู้
คณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้คำถามตามแนวคิดหวมกหกไบของ
เอ็ดเวิร์ด เดอ โบโน สูงกว่าการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

จากเอกสารและงานวิจัยข้างต้น สรุปได้ว่า การนำเทคนิคหวมกหกความคิดหวมกหกไบมาใช้ในการ
เรียนการสอน ช่วยเพิ่มพูนทักษะการคิดของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนมีความ
สนุกสนานในการเรียน และสามารถที่จะสื่อสารแนวความคิดของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่ายขึ้น

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

วิลสัน (Wilson. 1971: 643-696) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางด้านสติปัญญา (Cognitive Domain) ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่ง วิลสัน ได้จำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาไว้เป็น 4 ระดับ คือ

1. ความรู้ความจำด้านการคิดคำนวณ (Computation) พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมที่อยู่ในระดับต่ำสุด แบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ

1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Knowledge of Specific Facts) คำถามที่วัดความสามารถในระดับนี้จะเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ตลอดจนความรู้พื้นฐานซึ่งนักเรียนได้สั่งสมมาเป็นระยะเวลานานแล้วด้วย

1.2 ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (Knowledge of Terminology) เป็นความสามารถในการระลึกหรือจำศัพท์และนิยามต่างๆได้ โดยคำถามอาจจะเป็นถามโดยตรงหรือโดยอ้อมก็ได้ แต่ไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณ

1.3 ความสามารถในการใช้กระบวนการคิดคำนวณ (Ability to Carry out Algorithms) เป็นความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริงหรือนิยามและกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้วมาคิดคำนวณตามลำดับขั้นตอนที่เคยเรียนรู้มาแล้ว ข้อสอบวัดความสามารถด้านนี้ต้องเป็นโจทย์ที่ง่ายคล้ายคลึงกับตัวอย่าง นักเรียนไม่ต้องพบกับความยุ่งยากในการตัดสินใจเลือกใช้กระบวนการ

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมระดับความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณแต่ซับซ้อนกว่า แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติ (Knowledge of Concepts) เป็นความสามารถที่ซับซ้อนกว่าความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง เพราะมโนคติเป็นนามธรรม ซึ่งประมวลจากข้อเท็จจริงต่างๆ ต้องอาศัยการตัดสินใจในการตีความหรือยกตัวอย่างมโนคตินั้น โดยใช้คำพูดของตนหรือเลือกความหมายที่กำหนดให้ ซึ่งเขียนในรูปแบบใหม่หรือยกตัวอย่างใหม่ที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียน

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎทางคณิตศาสตร์และการสรุปอ้างอิงเป็นกรณีทั่วไป (Knowledge of Principles; Rules; and Generalization) เป็นความสามารถในการนำเอาหลักการ กฎและความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติไปสัมพันธ์กับโจทย์ปัญหาจนได้แนวทางในการแก้ปัญหา ถ้าคำถามนั้นเป็นคำถามเกี่ยวกับหลักการและกฎที่นักเรียนเพิ่งเคยพบเป็นครั้งแรก อาจจัดเป็นพฤติกรรมในระดับการวิเคราะห์ก็ได้

2.3 ความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (Knowledge of Mathematical Structure) คำถามที่วัดพฤติกรรมระดับนี้เป็นคำถามที่วัดเกี่ยวกับสมบัติของระบบจำนวนและโครงสร้างทางพีชคณิต

2.4 ความสามารถในการเปลี่ยนรูปแบบของปัญหา จากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง (Ability to Transform Problem Elements from one Mode to Another) เป็นความสามารถในการแปลงข้อความที่กำหนดให้เป็นข้อความใหม่หรือภาษาใหม่ เช่น แปลภาษาพูดให้เป็นสมการซึ่งมีความหมายคงเดิม โดยไม่รวมถึงกระบวนการแก้ปัญหา (Algorithms) หลังจากแปลแล้วอาจกล่าวได้ว่าเป็นพฤติกรรมที่ง่ายที่สุดของพฤติกรรมระดับความเข้าใจ

2.5 ความสามารถในการติดตามแนวของเหตุผล (Ability to Follow a Line of Reasoning) เป็นความสามารถในการอ่านและเข้าใจข้อความทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแตกต่างจากความสามารถในการอ่านทั่วไป

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

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคยเพราะคล้ายกับปัญหาที่นักเรียนประสบอยู่ในระหว่างเรียน คือ แบบฝึกหัดที่นักเรียนจะต้องเลือกใช้กระบวนการแก้ปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาได้โดยไม่ยาก พฤติกรรมในระดับนี้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นคือ

3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาที่คล้ายกับปัญหาที่ประสบอยู่ในระหว่างเรียน (Ability to Solve Routine Problems) นักเรียนต้องอาศัยความสามารถในระดับความเข้าใจและเลือกกระบวนการแก้ปัญหาจนได้คำตอบออกมา

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ (Ability to Make Comparisons) เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด เพื่อสรุปการตัดสินใจ ซึ่งในการแก้ปัญหานี้ อาจต้องใช้วิธีการคิดคำนวณและจำเป็นต้องอาศัยความรู้ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งใช้ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล (Ability to Analyze Data) เป็นความสามารถในการตัดสินใจอย่างต่อเนื่องในการหาคำตอบจากข้อมูลที่กำหนดให้ ซึ่งอาจต้องอาศัยการแยกข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องมาพิจารณาว่า อะไรคือข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม มีปัญหาอื่นใดบ้างที่อาจเป็นตัวอย่งในการหาคำตอบของปัญหาที่กำลังประสบอยู่ หรือต้องแยกโจทย์ปัญหาออกมาพิจารณาเป็นส่วน มีการตัดสินใจหลายครั้งอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ต้นจนได้คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ต้องการ

3.4 ความสามารถในการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกันและการสมมาตร (Ability to Recognize Patterns; Isomorphisms; and Symmetries) เป็นความสามารถที่ต้องอาศัยพฤติกรรมอย่างต่อเนื่องตั้งแต่การระลึกถึงข้อมูลที่กำหนดให้ การเปลี่ยนรูปปัญหา การจัดกระทำกับข้อมูลและการระลึกถึงความสัมพันธ์ นักเรียนต้องสำรวจหาสิ่งที่คุ้นเคยกันจากข้อมูลหรือสิ่งที่กำหนดจากโจทย์ปัญหาที่พบ

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาที่นักเรียนไม่เคยเห็นหรือไม่เคยทำแบบฝึกหัดมาก่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโจทย์พลิกแพลงแต่ก็อยู่ในขอบเขตเนื้อหาวิธีที่เรียน การแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวต้องอาศัยความรู้ที่ได้เรียนมารวมกับความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกันเพื่อแก้ปัญหา พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุดของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องใช้สมรรถภาพสมองระดับสูง แบ่งเป็น 5 ชั้น คือ

4.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ที่ไม่เคยประสบมาก่อน (Ability to Solve Nonroutine Problems) คำถามในชั้นนี้เป็นคำถามที่ซับซ้อน ไม่มีในแบบฝึกหัดหรือตัวอย่าง ไม่เคยเห็นมาก่อน นักเรียนต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกับความเข้าใจโมเดล นิยาม ตลอดจนทฤษฎีต่างๆที่เรียนมาแล้วเป็นอย่างดี

4.2 ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ (Ability to Discover Relationships) เป็นความสามารถในการจัดส่วนต่างๆ ที่โจทย์กำหนดให้แล้วสร้างความสัมพันธ์ขึ้นใหม่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาแทนการจำความสัมพันธ์ที่เคยพบมาแล้วมาใช้กับข้อมูลชุดใหม่เท่านั้น

4.3 ความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ (Ability to Construct Proofs) เป็นความสามารถที่ควบคู่กับความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ อาจเป็นพฤติกรรมที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าพฤติกรรมการสร้างข้อพิสูจน์ พฤติกรรมในชั้นนี้ต้องการให้นักเรียนสามารถตรวจสอบข้อพิสูจน์ว่าถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดบ้าง

4.4 ความสามารถในการวิจารณ์การพิสูจน์ (Ability to Criticize Proofs) ความสามารถในการในชั้นนี้เป็นการใช้เหตุผลที่ควบคู่กับความสามารถในการเขียนพิสูจน์ แต่ความสามารถในการพิจารณาเป็นพฤติกรรมที่ยุ่ยากซับซ้อนกว่า ความสามารถในการในชั้นนี้ต้องการให้นักเรียนมองเห็นและเข้าใจการพิสูจน์นั้นว่าถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดพลาดไปจากโมเดล หลักการ กฎ นิยาม หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์

4.5 ความสามารถในการสร้างสูตรและทดสอบความถูกต้องของสูตร (Ability to Formulate and Validate Generalizations) นักเรียนต้องสามารถสร้างสูตรขึ้นใหม่โดยให้สัมพันธ์กับเรื่องเดิมและต้องสมเหตุสมผลด้วย นั่นคือ การถามให้หาและพิสูจน์ประโยคทางคณิตศาสตร์หรืออาจถามให้นักเรียนสร้างกระบวนการคิดคำนวณใหม่พร้อมทั้งแสดงการใช้กระบวนการนั้น

นิภา เมธาวีชัย (2536: 65) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้และทักษะที่ได้รับและพัฒนาจากการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ครูอาศัยเครื่องมือวัดผลช่วยในการศึกษาว่านักเรียนมีความรู้และทักษะมากน้อยเพียงใด

อัญชญา โปธิพลากร (2545: 93) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนจากการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งประเมินได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งแบบทดสอบนั้นสอดคล้องกับพฤติกรรมด้านความรู้ความจำ (Cognitive Domain)

ณยศ สงวนสิน (2547: 38) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถหรือความสำเร็จในด้านต่างๆ เช่น ความรู้ ทักษะในการแก้ปัญหา ความสามารถในการนำไป

ใช้ และการวิเคราะห์ เป็นต้น รวมถึงประสิทธิภาพที่ได้จากการเรียนรู้ซึ่งได้รับการสอน การฝึกฝน หรือประสบการณ์ต่าง ๆ ซึ่งวัดได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้น

ซินินท์ชัย อินทிரารณ; และสุวิทย์ หิรัณยกานนท์ (2548: 5) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสำเร็จ ความรู้ ความสามารถ หรือทักษะ หรือผลการเรียนการสอน หรือผลงานที่ได้จากการประกอบกิจกรรมส่วนนั้น ๆ

สันติ อธิพิณนาวกุล (2550: 64) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ระดับความสามารถหรือระดับผลสัมฤทธิ์ของบุคคลหลังจากการเรียนหรือการฝึกอบรม ซึ่งสามารถแบ่งเป็น ความรู้ความจำด้านการคิดคำนวณ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการคิดวิเคราะห์ จัดได้ว่าเป็นเกณฑ์ที่จะนำมาใช้ประเมินประสิทธิภาพของการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์คือความสามารถทางสมองของผู้เรียนหลังจากที่ได้รับการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ วัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยครอบคลุมพฤติกรรมที่พึงประสงค์ 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำด้านการคิดคำนวณ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านการวิเคราะห์

3.2 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การที่ผู้เรียนจะเกิดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหรือปัจจัยหลายประการด้วยกัน ดังที่มีนักวิชาการได้ให้ความเห็นไว้ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

เพรสคอตต์ (Prescott. 1961: 14-16) ได้ใช้ความรู้ทางชีววิทยา สังคมวิทยา จิตวิทยาและการแพทย์ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนของนักเรียนและสรุปผลการศึกษาว่าองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งในและนอกห้องเรียน มีดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบทางด้านร่างกาย ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโตของร่างกาย สุขภาพทางกาย ขอบกพร่องทางร่างกายและบุคลิกท่าทาง
2. องค์ประกอบทางความรัก ได้แก่ ความสัมพันธ์ของบิดามารดา ความสัมพันธ์ของบิดามารดากับลูก ความสัมพันธ์ระหว่างลูก ๆ ด้วยกัน และความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกทั้งหมดในครอบครัว
3. องค์ประกอบทางวัฒนธรรมและสังคม ได้แก่ ขนบธรรมเนียมประเพณี ความเป็นอยู่ของครอบครัว สภาพแวดล้อมทางบ้าน การอบรมทางบ้านและฐานทางบ้าน
4. องค์ประกอบทางความสัมพันธ์ในเพื่อนวัยเดียวกัน ได้แก่ ความสัมพันธ์ของนักเรียนกับเพื่อนวัยเดียวกันทั้งที่บ้านและที่โรงเรียน
5. องค์ประกอบทางการพัฒนาแห่งตน ได้แก่ สติปัญญา ความสนใจ เจตคติของนักเรียน
6. องค์ประกอบทางการปรับตัว ได้แก่ ปัญหาการปรับตัว การแสดงออกทางอารมณ์

แคร์รอล (Carroll. 1963: 723-733) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับอิทธิพลขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน โดยนำเอาครูและหลักสูตรมาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ โดยเชื่อว่าเวลาและคุณภาพของการสอนมีอิทธิพลโดยตรงต่อปริมาณความรู้ที่นักเรียนจะได้รับ

ฮาร์วิกเฮิร์ส; และ นูกาเทิน (Harvighurst; & Neugarten. 1969: 157) กล่าวถึง องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าประกอบด้วยความสามารถที่ติดตัวมาแต่กำเนิด ชีวิตและการอบรมในครอบครัว ประสิทธิภาพของโรงเรียน และความเข้าใจเกี่ยวกับตนเอง และการมุ่งหวังในอนาคต

บลูม (Bloom. 1976: 160) กล่าวว่า องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียน ได้แก่ ตัวแปรสำคัญ 3 ตัว คือ คุณสมบัติด้านความรู้ คุณลักษณะด้านจิตพิสัย และคุณภาพของการสอน ซึ่งประกอบด้วย การชี้แนะ การบอกจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน การมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน การเสริมแรงจากครู การให้ข้อมูลย้อนกลับถึงความบกพร่องหรือความเหมาะสม และการแก้ไขข้อบกพร่อง

จากการศึกษาข้างต้น สรุปได้ว่า องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนมีหลายองค์ประกอบด้วยกัน ที่สำคัญแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ องค์ประกอบด้านตัวนักเรียนและปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับนักเรียน และองค์ประกอบด้านคุณภาพการสอนและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ

3.3 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

สาเหตุของการสอบตกและการออกจากโรงเรียนในระดับประถมศึกษา ซึ่งเรวัตและคุปตะ (Rawat, & Gupta. 1970: 7-9) ได้กล่าวว่า อาจมาจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งหรือมากกว่านั้นโดยมีด้วยกันหลายประการ ได้แก่

1. นักเรียนขาดความรู้สึกร่วมในการมีส่วนร่วมกับการเรียน
2. ความไม่เหมาะสมของการจัดเวลาเรียน
3. ผู้ปกครองไม่เอาใจใส่ในการศึกษาบุตร
4. นักเรียนมีสุขภาพไม่สมบูรณ์
5. ความยากจนของผู้ปกครอง
6. ประเพณีทางสังคม ความเชื่อที่ไม่เหมาะสม
7. โรงเรียนไม่มีการปรับปรุงที่ดี
8. การสอบตกซ้ำชั้นเพราะการวัดผลไม่ดี
9. อายุน้อยหรือมากเกินไป
10. สาเหตุอื่นๆ เช่นการคมนาคมไม่สะดวก

วัชร บุรณสิงห์ (2525: 435) ได้กล่าวถึง ลักษณะของนักเรียนที่เรียนอ่อนวิชาคณิตศาสตร์ว่ามีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ระดับสติปัญญา (I.Q.) อยู่ระหว่าง 75-90 และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางวิชาคณิตศาสตร์จะต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 30
2. อัตราการเรียนรู้อาจต่ำกว่านักเรียนคนอื่นๆ
3. มีความสามารถทางการอ่านต่ำ
4. จำหลักหรือมโนคติเบื้องต้นทางคณิตศาสตร์ที่เรียนไปแล้วไม่ได้

5. มีปัญหาในการใช้ถ้อยคำ
6. มีปัญหาในการหาความสัมพันธ์ของสิ่งของต่างๆ และการสรุปเป็นหลักเกณฑ์ทั่วไป
7. มีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์น้อย สังเกตจากการสอบตักวิชาคณิตศาสตร์บ่อยครั้ง
8. เจตคติที่ไม่ดีต่อโรงเรียนและโดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อวิชาคณิตศาสตร์
9. มีความกดดันและรู้สึกกังวลต่อความล้มเหลวทางด้านการเรียนของตนเอง และบางครั้งรู้สึกดูถูกตนเอง

10. ขาดความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเอง
11. อาจมาจากครอบครัวที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างจากนักเรียนอื่นๆ ซึ่งมีผลทำให้ขาดประสบการณ์ที่จำเป็นต่อความสำเร็จในการเรียน
12. ขาดทักษะในการฟังและไม่มีความตั้งใจในการเรียนหรือมีความตั้งใจในการเรียนเพียงชั่วระยะเวลาสั้นๆ
13. มีข้อบกพร่องในด้านสุขภาพ เช่น สายตาไม่ปกติ มีปัญหาทางด้านการฟังและมีข้อบกพร่องทางทักษะการใช้มือ
14. ไม่ประสบผลสำเร็จในด้านการเรียนทั่วไป
15. ขาดความสามารถในการแสดงออกทางคำพูด ซึ่งทำให้ไม่สามารถใช้คำถามที่แสดงให้เห็นว่าตนเองก็ยังไม่เข้าใจในการเรียนนั้นๆ

ขนาด เชื้อสุวรรณทวี (2542: 145) กล่าวถึง สาเหตุหรือที่มาที่ทำให้นักเรียนเรียนอ่อนทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ข้อบกพร่องทางร่างกาย
2. ระดับสติปัญญาต่ำ
3. มีประสบการณ์ที่ไม่ดีมาก่อน ทำให้ฝังใจ เกิดการต่อต้านไม่ยอมรับ ปิดกั้นตัวเองทั้งแบบรู้ตัวและแบบไม่รู้ตัว
4. สิ่งแวดล้อมที่บ้าน การปลูกฝังนิสัยในการเรียน ตลอดจนนิสัยส่วนตัวในด้านต่างๆ เช่น ความกระตือรือร้น กล้าคิด กล้าถาม กล้าแสดงออก ความอดทน ความเพียรพยายาม การรู้จักแบ่งเวลา ความมีระเบียบวินัยในตนเอง ความรับผิดชอบ การมีสมาธิ
5. วุฒิภาวะต่ำ
6. พื้นฐานความรู้เดิมไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ ทำให้เรียนตามเพื่อนไม่ทัน ไม่เข้าใจบทเรียนใหม่

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีด้วยกันหลายประการ แต่สาเหตุโดยตรงที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนคือ ประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนของครู ซึ่งเป็นหน้าที่ของครูที่จะจัดหาวิธีการสอนที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพ

3.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4.1 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

รอสส์; และ สแตนลีย์ (Ross; & Stanley. 1967: 16) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถทางวิชาการ เช่น แบบทดสอบเลขคณิต แบบทดสอบวิชาพีชคณิต เป็นต้น

เมห์เรนส์; และ เลห์แมนน์ (Mehrens; & Lehmann. 1969: 187) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความพร้อมในการเรียน วัดข้อบกพร่อง หรือเพื่อใช้ทำนายผลการเรียนในอนาคต ซึ่งใช้วัดผลกันตั้งแต่ชั้นอนุบาลจนถึงชั้นอุดมศึกษา

ประกิจ รัตนสุวรรณ (2525: 55) ได้กล่าวถึง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าเป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดพฤติกรรมและประสบการณ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียน แบบทดสอบประเภทนี้จึงมุ่งวัดคุณลักษณะ ด้านความรู้ ความคิดในเรื่องที่เรียน ลักษณะการวัดผลสัมฤทธิ์จะขึ้นอยู่กับลักษณะและธรรมชาติของรายวิชาที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้นๆ โดยอาจจะเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ในแง่เนื้อหาวิชาโดยตรง หรืออาจวัดผลสัมฤทธิ์ในเชิงลงมือปฏิบัติ หน้าที่สำคัญของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ก็คือ มุ่งตรวจสอบความสามารถในการเรียนของบุคคลทั้งในส่วนของเกี่ยวกับระดับความสามารถในการเรียน ความก้าวหน้า หรือพัฒนาการในการเรียน

วารี ว่องพินัยรัตน์ (2530: 2) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่มุ่งวัดพฤติกรรมทางสมองของนักเรียนว่ามีความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพทางสมองด้านต่างๆ ในเรื่องที่เรียนรู้ไปแล้วมากน้อยเพียงใด เรื่องที่เรียนรู้ว่าจะเรียนรู้จากในห้องเรียน หรือจากประสบการณ์ของนักเรียนเองนอกห้องเรียน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จะเน้นการวัดผลการเรียนรู้ที่ได้รับในอดีตหรือปัจจุบัน โดยจะประเมินความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาทางวิชาการ จะไม่วัดความสามารถทางกายหรือความรู้สึกทางจิตใจ

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2545: 26) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบวัดความรู้ทางวิชาการ มักใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เน้นการวัดความรู้ความสามารถจากการเรียนรู้ในอดีตหรือในสภาพปัจจุบันของแต่ละคน

สมนึก ภัททิยชนี (2549: 73) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพทางสมองด้านต่างๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้ว

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดพฤติกรรมและประสบการณ์ทางการเรียนของผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความสามารถในการเรียน ความก้าวหน้า หรือพัฒนาการในการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังจากเรียนจบในบทเรียนที่กำหนดไว้

3.4.2 ประเภทและรูปแบบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิเชียร เกตุสิงห์ (2515: 20-21) กล่าวว่า รูปแบบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบ่งตามลักษณะการเขียนตอบ แบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ

1. แบบทดสอบอัตนัย (Subjective) หรือแบบทดสอบความเรียง (Essay) หมายถึงแบบทดสอบที่กำหนดปัญหา แล้วให้ผู้ตอบเขียนตอบยาวๆ

2. แบบทดสอบปรนัย (Objective) แบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ 4 แบบ คือ

2.1 แบบถูก-ผิด (True-False)

2.2 แบบเติมคำ (Completion)

2.3 แบบจับคู่ (Matching)

2.4 แบบเลือกตอบ (Multiple choice)

สมเกียรติ ปติฐพร (2525: 7) ได้กล่าวถึงประเภทและรูปแบบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ดังนี้

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher Made Test) หมายถึง ข้อสอบที่ใช้ทั่วไปในโรงเรียน โดยที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้นเอง สอบแล้วทิ้งไป จะสอบก็สร้างขึ้นใหม่

2. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นแล้วนำไปใช้ทดสอบ แล้ววิเคราะห์ผลการสอบตามวิธีทางสถิติหลายครั้งเพื่อปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพดีขึ้น

รูปแบบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างง่ายและนิยมใช้มี 2 แบบคือ

1. แบบอัตนัยหรือความเรียง (Subject or Essay Type) หมายถึง แบบทดสอบที่กำหนดปัญหาหรือข้อคำถามให้ผู้ตอบเขียนตอบยาวๆ เหมาะสำหรับการวัดหลายๆ ด้านในแต่ละข้อ เช่น วัดความคิด วัดภาษา วัดอารมณ์

2. แบบปรนัยหรือแบบใช้คำตอบสั้นๆ (Objective or Short Answer Type) หมายถึงแบบทดสอบที่ใช้คำตอบสั้นๆ หรือกำหนดคำตอบให้เลือก อาจเป็นแบบถูก-ผิด จับคู่ แบบเติมคำหรือแบบเลือกตอบ

สมนึก ภัททิยธนี (2549: 74) กล่าวถึง ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างกับแบบทดสอบมาตรฐาน ซึ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประเภทที่ครูสร้างมีหลายรูปแบบ แต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบคือ

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay Test)

2. ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด (True-False Test)

3. ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion Test)

4. ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ (Short Answer Test)

5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching Test)

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test)

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบมาตรฐาน และแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง โดยแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเองนั้นรูปแบบที่นิยมใช้ คือ แบบให้เขียนตอบ และแบบให้เลือกตอบ

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

งานวิจัยต่างประเทศ

ทาริม; และ แอ็คเคนนิซ (Tarim; & Akdeniz. 2007: 85) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้รูปแบบ Team Assisted Individualization (TAI) และรูปแบบ Student Team Achievement Divisions (STAD) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนด้วยรูปแบบ TAI สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนด้วยรูปแบบ STAD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนด้วยรูปแบบ TAI สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนด้วยรูปแบบ STAD สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

เทลลา (Tella. 2007: 154) ได้ทำการวิจัยเรื่อง อิทธิพลของแรงจูงใจที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาในประเทศไทย ผลการวิจัยพบว่า อิทธิพลของแรงจูงใจของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่มีแรงจูงใจอยู่ในระดับสูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีแรงจูงใจอยู่ในระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดักลาส; เบอร์ตัน; และ รีส์ เดอแฮม (Douglas; Burton; & Reese-Durham. 2008: 182) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของกลยุทธ์การสอนแบบพหุปัญญาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบพหุปัญญาสูงขึ้นกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

โจนส์; โจนส์; และ เวอร์เมทท์ (Jones; Jones; & Vermette. 2009: 4) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การใช้การเรียนรู้ทางด้านอารมณ์และการเรียนรู้ทางด้านสังคม ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า การสอนทักษะทางด้านอารมณ์และทักษะทางด้านสังคม มีส่วนช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแรงจูงใจในทางบวกของนักเรียนเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังทำให้พฤติกรรมในชั้นเรียนของนักเรียนเป็นที่ยอมรับทางสังคมเพิ่มมากขึ้นด้วย

งานวิจัยในประเทศ

ทินรัตน์ กาญจนกฤษกร (2550: 112) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้น โดยใช้หลัก “สุ จิ ปุ ลิ” ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะ/กระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และทักษะ/กระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้หลัก “สุ จิ ปุ ลิ” เรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้น มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อารี แสงขำ (2550: 55) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้เทคนิคการสอนแบบระดมสมอง ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนภายหลังได้รับการสอนแบบระดมสมองสูงกว่าก่อนที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการสอนแบบระดมสมองและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

บุศรา อิมทรัพย์ (2551: 89-90) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการใช้สื่อประสม เรื่อง “การแปลงทางเรขาคณิต” ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้สื่อประสมสูงกว่าเกณฑ์การเรียน 50% และเจตคติในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้สื่อประสม เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต หลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ สรุปได้ว่า อิทธิพลของแรงจูงใจของนักเรียนในการเรียนคณิตศาสตร์ การสอนทักษะทางด้านอารมณ์และทักษะทางด้านสังคมในห้องเรียนคณิตศาสตร์ให้กับผู้เรียน รวมถึงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้เทคนิควิธีการที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพของครูนั้นล้วนมีส่วนช่วยทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4.1 ความหมายของความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นความสามารถทางสมองที่นักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้ศึกษาและให้ความหมายไว้ดังนี้

ดิวี่ (Dewey. 1933: 30) ได้ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ว่า หมายถึง การคิดอย่างใคร่ครวญไตร่ตรองโดยอธิบายขอบเขตของการคิดวิเคราะห์ว่า เป็นการคิดที่เริ่มต้นจากสถานการณ์ที่มีความยุ่งยากและสิ้นสุดลงด้วยสถานการณ์ที่มีความชัดเจน

บลูม; และคณะ (Bloom. 1956: 6-9) ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นความสามารถในการแยกแยะเพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์เรื่องราวหรือเนื้อหาต่างๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผล และที่เป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร

กู๊ด (Good. 1973: 680) ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ว่า เป็นการคิดอย่างรอบคอบตามหลักของการประเมินและมีหลักฐานอ้างอิงเพื่อหาข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและใช้กระบวนการตรรกวิทยาได้อย่างถูกต้องสมเหตุสมผล

เชดคัทท์ โฆวาสิษฐ์ (2530: 98) ได้ให้ความหมายของการวิเคราะห์ว่า หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะรายละเอียดของสิ่งสำเร็จรูปออกเป็นส่วนย่อยๆ อย่างมีหลักเกณฑ์เพื่อหาข้อเท็จจริงที่แฝงอยู่ในเรื่องราวนั้น

วิลพร คำเพราะ (2539: 53) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง การพิจารณาความเชื่อ ความรู้ คำกล่าวอ้างและสิ่งต่างๆ อย่างสุขุมรอบคอบ โดยหาสาเหตุเพื่อสรุปได้อย่างถูกต้องก่อนจะตัดสินใจเชื่อหรือสรุปเลือก

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546: 25) ให้ความหมายความสามารถในการคิดเชิงวิเคราะห์ (Analytical Thinking) ว่า หมายถึง ความสามารถในการสืบค้นข้อเท็จจริงเพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่าง โดยการตีความ การจำแนกแยกแยะ และการทำความเข้าใจกับองค์ประกอบของสิ่งนั้นและองค์ประกอบอื่นๆ ที่สัมพันธ์กันรวมทั้งเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่ไม่ขัดแย้งกันระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เหตุผลที่หนักแน่นน่าเชื่อถือทำให้เราได้ข้อเท็จจริงที่เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจแก้ปัญหา ประเมิน และตัดสินใจเรื่องต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

สุวิทย์ มูลคำ (2548: 9) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบต่างๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์ และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นเพื่อค้นหาสภาพความเป็นจริงหรือสิ่งสำคัญของสิ่งที่กำหนดให้

จากการศึกษาข้างต้น สรุปได้ว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาแยกแยะส่วนย่อยๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราว หรือเนื้อเรื่องต่างๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญและสัมพันธ์กันอย่างไร เป็นการคิดพิจารณาอย่างมีเหตุมีผลเพื่อหาข้อสรุปหรือหลักการที่จะสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

4.2 ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์

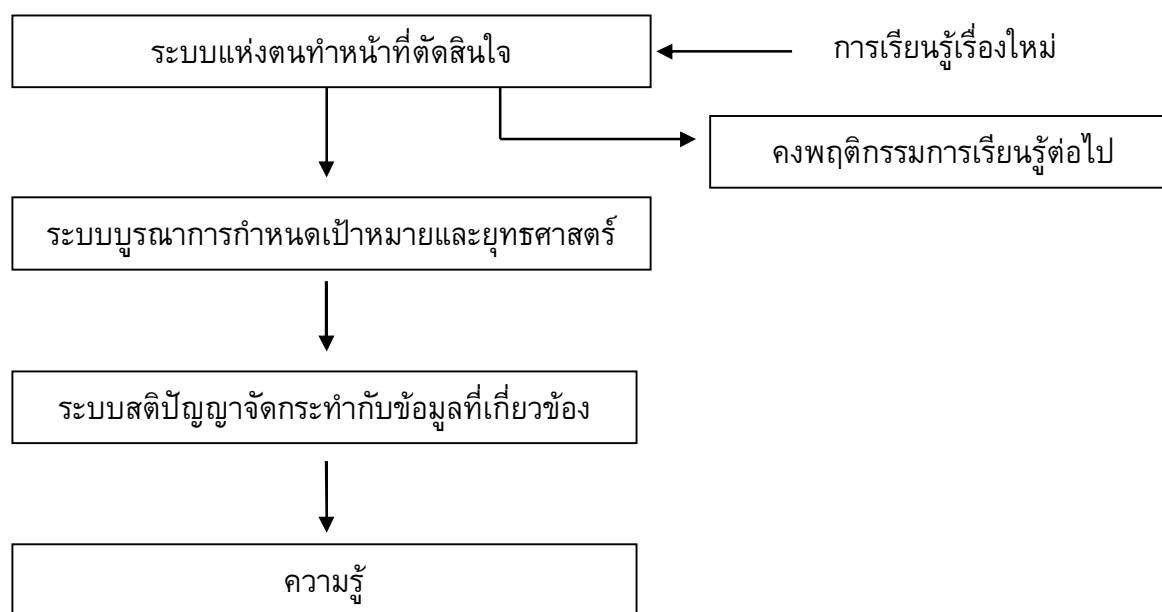
4.2.1 ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของบลูม

บลูม (Bloom. 1956: 6-9, 201-207) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายทางการศึกษา (Bloom's Taxonomy of Educational Objectives) เป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการรู้คิด ด้านจิตพิสัยและด้านทักษะพิสัยของบุคคลส่งผลต่อความสามารถทางการคิด ซึ่งบลูมจำแนกไว้เป็น 6 ระดับ คำถามในแต่ละระดับมีความซับซ้อนแตกต่างกัน ได้แก่ ระดับที่ 1 ระดับความรู้ความจำ แยกเป็นความรู้ในเนื้อหา เช่น ความรู้ในศัพท์ที่ใช้และความรู้ในข้อเท็จจริงเฉพาะ ความรู้ในวิธีดำเนินการ เช่น ความรู้เกี่ยวกับระเบียบแบบแผน ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับชั้น ความรู้เกี่ยวกับการจัดจำแนกประเภท

ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ต่าง ๆ และความรู้เกี่ยวกับวิธีการ ความรู้รวบยอดในเรื่อง เช่น ความรู้เกี่ยวกับหลักวิชาและการขยายความ และความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง ระดับที่ 2 ระดับความเข้าใจแยกเป็น การแปลความ การตีความ และการขยายความ ระดับที่ 3 ระดับการนำไปใช้หรือการประยุกต์ ระดับที่ 4 ระดับการวิเคราะห์ แยกเป็นการวิเคราะห์ส่วนประกอบ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ ระดับที่ 5 ระดับการสังเคราะห์ แยกเป็นการสังเคราะห์ การสื่อความหมาย การสังเคราะห์แผนงานและการสังเคราะห์ความสัมพันธ์ และระดับที่ 6 ระดับการประเมินค่า แยกเป็นการประเมินค่าโดยอาศัยข้อเท็จจริงภายในและการประเมินค่าโดยอาศัยข้อเท็จจริงภายนอก การที่บุคคลจะมีทักษะในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ บุคคลนั้นจะต้องสามารถวิเคราะห์และเข้าใจสถานการณ์ใหม่หรือข้อความจริงใหม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นทักษะการคิดระดับพื้นฐานของนักเรียนสู่ความสามารถทางการคิดในระดับสูง เพราะนักเรียนจะเข้าใจเหตุการณ์ต่าง ๆ อย่างชัดเจนผ่านกระบวนการวิเคราะห์หน่วยย่อย การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ โดยนักเรียนสามารถวิเคราะห์ประเด็นต่าง ๆ จากส่วนย่อยสู่ส่วนใหญ่ และเชื่อมความสัมพันธ์ของประเด็นต่าง ๆ เข้าด้วยกันจนสามารถสรุปอย่างเป็นหลักการโดยมีเหตุผลรองรับ

4.2.2 ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของมาร์ซาโน (Marzano's Taxonomy)

มาร์ซาโน (Marzano. 2001: 11-12) อธิบายว่า รูปแบบพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย 3 ระบบ ได้แก่ ระบบแห่งตน ระบบการบูรณาการ และระบบสติปัญญา ระบบแห่งตนตัดสินใจการยอมรับการเรียนรู้เรื่องใหม่ เมื่อระบบแห่งตนรับการเรียนรู้เรื่องใหม่ระบบบูรณาการจะเข้ามาเกี่ยวข้องกับการกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้นั้น โดยการออกแบบกลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อการบรรลุเป้าหมายแห่งการเรียนรู้ และระบบสติปัญญาจะทำหน้าที่จัดกระทำข้อมูลในลักษณะของการวิเคราะห์ ดังนั้น ปริมาณความรู้ของนักเรียนแต่ละคนจึงมีผลต่อความสำเร็จอย่างสูงในการเรียนรู้เรื่องใหม่ ซึ่งความรู้ใหม่สามารถต่อยอดจากความรู้เดิมได้อย่างกว้างขวาง ดังแสดงตามภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 รูปแบบพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้

ที่มา: Marzano , Robert J.: (2001). **Designing a New Taxonomy of Education**

Objectives. P.11.

จากภาพประกอบ 5 แสดงให้เห็นว่า กระบวนการถ่ายเทของข้อมูลเริ่มจากระบบแห่งตน ต่อเนื่องมาที่ระบบบูรณาการ ระบบสติปัญญาและสิ้นสุดที่ความรู้ ระบบแต่ละระบบจะส่งผลสะท้อนต่ออีกระบบที่ตามมาอย่างต่อเนื่อง ถ้าระบบแห่งตนไม่เชื่อว่าการเรียนรู้เรื่องใหม่เป็นเรื่องสำคัญ แรงจูงใจในการเรียนรู้จะต่ำ หรือถ้าระบบบูรณาการกำหนดเป้าหมายไม่ชัดเจนการเรียนรู้จะประสบอุปสรรค หรือแม้การกำหนดเป้าหมายชัดเจนและกำกับตรวจสอบอย่างมีประสิทธิภาพแต่กระบวนการจัดกระทำข้อมูลในระบบสติปัญญาปฏิบัติการไม่มีประสิทธิภาพ การเรียนรู้จะไม่ประสบผลสำเร็จ ดังนั้น ระบบทั้ง 3 จึงเป็นระบบที่มีการจัดลำดับถูกต้องในกระบวนการถ่ายเทข้อมูล

มาร์ซาโน (Marzano. 2001: 30-60) ได้พัฒนารูปแบบจุดมุ่งหมายทางการศึกษารูปแบบใหม่ (A New Taxonomy of Educational Objectives) ประกอบด้วยความรู้ 3 ประเภทและกระบวนการจัดกระทำข้อมูล 6 ระดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ประเภทของความรู้ ได้แก่

1. ข้อมูล เน้นการจัดระบบความคิดเห็น จากข้อมูลง่ายสู่ข้อมูลยาก เป็นระดับความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง ลำดับเหตุการณ์ สมเหตุและผล เฉพาะเรื่องและหลักการ
2. กระบวนการ เน้นกระบวนการเพื่อการเรียนรู้ จากทักษะสู่กระบวนการอัตโนมัติ อันเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถที่สั่งสมไว้
3. ทักษะ เน้นการเรียนรู้ที่ใช้ระบบโครงสร้างกล้ามเนื้อ จากทักษะง่ายสู่กระบวนการที่ซับซ้อนขึ้น

โดยมีกระบวนการจัดกระทำกับข้อมูล 6 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 ชั้นรวบรวม เป็นการคิดทบทวนความรู้เดิม รับข้อมูลใหม่และเก็บเป็นคลังข้อมูลไว้เป็นการถ่ายโยงความรู้จากความรู้ความจำถาวรสู่ความจำนำไปใช้ในการปฏิบัติการโดยไม่จำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างของความรู้นั้น

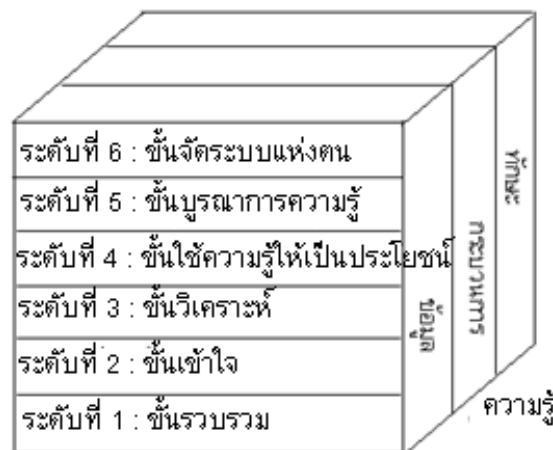
ระดับที่ 2 ชั้นเข้าใจ เป็นการเข้าใจสาระที่เรียนรู้สู่การเรียนรู้ใหม่ในรูปแบบการใช้สัญลักษณ์ เป็นการสังเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานของความรู้นั้นโดยเข้าใจประเด็นสำคัญ

ระดับที่ 3 ชั้นวิเคราะห์ เป็นการจำแนกความเหมือนและความแตกต่างอย่างมีหลักการ จัดหมวดหมู่ที่สัมพันธ์กับความรู้ การสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยสามารถบ่งชี้ข้อผิดพลาดได้ การประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่โดยใช้ฐานความรู้และการคาดการณ์ผลที่ตามมาบนพื้นฐานของข้อมูล

ระดับที่ 4 ชั้นใช้ความรู้ให้เป็นประโยชน์ เป็นการตัดสินใจในสถานการณ์ที่ไม่มีคำตอบชัดเจน การแก้ไขปัญหาที่ยุ่งยาก การอธิบายปรากฏการณ์ที่แตกต่างและการพิจารณาหลักฐานสู่การสรุปสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน การตั้งข้อสมมติฐาน และการทดลองสมมติฐานนั้นบนพื้นฐานของความรู้

ระดับที่ 5 ชั้นบูรณาการความรู้ เป็นการจัดระบบความคิดเพื่อบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนด การกำกับติดตามการเรียนรู้ และการจัดขอบเขตการเรียนรู้

ระดับที่ 6 ชั้นจัดระบบแห่งตน เป็นการสร้างระดับแรงจูงใจต่อภาวะการณ์เรียนรู้และภาระงานที่ได้รับมอบหมายในการเรียนรู้ รวมทั้งความตระหนักในความสามารถของการเรียนรู้ที่ตนมี ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 ระดับของกระบวนการจัดกระทำกับข้อมูลตามทฤษฎีการคิดของมาร์ซาโน

ที่มา: Marzano. Robert J. (2001). **Designing a New Taxonomy of Educational**

Objectives. P.60

ถ้าสังเคราะห์แนวคิดของบลูม (Bloom's Taxonomy) และมาร์ซาโน (Marzano's Taxonomy) สามารถเชื่อมโยงเพื่อเป็นกรอบแนวคิดทักษะการคิดวิเคราะห์ โดยสรุปเป็น 5 ด้านตามทฤษฎีการคิดของมาร์ซาโนเป็นสำคัญ เพราะทฤษฎีการคิดของบลูม (Bloom's Taxonomy) เมื่อบูรณาการกับทฤษฎีการคิดของมาร์ซาโน (Marzano's Taxonomy) พบว่า 5 ด้านของขั้นการคิดวิเคราะห์ของมาร์ซาโนสอดคล้องกับ 3 หลักการวิเคราะห์ของบลูม และสามารถนำไปเป็นกรอบแนวคิดทักษะการคิดวิเคราะห์ได้อย่างเป็นรูปธรรม (ปรียานุช สถาวรมณี. 2548: 27) ดังแสดงในภาพประกอบ 7

ทักษะการคิดวิเคราะห์

ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของบลูม (Bloom's Taxonomy)	ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของมาร์ซาโน (Marzano's Taxonomy)
1. หลักการวิเคราะห์หน่วยย่อย	1. ด้านการจำแนก 2. ด้านการจัดหมวดหมู่
2. หลักการวิเคราะห์ความสัมพันธ์	3. ด้านการสรุป
3. หลักการวิเคราะห์หลักการ	4. ด้านการประยุกต์ 5. ด้านการคาดการณ์

ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของบลูม (Bloom's Taxonomy)	หลักการวิเคราะห์หน่วยย่อย		หลักการวิเคราะห์ความสัมพันธ์	หลักการวิเคราะห์หลักการ	
ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของมาร์ซาโน (Marzano's Taxonomy)	ด้าน การ จำแนก	ด้าน การ จัด หมวดหมู่	ด้านการสรุป	ด้านการ ประยุกต์	ด้านการ คาดการณ์

ภาพประกอบ 7 กรอบแนวคิดทักษะการคิดวิเคราะห์

ที่มา: 1. Bloom, Benjamin S.; et al. (1956). **Taxonomy of Educational Objectives**

Book1: Cognitive Domain. P. 201 – 207

2. Marzano, Robert J. (2001). **Designing a New Taxonomy of Educational Objectives.** P.60.

ทฤษฎีการคิดของบลูมและทฤษฎีการคิดของมาร์ซาโนในขั้นการคิดวิเคราะห์ สามารถหลอมรวมได้ดังนี้ (ปรียานุช สถาวรมณี. 2548: 27-28)

1. หลักการวิเคราะห์หน่วยย่อยของบลูมกับทักษะการคิดด้านการจำแนกและด้านการจัดหมวดหมู่ของมาร์ซาโน เป็นความสามารถในการแยกแยะส่วนย่อยต่างๆ และเหตุการณ์ที่มีความเหมือนกันและแตกต่างกันออกเป็นแต่ละส่วนให้เข้าใจง่ายอย่างมีหลักเกณฑ์ และเป็นความสามารถในการจัดลำดับ ประเภท และกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงเข้าด้วยกัน โดยด้านการจำแนกและด้านการจัดหมวดหมู่สามารถพัฒนาด้วยกิจกรรมการสร้างผังมโนทัศน์ กิจกรรมการใช้เทคนิคในการตั้งคำถาม

2. หลักการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของบลูมกับทักษะด้านการสรุปของมาร์ซาโน เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลเก่าและข้อมูลใหม่สู่การสรุปอย่างมีเหตุผลเป็นประเด็นต่างๆ โดยด้านการสรุปอย่างมีเหตุผลสามารถพัฒนาด้วยกิจกรรมการทำโครงการ กิจกรรมการอภิปราย กิจกรรมระดมสมอง

3. หลักการวิเคราะห์หลักการของบลูมกับทักษะการคิดด้านประยุกต์และด้านการคาดการณ์ของมาร์ซาโน เป็นความสามารถในการนำความรู้ หลักการ ทฤษฎี มาใช้ในสถานการณ์ใหม่และในการกะประมาณ คาดเดาสິ่ที่จะเกิดในอนาคตได้ โดยด้านการประยุกต์และด้านการคาดการณ์สามารถพัฒนาด้วยกิจกรรมการสร้างผังมโนทัศน์ กิจกรรมการใช้เทคนิคในการตั้งคำถาม กิจกรรมการทำโครงการ กิจกรรมการอภิปราย กิจกรรมการระดมสมอง กิจกรรมการใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชนและธรรมชาติ

จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ สรุปได้ว่า ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของบลูมและทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของมาร์ซาโนมีความเกี่ยวข้องกัน ซึ่งการพัฒนาทักษะด้านการคิดวิเคราะห์สามารถทำได้ด้วยการจัดกิจกรรมที่หลากหลายตามความเหมาะสม

4.3 องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

วัตสัน; และ เกลเซอร์ (Watson; & Glaser. 1964: 10) ได้กล่าวถึงการคิดวิเคราะห์ว่าประกอบด้วยทัศนคติ ความรู้ และทักษะในเรื่องต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ทัศนคติในการสืบเสาะ ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการเห็นปัญหาและความต้องการที่จะสืบเสาะ ค้นหาข้อมูล หลักฐานมาพิสูจน์เพื่อหาข้อเท็จจริง
2. ความรู้ในการหาแหล่งข้อมูลอ้างอิงและการใช้ข้อมูลอ้างอิงอย่างมีเหตุผล
3. ทักษะในการใช้ความรู้และทัศนคติดังที่กล่าวมาข้างต้น

จากผลการวิจัยต่างๆ วัตสันและเกลเซอร์ สรุปว่า การคิดวิเคราะห์ประกอบไปด้วยความสามารถย่อยๆ 5 ประการ คือ

1. ความสามารถในการอ้างอิง
2. การตั้งสมมติฐาน
3. การนิรนัย
4. การแปลความ

5. การประเมินข้อโต้แย้งต่างๆ

ฮัดกินส์ (Hudgins. 1977: 173–180) ได้อธิบายทักษะที่ประกอบกันเป็นการคิดวิเคราะห์ 4 ประการคือ

1. ผู้เรียนจะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบที่สำคัญของการอ้างเหตุผล โดยขั้นต้น ผู้เรียนต้องมีพื้นฐานทางมโนทัศน์และข้อมูลเพียงพอสำหรับการพิจารณาความจริงที่อาจเป็นไปได้ของการอ้างเหตุผล หรือความเป็นไปได้ของผลลัพธ์ที่คาดการณ์ไว้ นอกจากนี้ผู้เรียนจะต้องมีลักษณะที่จำเป็นในการประเมินการอ้างเหตุผลด้วย

2. ผู้เรียนจะต้องแสวงหาหลักฐานที่นำมาใช้ในการอ้างเหตุผลหรือการลงสรุปโดยจะต้องพิจารณาว่า ข้อสรุปที่นำมากล่าวอ้างมีข้อมูลสนับสนุนหรือไม่ ตลอดจนการพิจารณาว่าหลักฐานที่นำมาอ้างอิงมีอคติหรือไม่

3. ผู้เรียนจะต้องพิจารณา ไตร่ตรอง และประเมินทั้งหลักฐานที่นำมาใช้และลักษณะการใช้เหตุผลที่นำมาใช้ในการอ้างเหตุผลก่อนการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธข้อสรุปนั้น

4. ผู้เรียนสามารถระบุข้อสันนิษฐาน ที่เกี่ยวข้องกับการอ้างอิงเหตุผล เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546: 26-30) ได้แบ่งการคิดวิเคราะห์เป็น 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความสามารถในการตีความ หมายถึง การพยายามทำความเข้าใจและให้เหตุผลแก่สิ่งที่เราต้องการจะวิเคราะห์เพื่อแปลความหมายที่ไม่ปรากฏโดยตรงของสิ่งนั้นเป็นการสร้างความเข้าใจต่อสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ โดยเกณฑ์ที่แต่ละคนใช้เป็นมาตรฐานในการตัดสินใจย่อมแตกต่างกันตามความรู้ ประสบการณ์ ค่านิยมของแต่ละบุคคล และความสามารถในการเชื่อมโยงเหตุผล

2. ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์ หมายถึง เราจะคิดวิเคราะห์ได้ดีนั้นต้องมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานของเรื่องนั้น เพราะความรู้จะช่วยกำหนดขอบเขตของการวิเคราะห์แจกแจงและจำแนกได้ว่าเรื่องนั้นเกี่ยวข้องกับอะไร มีองค์ประกอบย่อยๆ อะไรบ้าง มีที่หมวดหมู่ จัดลำดับความสัมพันธ์อย่างไรและรู้ว่าอะไรเป็นสาเหตุ

3. ความช่างสังเกต ช่างสงสัย และช่างถาม หมายถึง นักคิดเชิงวิเคราะห์ต้องมีองค์ประกอบทั้ง 3 นี้ร่วมด้วย เพราะจะนำไปสู่การสืบค้นความจริงและเกิดความชัดเจนในประเด็นที่ต้องการวิเคราะห์ ขอบเขตของคำถามจะต้องยึดหลัก 5 W 1 H คือ ใคร (Who) ทำอะไร (What) ที่ไหน (Where) เมื่อไร (When) เพราะเหตุใด (Why) อย่างไร (How)

4. ความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล หมายถึง ความสามารถในการใช้เหตุผลจำแนกแยกแยะได้ว่าสิ่งใดเป็นความจริง สิ่งใดเป็นความเท็จ สิ่งใดมีรายละเอียดสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร

สุวิทย์ มูลคำ (2548: 17) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์มีองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ ดังนี้

1. สิ่งที่กำหนดให้ เป็นสิ่งสำเร็จรูปที่กำหนดให้วิเคราะห์ เช่น วัตถุ สิ่งของ เรื่องราว เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ เป็นต้น

2. หลักการหรือกฎเกณฑ์ เป็นข้อกำหนดสำหรับใช้แยกส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ เช่น เกณฑ์ในการจำแนกสิ่งที่มีความเหมือนกันหรือแตกต่างกัน หลักเกณฑ์ในการหาลักษณะความสัมพันธ์เชิงเหตุผลอาจจะเป็นลักษณะความสัมพันธ์ที่มีความคล้ายคลึงกันหรือขัดแย้งกัน เป็นต้น

3. การค้นหาความจริงหรือความสำคัญ เป็นการพิจารณาส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ตามหลักการหรือกฎเกณฑ์ แล้วทำการรวบรวมประเด็นที่สำคัญเพื่อหาข้อสรุป

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ประกอบไปด้วยความสามารถในการตีความ ความสามารถในการทำความเข้าใจ ความอยากรู้อยากเห็น การหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล และความสามารถในการลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งแต่ละองค์ประกอบจะใช้อย่างต่อเนื่องกัน

4.4 ลักษณะของการคิดวิเคราะห์

บลูม (ลัวิน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2538: 41-44; อ้างอิงจาก Bloom. 1956) แบ่งการคิดวิเคราะห์แยกย่อยออกเป็น 3 อย่าง ดังนี้

1. วิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง การแยกแยะสิ่งที่กำหนดมาให้ว่าอะไรสำคัญหรือจำเป็นหรือมีบทบาทที่สุด ตัวไหนเป็นเหตุ ตัวไหนเป็นผล

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง การค้นหาว่าความสำคัญย่อยๆ ของเรื่องราวหรือเหตุการณ์นั้นเกี่ยวพันกันอย่างไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร

3. วิเคราะห์หลักการ หมายถึง การค้นหาโครงสร้างและระบบของวัตถุสิ่งของเรื่องราวและการกระทำต่างๆ ว่า สิ่งเหล่านั้นรวมกันจนดำรงสภาพเช่นนั้นอยู่ได้เนื่องด้วยอะไรโดยยึดอะไรเป็นหลักเป็นแกนกลาง มีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง ยึดถือหลักการใด มีเทคนิคอย่างไรหรือยึดคติใด

เซฟเวอร์ (นิพล นาสมบูรณ์. 2536: 4-5; อ้างอิงจาก Shaver. 1997) ได้แบ่งความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ออกเป็น 3 ระดับ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของบลูม (มาลินี ศิริจารี. 2545: 40; อ้างอิงจาก Ennis. 1985: 44-48) ดังนี้

1. ความสามารถพื้นฐาน ได้แก่ ความสามารถในการทำความเข้าใจเรื่องราว ซึ่งครอบคลุมการย่อความ การสรุปเรื่อง การเล่าเรื่อง และการแปลความหมาย เป็นความสามารถขั้นพื้นฐานของนักเรียนในการทำความเข้าใจเรื่องราว

2. ความสามารถในการวิเคราะห์หรืออนุมานข้อมูล ซึ่งได้แก่

2.1 การจำแนก

2.2 การวางหลักการ

2.3 การตั้งข้อสันนิษฐาน

2.4 การเปรียบเทียบ

3. ความสามารถในการตัดสินใจและการลงสรุปความเห็น ได้แก่

3.1 การวิจารณ์

3.2 การประเมินผล

3.3 การตัดสินใจ

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า ลักษณะสำคัญของการคิดวิเคราะห์มี 3 ประการคือ

1. การจำแนกแยกแยะ จัดกลุ่มข้อมูลอย่างเป็นระบบเพื่อการเปรียบเทียบ
2. การระบุสาเหตุและผลหรือเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล
3. การระบุความสำคัญ หลักการ หรือจุดเด่นจุดด้อยของสถานการณ์

4.5 การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4.5.1 ความหมายการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

นักการศึกษาได้ให้ความหมายการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ไว้ดังนี้

บลูม (ลัวน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2538: 41–44; อ้างอิงจาก Bloom. 1956)

กล่าวว่า การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คือ การแยกแยะส่วนย่อยๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราว หรือเนื้อหาต่างๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีจุดมุ่งหมายหรือประสงค์สิ่งใด นอกจากนั้นยังมี ส่วนย่อย ๆ ที่สำคัญนั้นแต่ละเหตุการณ์เกี่ยวพันกันอย่างไรบ้าง และเกี่ยวพันโดยอาศัยหลักการใด จะเห็นว่าสมรรถภาพด้านวิเคราะห์จะเต็มไปด้วยการหาเหตุมาใช้ประกอบการพิจารณา การวิเคราะห์จึงต้องอาศัยพฤติกรรมด้านความจำ ความเข้าใจ และด้านการนำไปใช้มาประกอบการพิจารณา การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์แบ่งแยกย่อยออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. วิเคราะห์ความสำคัญ เป็นการวิเคราะห์ว่าสิ่งที่ยู่นั้นอะไรสำคัญหรือจำเป็นหรือมีบทบาทที่สุด ตัวไหนเป็นเหตุ ตัวไหนเป็นผล เหตุผลใดถูกต้องและเหมาะสมที่สุด ตัวอย่างคำถาม เช่น ศิลปินข้อใดสำคัญที่สุด
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการหาความสัมพันธ์หรือความเกี่ยวข้องส่วนย่อยในปรากฏการณ์หรือเนื้อหานั้น เพื่อนำมาอุปมาอุปไมยหรือค้นหาว่าแต่ละเหตุการณ์นั้นมีความสำคัญอะไรที่ไปเกี่ยวพันกัน ตัวอย่างคำถาม เช่น เหตุใดแสงจึงเร็วกว่าเสียง
3. วิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถที่จะจับเค้าเงื่อนของเรื่องราวนั้นว่ายึดหลักการใด มีเทคนิคหรือยึดหลักปรัชญาใด อาศัยหลักการใดเป็นสื่อสารสัมพันธ์เพื่อให้เกิดความเข้าใจ ตัวอย่างคำถาม เช่น รถยนต์วิ่งได้โดยอาศัยหลักการใด

วัตสัน; และ เกลเซอร์ (Watson; & Glaser. 1964: 11) กล่าวว่า การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คือ การวัดความสามารถในการวิเคราะห์วิจารณ์ โดยมีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นเหตุผลในการพิจารณา ในการตัดสินใจเรื่องราวต่างๆ หรือสถานการณ์ต่างๆ นอกจากนั้นที่สำคัญก็คือ ในเหตุการณ์หรือสถานการณ์ก็มีความเกี่ยวข้องเป็นเหตุเป็นผลกัน ซึ่งจะเห็นว่าการคิดวิเคราะห์จะต้องมีการหาสาเหตุและผลมาเพื่อพิจารณาอยู่เสมอ

วารี ว่องพินัยรัตน์ (2530: 91) กล่าวว่า การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นการวัดความสามารถในการแยกหารายละเอียดของประเด็นต่างๆ ของเรื่องราว เหตุการณ์ การกระทำ ความคิด ความจริง เพื่อนำมาพิจารณาไตร่ตรอง เปรียบเทียบหาสาระหรือแก่นสาร หลักการ ความเกี่ยวข้อง หรือหามูลเหตุ หรือต้นกำเนิดของสิ่งนั้น

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นการศึกษาหาระดับความสามารถในการพิจารณาแยกแยะส่วนย่อยๆของเหตุการณ์ เรื่องราว หรือเนื้อหาต่างๆว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญและสัมพันธ์กันอย่างไร เป็นการคิดพิจารณาอย่างมีเหตุผลเพื่อหาข้อสรุปหรือหลักการที่จะสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

4.5.2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ทิตินา แชมมณี; และคนอื่นๆ (2544: 180-186) กล่าวว่า การวัดความสามารถในการคิดแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ วัดด้วยแบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิดซึ่งมีผู้สร้างไว้แล้วกับวัดด้วยแบบทดสอบสำหรับวัดความสามารถในการคิดที่สร้างขึ้นใช้เอง

1. แบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิดซึ่งมีผู้สร้างไว้แล้วแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบทดสอบการคิดทั่วไป และแบบทดสอบการคิดเฉพาะด้าน

1.1 แบบทดสอบการคิดทั่วไป เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดให้ครอบคลุมความสามารถในการคิดโดยเป็นความคิดที่อยู่บนพื้นฐานของการใช้ความรู้ทั่วไป แบบทดสอบลักษณะนี้ส่วนใหญ่เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้สำหรับการวัดความสามารถในการคิดทั่วไปที่สำคัญมีดังนี้

1.1.1 Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal

1.1.2 Cornell Critical Thinking Test, Level X and Level Z

1.1.3 Ross Test of Higher Cognitive Processes

1.1.4 New Jersey Test of Reasoning Skills

1.1.5 Judge : Deductive Logic and Assumption Recognition

1.1.6 Test of Enquiry Skills

1.1.7 The Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test

1.2 แบบทดสอบการคิดเฉพาะด้าน เป็นแบบมุ่งวัดความสามารถในการคิดเฉพาะ แบบที่แสดงถึงลักษณะของการคิด เช่น การคิดแบบนิรนัย (deductive) ความสามารถประเมินข้อมูลที่ได้จากการสังเกต เป็นต้น แบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิดเฉพาะด้านที่สำคัญ มีดังนี้

1.2.1 Cornell Class Reasoning Test, From X

1.2.2 Cornell Conditional Reasoning Test, From X

1.2.3 Logical Reasoning

1.2.4 Test on Appraising Observations

2. แบบทดสอบสำหรับวัดความสามารถในการคิดที่สร้างขึ้นใช้เอง ถ้าแบบทดสอบมาตรฐานสำหรับการคิดที่มีอยู่ทั่วไปไม่สอดคล้องกับเป้าหมายการวัด เช่น จุดเน้นที่ต้องการขอบเขตความสามารถทางการคิดที่มุ่งวัด หรือกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการใช้สอบ ก็สามารถสร้างแบบวัดการคิดขึ้นใช้เองเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการในการวัดอย่างแท้จริง

เยาเวดี วิบูลย์ศรี (2545: 210-211) กล่าวถึง แบบทดสอบที่วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ว่า จะต้องให้นักเรียนได้แสดงความสามารถในการคิดวิเคราะห์อย่างแท้จริง โดยคำถามต้องให้นักเรียนได้แยกส่วนย่อยต่าง ๆ ที่รวมกันอยู่ หรือดูความสัมพันธ์ หรือชี้ถึงการจัดระบบระเบียบของหลักการต่าง ๆ ซึ่งเหมาะที่จะใช้แบบทดสอบประเภทปรนัยหลายตัวเลือก โดยคำถามควรมีลักษณะดังนี้

1. ชี้ให้เห็นความคลาดเคลื่อนเชิงเหตุผลในเรื่องราวต่าง ๆ เช่น ความขัดแย้ง ความคลาดเคลื่อนในการอนุมาน หรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการตีความ

2. ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์หรือจำแนกประเภทของเรื่องราวต่าง ๆ เช่น ข้อเท็จจริง ข้อสันนิษฐาน ข้อสมมติฐาน ข้อสรุป และแนวความคิด ฯลฯ ในเรื่องราวนั้น ๆ ด้วยเหตุนี้ข้อคำถามที่ใช้ในระดับนี้โดยปกติแล้วมักจะเป็นการฝึกการใช้กระบวนการทางตรรกวิทยา

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบมาตรฐานที่มีผู้สร้างไว้แล้วและแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเองในกรณีที่แบบทดสอบมาตรฐานนั้นไม่สอดคล้องกับเป้าหมายของการวัด

สำหรับในการวิจัยครั้งนี้วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง ซึ่งนิยามความหมายของความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยนำหลักการของบลูมมาบูรณาการร่วมกับทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของมาร์ซาโน แบ่งประเภทของเนื้อหาที่วัดออกเป็น 5 ด้านคือ

1. ด้านการจำแนก หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะส่วนย่อยต่าง ๆ และเหตุการณ์ที่เหมือนกันและแตกต่างกันออกเป็นแต่ละส่วนให้เข้าใจง่ายอย่างมีหลักเกณฑ์ สามารถระบุตัวอย่างหลักฐาน และลักษณะความเหมือน ความแตกต่างได้

2. ด้านการจัดหมวดหมู่ หมายถึง ความสามารถในการจัดประเภท จัดลำดับ จัดกลุ่มของสิ่งที่มีลักษณะเดียวกันเข้าด้วยกัน โดยยึดโครงสร้างลักษณะหรือคุณสมบัติที่เป็นประเภทเดียวกัน

3. ด้านการเชื่อมโยง หมายถึง ความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ว่าสัมพันธ์กันอย่างไร

4. ด้านการสรุป หมายถึง ความสามารถในการจับประเด็นและสรุปผลจากสิ่งที่กำหนดให้

5. ด้านการประยุกต์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้หรือหลักการจากการเรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ สามารถคาดการณ์ พยากรณ์ คาดเดาสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

4.6 แนวทางการสอนการคิดวิเคราะห์

เบเยอร์ (Beyer, 1985: 279-303) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ในการเรียนการสอน ได้ดังนี้

1. แนะนำทักษะที่ฝึก
2. ผู้เรียนทบทวนกระบวนการค้น ทักษะ กฎ และความรู้ที่เกี่ยวข้องกับทักษะที่จะฝึก
3. ผู้เรียนใช้ทักษะเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนด

4. ผู้เรียนทบทวนสิ่งที่คิดหรือสิ่งที่เกิดขึ้นในสมองขณะที่ทำกิจกรรม
 อุษณีย์ โพธิ์สุข (2537: 99-100) ได้เสนอแนวการสอนเพื่อช่วยปรับปรุงการคิดวิเคราะห์
 ของเด็กไว้ดังนี้

1. ประสบการณ์ตรง การให้เด็กศึกษาเรื่องชุมชนของเราจากหนังสืออาจไม่ดีเท่าให้เด็กไป
 สถานที่ที่เป็นชุมชนของตนเอง เช่น โรงพยาบาล โรงพัก ตลาด บ้านผู้ใหญ่บ้าน และกิจกรรมที่เขา
 ทำอยู่ว่ามีอะไรบ้าง มีประโยชน์อย่างไร ฯลฯ การจัดให้เด็กไปทัศนศึกษาหรือเปิดโอกาสให้เด็ก
 ทดลองปฏิบัติสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเองจะเป็นการให้โอกาสที่สำคัญยิ่ง

2. การทำวิจัยหรือการศึกษาหาความรู้ความจริงด้วยตนเอง เป็นทักษะการเรียนรู้ด้วย
 ตนเองให้เด็กได้มีขั้นตอนในการศึกษาอย่างถูกต้อง เช่น การทำรายงาน เรื่อง “ไดโนเสาร์” เป็นต้น

3. การใช้กิจกรรมเป็นสื่อกระตุ้นความคิดเป็น เช่น การพาไปดูการโต้วาที จัดให้โต้วาที
 การอภิปรายในหัวข้อต่าง ๆ การจัดมุมหรือชมรมนักคิด ฯลฯ

4. การใช้สถานการณ์สมมติ เป็นกิจกรรมและวิธีสอนที่จะทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความ
 เข้าใจกระจ่างขึ้นและมองเห็นปัญหาที่เกิดขึ้น รวมทั้งการพยายามคิดค้นการแก้ปัญหา

5. ให้นักเรียนได้โอกาสเสนอผลงานที่ตนเองศึกษาให้ผู้อื่นฟัง อาจเป็นเพื่อนระดับ
 เดียวกันหรือเพื่อนต่างระดับ หรือให้คนอื่นฟัง

6. กิจกรรมกลุ่ม การระดมพลังสมอง การระดมความคิด การไต่ตรองความคิดของกลุ่ม
 รวมถึงการวิจารณ์อย่างมีเหตุผล การวิจารณ์ในการสร้างงานล้วนเป็นทักษะระดับสูงทางปัญญาและ
 ทางสังคมทั้งสิ้นสิ่งเหล่านี้จะช่วยทำให้เด็กได้มีข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความคิดเห็นของตนเองและ
 ผู้อื่น รวมทั้งกลยุทธ์ทางความคิดของผู้อื่นได้เป็นอย่างดี

ชาติ แจ่มนุช (2545: 54-55) กล่าวถึง ขั้นตอนการสอนให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ไว้
 เป็นขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดสิ่งสำเร็จรูปสิ่งหนึ่งขึ้นมาเป็นตัวต้นเรื่อง เช่น ดิน น้ำ โคลง กลอนบทหนึ่ง
 รูปภาพ กราฟ บทความ เหตุการณ์ต่าง ๆ

2. กำหนดคำถามหรือปัญหาเพื่อค้นหาความจริงหรือความสำคัญต่างๆ เช่น ภาพนี้หรือ
 กราฟนี้ต้องการสื่อหรือบอกอะไรที่สำคัญที่สุด

3. พินิจวิเคราะห์แยกแยะกระจายสิ่งที่กำหนดให้ออกเป็นส่วนย่อย ๆ

4. ค้นหาความจริงหรือความสำคัญที่กำหนด

5. สรุปเป็นคำตอบ หรือตอบปัญหานั้น ๆ

ชาญชัย ยมดิษฐ์ (2548: 161) กล่าวว่า การสอนการคิดวิเคราะห์ ทำได้ 2 วิธี คือ

1. ใช้วิธีของสูตร W₅H คือ

- อะไร (what) มีอะไรเกิดขึ้นบ้าง มีรายละเอียดอย่างไร

- ใคร (who) ใครกันที่เป็นต้นเรื่อง เจ้าของเรื่อง บุคคลสำคัญของเรื่อง ผู้ได้รับ

ผลกระทบทั้งทางบวกและทางลบ

- ที่ไหน (where) สถานที่ หรือตำแหน่งแห่งหนที่ชัดเจน

- เมื่อใด (when) ที่เหตุการณ์นั้นได้เกิดขึ้นหรือจะเกิดขึ้น
- ทำไม (why) ทำไมหรือเพราะเหตุใดเรื่องนี้จึงเกิดขึ้น ทำไมแต่ละเหตุการณ์จะต้องเป็นไปอย่างนั้นอย่างนี้
- อย่างไร (How) เป็นรายละเอียดในสิ่งที่ได้เกิดไปแล้ว หรือกำลังจะเกิดขึ้นว่าจะมีความเป็นไปได้ในลักษณะใด

2. ใช้กระบวนการเปรียบเทียบเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น เปรียบเทียบรูปภาพ การเปรียบเทียบคะแนนตามเกณฑ์ (criteria rating) และการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ ทั้งด้านการเงิน ด้านเทคนิค ด้านกำหนดเวลา การวิเคราะห์ตามอนุกรมเวลา

ผองกาญจน์ ภูวิภาดาวรรณ (2541: 9-17) ได้เสนอแนวทางการส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความคิดเชิงวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ อย่างรู้ตัวและไม่รู้ตัวด้วยการจัดสภาพแวดล้อมบรรยากาศต่างๆดังนี้

1. การจัดบรรยากาศด้านกายภาพ เช่น สภาพแวดล้อมของห้องเรียน โรงเรียนมีลักษณะที่ส่งเสริมให้คิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ ทำทหายการเรียนรู้ สร้างความสนใจเพื่อให้เกิดการสังเกตและคิดตลอดเวลา

2. การจัดบรรยากาศด้านสมอง เช่น การกระตุ้นให้ตอบ แสวงหา ให้ตั้งคำถามแบบต่างๆ กระตุ้นให้ติดตาม กระตุ้นให้คิดแบบอุปมาอุปมัย กระตุ้นให้คิดการเชื่อมโยงสัมพันธ์ กระตุ้นให้คิดนอกกรอบ

3. การจัดบรรยากาศด้านอารมณ์ เช่น การสร้างเจตคติเชิงบวกต่อการคิดวิเคราะห์คิดสร้างสรรค์ ครู อาจารย์และผู้เกี่ยวข้องจะต้องส่งเสริมให้โอกาส ให้อิสระเสรีในการคิดการแสดงออก หรือการมีจินตนาการในรูปแบบต่างๆ ของนักเรียน

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546: 11-17) ได้เสนอแนวคิดในการส่งเสริมพัฒนาการคิดเชิงวิเคราะห์ว่า เป็นการคิดอย่างใคร่ครวญแสวงหาคำตอบอย่างมีเหตุผล การส่งเสริมพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ คือ การให้ผู้เรียนได้ค้นพบข้อเท็จจริงหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยอาศัยองค์ประกอบดังนี้

1. ส่งเสริมให้ตีความ การพยายามทำความเข้าใจ ให้เหตุผล การแปลความจากข้อมูลที่ยังไม่ครบ

2. ส่งเสริมให้แสวงหาความรู้ ความเข้าใจ หรือข้อมูลเป็นการตอบคำถาม แจกแจง จำแนก จัดลำดับหมวดหมู่ หาเหตุผล ความสัมพันธ์ ผลกระทบ

3. ส่งเสริมให้ช่างสังเกต สงสัย ช่างถาม เพื่อการค้นพบหาคำตอบ หาเหตุผล

4. ส่งเสริมให้หาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล เพื่อการตัดสินใจ แก้ปัญหา การประเมินค่าในเรื่องต่างๆ

สุคนธ์ สินธพานนท์; วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์; และ พรรณี สินธพานนท์ (2550: 24-26) เสนอแนวทางการฝึกนักเรียนให้มีทักษะการคิด ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. การสร้างแรงจูงใจให้แก่นักเรียนพร้อมที่จะเรียนรู้และเอื้อต่อการคิด มีการจัดบรรยากาศในห้องเรียนที่เอื้อต่อการเรียนและฝึกการคิด มีการใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่โน้มน้าวจิตใจ เช่น การตั้งคำถาม การใช้เพลง คำขวัญ คำกลอน นิทาน ข่าว เกม เพื่อโยงเข้าสู่การฝึกทักษะการคิด ช่วยให้นักเรียนมีความพร้อม กระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรม

2. ในการจัดการเรียนรู้ทุกกิจกรรม ครูควรมีบทบาทในการปลุกเร้าและเสริมแรงให้นักเรียนได้ค้นพบคำตอบและสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง รู้จักทำงานเป็นกลุ่ม

3. ในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ควรแทรกให้นักเรียนได้ฝึกการคิด เช่น กิจกรรมที่เกี่ยวกับการปลูกฝังคุณธรรมจริยธรรม ความมีระเบียบวินัย เพื่อให้นักเรียนได้ตระหนักถึงความสำคัญ ความจำเป็นและผลที่จะได้รับการปฏิบัติและไม่ปฏิบัติตาม

4. ควรใช้วิธีสอน/เทคนิคการสอน/วิธีการจัดการเรียนรู้หลากหลายวิธี เพราะแต่ละวิธีนั้นจะส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียนหลากหลายต่าง ๆ กันไป

5. การใช้แหล่งเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอกสถานศึกษาเป็นที่เสาะแสวงหาความรู้และฝึกการคิดค้นหาคำตอบต่างๆ การค้นพบสิ่งต่างๆ ที่เป็นข้อมูลในเรื่องที่เรียนอย่างหลากหลายนั้น จะช่วยฝึกให้นักเรียนได้รู้จักแยกข้อมูลที่จริงหรือเท็จ รู้จักแยกข้อมูลที่น่าเชื่อถือ โดยการคิดวิเคราะห์ ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกข้อมูลนั้นๆ เป็นการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง

6. ครูจะต้องรู้จักฝึกกระตุ้นให้นักเรียนรู้จักคิดในรูปแบบต่างๆ

7. ครูควรกำหนดขั้นตอนของกิจกรรมแต่ละกิจกรรมให้ชัดเจนว่าควรจะมีขั้นการคิดวิเคราะห์หรืออยู่ในตอนใดของการเรียนรู้

8. ในการแบ่งกลุ่มนักเรียนในการทำกิจกรรมกลุ่ม สมาชิกในกลุ่มต้องไม่มากเกินไป

9. ครูอาจใช้วิธีวัดและประเมินผลได้หลากหลายรูปแบบ ได้แก่ วัดและประเมินผลจากแบบทดสอบความคิดที่มีรูปแบบต่างๆกัน เช่น สร้างสถานการณ์มาให้ให้นักเรียนคิดและตัดสินใจ การตอบคำถาม การนำข่าวหรือบทความมาให้วิเคราะห์ตามประเด็นที่กำหนด เป็นต้น

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า แนวทางการสอนการคิดวิเคราะห์สามารถทำได้ดังนี้

1. จัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่หลากหลายเพื่อเป็นสื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้สังเกตและคิดตลอดเวลา

2. ให้ผู้เรียนได้ค้นหาความรู้หรือลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง

3. ใช้รูปแบบการสอน เทคนิค/วิธีการสอนและการประเมินผลการสอนที่หลากหลาย

4. เน้นการใช้กระบวนการกลุ่ม

5. เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและให้เวลากับนักเรียนสำหรับแต่ละคำถาม

6. จัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนและการฝึกคิด

4.7 การจัดการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการคิดวิเคราะห์

การจัดการเรียนการสอนเป็นสภาพลักษณะของการเรียนการสอนที่ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญที่ได้รับการจัดไว้อย่างเป็นระเบียบตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อต่าง ๆ โดยประกอบด้วยกระบวนการหรือขั้นตอนสำคัญในการเรียนการสอน รวมทั้งวิธีสอนและเทคนิคการสอนที่สามารถช่วยให้สภาพการเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามทฤษฎี หลักการหรือแนวคิดที่ยึดถือซึ่งได้รับการพิสูจน์ ทดสอบ หรือยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ สามารถใช้เป็นแบบแผนในการเรียนการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์เฉพาะของรูปแบบนั้นๆ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. 2549: 50) รูปแบบการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์มีหลายรูปแบบ ครูผู้สอนสามารถเลือกใช้รูปแบบที่เหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรมที่จัดให้กับนักเรียน ดังนี้ (เสีรัมย์ โตรัตน์. 2546: 29-30)

1. การสอนแบบบรรยาย การสร้างการคิดวิเคราะห์จะเกิดขึ้นได้ในการบรรยายที่มีการหยุดการบรรยายเป็นระยะๆ และถามคำถามผู้เรียนให้ค้นหาคำตอบที่ต้องใช้ความคิดเกี่ยวกับสาระที่ได้ฟังจากการบรรยาย และผู้บรรยายจะต้องคอยฟังคำตอบจากผู้เรียน โดยให้เวลาผู้เรียนมีโอกาสคิดก่อนตอบ การถามคำถามควรเรียกชื่อผู้เรียนให้ตอบ ถ้าตอบไม่ได้ก็ควรช่วยโดยการขยายความให้เข้าใจ เช่น การตั้งคำถามที่ช่วยนำไปสู่การคิด เช่น ต้องการข้อมูลส่วนใดเพิ่มเติมในการตอบข้อคำถาม ข้อมูลนั้นจะนำมาช่วยตอบคำถามอย่างไร หรือผู้บรรยายอาจจะช่วยถามคำถามง่าย ๆ ที่เกี่ยวกับข้อมูลด้านข้อเท็จจริงก่อน เพราะผู้เรียนบางคนอาจมีปัญหาเรื่องการจับข้อเท็จจริงเบื้องต้น ยังไม่ได้ตั้งใจฟังบรรยาย ขาดทักษะการเป็นผู้ฟังที่ดีหรือขาดกลยุทธ์ในการฟังบรรยาย ไม่สามารถรวบรวมความคิดและจดบันทึกได้ ดังนั้น วิธีการเบื้องต้นของการคิดวิเคราะห์ คือ จะต้องรู้วิธีการฟังบรรยายอย่างมีประสิทธิภาพโต้ตอบมากกว่าการฟังเฉยๆ นักเรียนหลายคนขาดทักษะนี้เพราะไม่ได้ฝึก ดังนั้นก่อนที่นักเรียนจะตอบข้อคำถามวิเคราะห์ได้ นักเรียนจะต้องเข้าใจเรื่องที่ฟัง สามารถสรุปประเด็นเกี่ยวกับเรื่องที่ฟังเสียก่อน ในสังคมไทยนักเรียนส่วนใหญ่จะถูกสอนให้จำกฎเกณฑ์ให้เป็นผู้รับข้อมูลจากผู้สอนมากกว่ากระตุ้นให้เขาพูดและเชื่อมั่นในสิ่งที่เขาพูด คำถามที่กระตุ้นความคิดและค้นหาคำตอบนั้นอาจจะฟังดูกำกวม สร้างความไม่แน่ใจแก่ผู้ตอบ ถ้าผู้เรียนได้มีโอกาสคิดอย่างลึกซึ้งและเชื่อมั่นในคำตอบและความคิดของตนเองก็จะเป็นโอกาสสำคัญที่จะเสริมสร้างการคิดวิเคราะห์ขึ้นในตัวผู้เรียนได้ นอกจากนี้ก่อนที่การบรรยายจะสิ้นสุดลงควรให้ผู้เรียนใช้เวลาเขียน 1-2 นาที เกี่ยวกับเรื่องที่ฟัง เช่น การบรรยายวันนี้มีประเด็นใดที่สำคัญที่สุด ให้นักเรียนระบุหนึ่งประเด็นที่คิดว่ายังรู้สึกสับสน คำถามลักษณะนี้เป็นสิ่งสำคัญ โดยครูจะต้องให้คำตอบย้อนกลับทันทีว่า วันนี้ นักเรียนเรียนรู้อะไรและมีประเด็นใดที่นักเรียนจำเป็นต้องทำความเข้าใจ การทำเช่นนี้จะเป็นการพัฒนาความคิดวิเคราะห์

2. การปฏิบัติในห้องปฏิบัติการและการทำโครงการ การทำโครงการต่างๆ การฝึกในห้องปฏิบัติการ เป็นวิธีการที่ดีมากในการสร้างเสริมการคิดวิเคราะห์ เนื่องจากการเรียนการสอนแบบโครงการและการปฏิบัติการจะต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบ ดังนั้นทางที่จะช่วยเสริมสร้างการคิดวิเคราะห์ที่ดีน่าจะเริ่มโดยการให้นักเรียนฝึกการทดลองการทำโครงการให้มาก

เพราะวิธีการสอนโดยการปฏิบัติและการทำโครงการเป็นการเรียนรู้แบบการแก้ปัญหา ซึ่งจะต้องมีการรวบรวมข้อมูล คัดเลือกข้อมูลหลักฐานอย่างรอบคอบก่อนการสรุป

3. การให้การบ้าน มีโอกาสมากมายที่จะเสริมสร้างการคิดวิเคราะห์โดยการให้การบ้านนักเรียน เช่น การบ้านการอ่าน ครูควรแนะนำให้นักเรียนถามคำถามต่างๆไปที่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่องบทอ่านก่อนที่นักเรียนจะอ่านและให้นักเรียนระดมสมองเพื่อเรียบเรียงเกี่ยวกับคำถามเหล่านั้น การให้นักเรียนเขียนเป็นสิ่งที่ดีเยี่ยมและง่ายที่สุดในการเพิ่มพูนการคิดวิเคราะห์แต่ไม่ใช่การลอกงานเขียน การเขียนจะช่วยให้นักเรียนพยายามเรียบเรียงความคิดและวิเคราะห์เกี่ยวกับเรื่องที่จะเขียน เช่น ให้นักเรียนอ่านกลอนง่าย ๆ และถามความรู้สึกเกี่ยวกับกลอน เช่น เรื่องเกิดขึ้นที่ใด น้ำเสียงของภาษาเป็นอย่างไรหรือให้นักเรียนอ่านข่าวแล้วให้เขียนสมมติฐานที่ทำให้เกิดข่าวนั้น เป็นการฝึกให้นักเรียนเขียนเหตุผลที่รัดกุมที่จะชักจูงให้คนเชื่อหรือไม่เชื่อจากข่าวที่ได้อ่านมา

4. การทำรายงาน การทำรายงานจะช่วยเสริมการคิดวิเคราะห์เพราะผู้เรียนจะต้องค้นหาความรู้ วิเคราะห์เนื้อหาอย่างมีเหตุผล และเสนอข้อมูลในรูปของการสรุปลงในรูปแบบรายงาน ช่วงที่นักเรียนค้นหาความรู้และเขียนรายงาน นักเรียนจะต้องคิดวิเคราะห์

5. การสอบ ในการสอบนักเรียนจะต้องคิดและเขียนไปพร้อมกัน นักเรียนจะต้องวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปข้อมูล ตัวอย่างข้อสอบเชิงการคิดวิเคราะห์อาจจะถามได้ดังนี้ จงใช้โครงสร้างแผนภูมิเรื่องที่กำหนดให้เขียนเรื่องเพื่อสอนใจด้านความมีวินัยในตัวเอง

สำนักการศึกษา (2549: 10) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมพัฒนาการทางความคิดของผู้เรียนนั้น กิจกรรมการเรียนการสอนควรมีลักษณะเป็นรูปธรรม เช่น การใช้เกม การเรียนโดยค้นพบ เป็นต้น การสอนจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งครูจะต้องมีความยืดหยุ่นและมีความรู้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ครูควรดำเนินการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ดังนี้

1. ก่อนเริ่มจัดกิจกรรม: ครูควรจัดเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ล่วงหน้าเพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ กลวิธี กฎ และขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหาที่ใช้ทักษะการคิดวิเคราะห์

2. ระหว่างจัดกิจกรรม: ครูมีบทบาทชักชวนให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนประสบการณ์ การปฏิบัติกิจกรรมกับเพื่อนๆกลุ่มอื่น โดยนำเสนอว่ากลุ่มของตนมีแนวคิด ความรู้สึก การวิเคราะห์วิจารณ์ การดำเนินงาน และผลงานของตน พร้อมทั้งรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนกลุ่มอื่น

3. หลังปฏิบัติกิจกรรม: ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอธิบายและสรุปเกี่ยวกับประสิทธิภาพของกลวิธีที่ใช้และการปฏิบัติตามกฎ หรือกลวิธีทางเลือกต่างๆ เพื่อนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในอนาคต

สุวัฒน์ วิวัฒนานนท์ (2550: 58-60) ได้เสนอเทคนิคการสอนที่เน้นการคิด สรุปได้ดังนี้

1. เทคนิคการใช้คำถาม เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความคิดในลักษณะต่างๆมากขึ้นกว่าเดิม ครูทำความเข้าใจการคิดในลักษณะต่างๆ และตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนคิดในลักษณะนั้นๆ เช่น คิดคล่อง คิดหลากหลาย คิดละเอียด คิดชัดเจน คิดอย่างมีเหตุผล คิดถูกทาง คิดกว้าง คิดลึกซึ้ง คิดไกล
2. การระดมสมอง เพื่อช่วยให้ได้ความคิดจำนวนมากมาใช้ในการคิดแบบต่างๆ เช่น การคิดแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ ครูชี้แจงปัญหาอย่างละเอียด ให้สมาชิกคิดวิธีการแก้ปัญหาโดยไม่มี การวิพากษ์วิจารณ์ความคิดทั้งของตนและผู้อื่น พยายามหาคำตอบที่แปลกแตกต่างออกไปเพื่อให้ได้ คำตอบมากที่สุด
3. เทคนิคการใช้สมุดบันทึกและแผ่นป้ายนิเทศ เพื่อช่วยในการรวบรวมข้อมูลและ แนวทางแก้ปัญหา ทำให้การคิดแก้ปัญหา มีความรอบคอบและแยบยลยิ่งขึ้น
4. เทคนิคการใช้หมวกแห่งความคิดหกใบ (De Bono) เพื่อช่วยให้มีการคิดในแง่มุมที่ หลากหลายและช่วยให้การคิดมีความรอบคอบมากขึ้น ครูให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น 6 แบบ ตาม ความหมายของสีหมวก ได้แก่ สีขาวแทนความคิดที่เป็นกลาง ไม่มีอคติ สีแดงแทนความคิดที่เป็น ความรู้สึกและอารมณ์ต่างๆ ทั้งทางบวกและทางลบ สีดำแทนความคิดในด้านลบ สีเหลืองแทน ความคิดด้านบวก สีเขียวแทนความคิดสร้างสรรค์ ความคิดใหม่ๆที่เป็นไปได้ สีน้ำเงินแทนการ ควบคุมกลุ่มให้ดำเนินการคิดไปได้ด้วยดี

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้นสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถ ด้านการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนมีรูปแบบและเทคนิควิธีการที่หลากหลาย โดยในการจัดกิจกรรมการ เรียนการสอนนั้น ผู้สอนต้องหมั่นใช้คำถามช่วยผู้เรียนสงสัยหรือเกิดปัญหาตลอดเวลา เช่น การใช้ คำถามหมวกความคิดหกใบ ก็จะฝึกให้ผู้เรียนได้คิดในหลายแง่มุมอย่างต่อเนื่องและไม่สับสน หรือ การมอบหมายภาระงานต่างๆ ก็สามารถเสริมสร้างความสามารถด้านคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้ โดย ผู้สอนควรเลือกรูปแบบการสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหา และจัดกิจกรรมให้สอดคล้องกับศักยภาพของ ผู้เรียนจึงจะเสริมสร้างความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้อย่างดีที่สุด

4.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์

งานวิจัยต่างประเทศ

เนลสัน (Nelson. 1986: Abstract) ได้ทำการศึกษาโดยใช้ครู 2 คนที่ใช้วิธีสอน 2 แบบกับ นักเรียนเกรดหก 2 ห้องเรียน ห้องหนึ่งสอนโดยใช้วิธีกระตุ้นให้คิด ส่วนอีกห้องหนึ่งสอนโดยวิธีไม่ กระตุ้นให้คิด โดยสอนสัปดาห์ละ 3 วัน รวม 36 คาบเรียน จากนั้นทั้งสองชั้นได้รับการสอนโดยไม่ กระตุ้นให้คิด ครูใช้คำถามระดับต่ำ เช่น คำถามความรู้ความจำ ส่วนห้องที่สอนโดยวิธีกระตุ้นให้คิด ครูจะใช้คำถามระดับสูง เช่น คำถามเกี่ยวกับการสรุป อ้างอิงและการพิสูจน์ หลังจากนั้นจึงทำการวัด 1) ทักษะด้านความรู้ของนักเรียนโดยใช้การวัดทักษะการเสาะแสวงหาความรู้ของนักเรียนซึ่งมีการ สังเกต การสรุป อ้างอิง พิสูจน์และการจำแนก 2) ความรู้เกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ ผลพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบไม่กระตุ้นให้คิดมีความรู้เกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าพวก

ที่สอนแบบกระตุ้นความคิด ส่วนนักเรียนที่สอนโดยวิธีกระตุ้นให้คิดมีการเพิ่มปริมาณและคุณภาพด้านการสังเกตและการสรุปอ้างอิงดีกว่าพวกที่สอนโดยวิธีไม่กระตุ้นให้คิด

รีด (Reed. 1999: 3220-A) ได้ศึกษาผลของแบบจำลองการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในการคิดวิเคราะห์เอกสารจากแหล่งต่าง ๆ รวมทั้งแปลความหมาย การให้เหตุผลและการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการศึกษาวิชาประวัติศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า

1. ความสามารถในการคิดเชิงประวัติศาสตร์ของนักศึกษาและการคิดอย่างมีวิจารณญาณพัฒนาได้ดีขึ้นภายใน 1 ภาคเรียน

2. ความรู้ในเรื่องประวัติศาสตร์จะพัฒนาดีขึ้นเมื่อได้รับการฝึกฝนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพศและวัยไม่ได้มีบทบาทสำคัญใดๆในการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คลาค; และคนอื่นๆ (Clark; et al. 2001: 811) ได้ทำการวิจัยเรื่องผลของหลักสูตรร่วมพีชคณิต/วิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการคิดวิเคราะห์และทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนิสิตมหาวิทยาลัยโอกลาโฮมา ประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการวิจัยพบว่า

1. ทักษะการแก้ปัญหาของนิสิตหลักสูตรพีชคณิต/วิทยาศาสตร์และนิสิตหลักสูตรพีชคณิตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

2. นิสิตหลักสูตรพีชคณิต/วิทยาศาสตร์มีทักษะการคิดวิเคราะห์สูงขึ้น

3. ทัศนคติในแง่บวกต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนิสิตหลักสูตรพีชคณิต/วิทยาศาสตร์มากกว่านิสิตหลักสูตรพีชคณิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บรอนสัน (Bronson. 2008: online) ได้ศึกษาความสามารถในด้านทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาที่เรียนผ่านระบบทางไกลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและนักศึกษาที่เรียนในชั้นเรียนปกติ ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และความสามารถในด้านทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาทั้ง 2 กลุ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โกยาค (Goyak. 2009: online) ได้ศึกษาผลของเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อการรับรู้สภาพแวดล้อมในชั้นเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ของครูฝึกสอน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่เรียนรู้แบบร่วมมือ 4 กลุ่มจากทั้งหมด 8 กลุ่มนั้น มีการรับรู้เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในชั้นเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและผลการประเมินทักษะการคิดวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือและกลุ่มที่เรียนด้วยเทคนิคการบรรยายแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

งานวิจัยในประเทศ

รัชทร กอบุญช่วย (2522: 32) ได้ศึกษาผลของเกมและปริศนาคณิตศาสตร์ที่มีต่อทัศนคติวิชาคณิตศาสตร์และการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใช้เวลาในการฝึก 30 ชั่วโมง ผลปรากฏว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และมีการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์หลังการทดลองดีกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เซิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์ (2530: 104) ได้ศึกษาการฝึกสมรรถภาพทางสมองเพื่อพัฒนาคุณภาพการคิดกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวิธีการฝึกสมรรถภาพทางสมองพื้นฐาน 4 ด้าน คือ การสังเกต การประยุกต์ การวิเคราะห์และการสังเคราะห์ ฝึกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลที่ได้พบว่า การฝึกสมรรถภาพทางสมองมีผลต่อวิชาคณิตศาสตร์ในด้านการพัฒนาคุณภาพการคิดระดับความจำและสูงกว่าความจำ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสอนปกติ นั่นคือ การฝึกสมรรถภาพทางสมองจะช่วยในการเรียนรู้ของนักเรียน

บุญเชิด ชุมพล (2547: 48) ได้ศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ช่วงชั้นที่ 3 โรงเรียนอานวยวิทย์ พบว่า การจัดกิจกรรมหรือกำหนดสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้ฝึกการคิดวิเคราะห์ สามารถคิดหาเหตุผลด้วยตนเองและคิดเป็นกลุ่มได้นั้น เป็นการฝึกให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาที่อาจจะต้องเผชิญในอนาคตได้อย่างสมเหตุสมผล

ณาดยา อุทยานรัตน์ (2549: 76-77) ศึกษาพัฒนาการความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ที่มีระดับการรับรู้ความสามารถของตนเองด้านการเรียนต่างกัน ในโรงเรียนกลุ่มรัตนโกสินทร์ กรุงเทพมหานคร พบว่า นักเรียนที่เรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปีที่ 5 และปีที่ 6 มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ในระดับปานกลางและความสามารถในการคิดวิเคราะห์จะสูงขึ้นเมื่อเรียนในระดับชั้นที่สูงขึ้น เช่นเดียวกับนักเรียนที่มีระดับการรับรู้ความสามารถของตนเองด้านการเรียนทั้งระดับปานกลางและระดับสูงจะมีพัฒนาการความสามารถในการคิดวิเคราะห์เพิ่มสูงขึ้นตามลำดับชั้นที่สูงขึ้นด้วย

อุษณีย์ เตரியมเชิดติวงศ์ (2549: 47-44) ได้ศึกษาผลการฝึกคิดเชิงวิเคราะห์ที่มีต่อความสามารถในการจำแนกประเภทของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ทั้งกลุ่มที่ได้รับการฝึกคิดเชิงวิเคราะห์และไม่ได้รับการฝึกคิดเชิงวิเคราะห์มีความสามารถในการจำแนกประเภทเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่กลุ่มที่ได้รับการฝึกคิดเชิงวิเคราะห์มีความสามารถในการจำแนกประเภทเพิ่มขึ้นมากกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการฝึกคิดเชิงวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กฤษฎา แก้วสิงห์ (2551: 110) ได้ศึกษาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีการวัดและประเมินควบคู่กับการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครราชสีมาเขต 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้นหลังใช้การวัดและประเมินความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ควบคู่กับการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สุชาติดา บันโนม (2551: 63-64) ได้ศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์ในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ในโรงเรียนเอกชนกลุ่ม 3 เขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 1 ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลทางตรงต่อการคิด

วิเคราะห์ในวิชาคณิตศาสตร์ คือ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ มโนภาพเกี่ยวกับตนเอง คุณภาพการสอนของครู การอบรมเลี้ยงดูของครอบครัว และสภาพแวดล้อมของโรงเรียน

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนสามารถพัฒนาได้ด้วยวิธีการสอนที่หลากหลาย ซึ่งต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ค้นหาเหตุผลด้วยตนเอง เพื่อเป็นการฝึกสมรรถภาพทางสมองซึ่งจะช่วยในการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

5.1 ความหมายของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

สำหรับความหมายของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์นั้น ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

เทอร์เบอร์ (Thurber. 1976: 513) ได้กล่าวว่า ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นการตั้งสถานการณ์ในกิจกรรมการเขียนหรือการพูดในเรื่องประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ซึ่งจะมีผลต่อการปรับปรุงที่ดีขึ้นต่อตนเอง เมื่อผู้เรียนได้ฝึกหัดเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ผู้เรียนมีพลังในการคิดด้วยตนเอง

เคนเนดี; และทิปส์ (Kennedy; & Tipps. 1994: 181) กล่าวว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นเป้าหมายที่สำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลความรู้ที่เป็นนามธรรมไปสู่สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2543: 286) ได้กล่าวถึง กระบวนการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ทักษะในการสื่อสาร (Communication Skills) ว่า หมายถึง การให้หรือแลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการอ่าน การฟัง การสังเกต และการตรวจสอบในรูปแบบที่ชัดเจนและมีเหตุผลโดยการพูดและการเขียน

วัชร ชันเชื้อ (2545: 8) กล่าวว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การสื่อสารแนวความคิดทางคณิตศาสตร์โดยการพูดหรือเขียน การแสดงด้วยภาพ ศัพท์ สัญลักษณ์ ที่เป็นตัวแทนการคิดของนักเรียน ซึ่งอธิบายความสัมพันธ์และสถานการณ์จำลองต่างๆ ที่ครูผู้สอนกำหนดให้

พรสวรรค์ จรัสรุ่งชัยสกุล (2547: 7) กล่าวว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การถ่ายทอดเรื่องราวต่างๆ ที่เป็นข้อเท็จจริง ข้อคิดเห็น หรือความรู้สึก โดยอาศัยการพูด การเขียน การแสดงความคิดเห็น การร่วมกันอภิปราย หรือการจัดกิจกรรม เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการถ่ายทอดเรื่องราว แนวความคิดหรือความคิดเห็นทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้การพูดหรือการเขียน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการตามสถานการณ์จำลองต่างๆ ที่ครูผู้สอนกำหนดให้

5.2 ความสำคัญของการสื่อสาร

บอล (Ball. 1993: 373) กล่าวว่า นักเรียนจำเป็นต้องมีการสื่อสารความคิดทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากการสื่อสารความคิดทางคณิตศาสตร์จะช่วยพัฒนาสิ่งสำคัญพื้นฐาน 5 ประการเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการเรียนคณิตศาสตร์ คือ

1. ความเข้าใจในความคิดรวบยอด
2. ความคล่องแคล่วในขั้นตอน กระบวนการ
3. ความสามารถในการกลวิธี ความสามารถที่จะสร้างสูตรและใช้ตัวแทนสำหรับปัญหา
4. การให้เหตุผลที่ปรับเปลี่ยนได้ ความสามารถในการคิดแบบตรรกะ การอธิบายและ

ความเป็นเหตุเป็นผล

5. ความเชื่อที่ว่าคณิตศาสตร์มีความหมายและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

มัมมี; และ เซฟเพอร์ด (Mumme; & Shepherd. 1993: 7-9) ได้กล่าวถึงความสำคัญของทักษะการสื่อสาร ดังนี้

1. ทักษะการสื่อสารช่วยส่งเสริมให้นักเรียนทำความเข้าใจเนื้อหาคณิตศาสตร์ โดยการแสดงความคิด การอภิปราย และการฟังความคิดเห็นของนักเรียนคนอื่นๆ จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจบนพื้นฐานประสบการณ์ต่างๆ ของพวกเขา

2. ทักษะการสื่อสารช่วยในการแลกเปลี่ยน (Share) ในการทำความเข้าใจในคณิตศาสตร์ นั่นคือ นักเรียนเกิดความช่วยเหลือกัน การอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นนักเรียนก็สามารถพัฒนาภาษาทางคณิตศาสตร์ และมีความเข้าใจในกฎและนิยามต่างๆ

3. ทักษะการสื่อสารจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้เรียนรู้ เมื่อครูตั้งคำถามโดยให้นักเรียนตอบคำถามในรูปของการพูดหรือการเขียนในสิ่งที่เขาคิด หรือการพูดกันเองก็จะทำให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นในความสามารถเกี่ยวกับความคิดทางคณิตศาสตร์ จากการนำเสนอในสิ่งที่นักเรียนคิดว่าสำคัญ เพราะฉะนั้นนักเรียนจะต้องใช้ศักยภาพและควบคุมการเรียนรู้ในการค้นคว้าเพิ่มเติม และในที่สุดพวกเขาจะเป็นผู้เสริมสร้างความรู้ (Empowerment) ด้วยตนเอง

4. ทักษะการสื่อสารเป็นการส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเรียนรู้ นั่นคือ การพูดและการฟังในกลุ่ม โดยการเรียนร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย โดยปราศจากการวิตกกังวลที่จะแสดงความคิดเห็นใหม่ๆ การมีปฏิสัมพันธ์เป็นสิ่งที่จะทำให้ให้นักเรียนเกิดความเต็มใจที่จะร่วมกันคิด

5. ทักษะการสื่อสารช่วยให้ครูได้หยั่งรู้ (Insight) ในความคิดของนักเรียนในขณะที่ครูเรียนรู้เกี่ยวกับความคิดของนักเรียนโดยการมุ่งสิ่งที่นักเรียนได้อธิบายการให้เหตุผลของพวกเขา ซึ่งความสามารถในการอธิบายเกิดจากการฝึกการใช้ภาษาที่เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 52) ได้กล่าวไว้ในมาตรฐานของทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ว่า โปรแกรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ควรจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ใช้การสื่อสารและสื่อความหมาย เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์และเพื่อให้ทุกคนสามารถ

1. จัดระเบียบทางความคิดและเพิ่มพูนความสามารถความคิดทางคณิตศาสตร์ให้แข็งแกร่งมั่นคงยิ่งขึ้น

2. แสดงความคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ชัดเจน แก่เพื่อน ๆ ครูและบุคคลอื่นได้

3. ขยายความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ ตลอดจนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปช่วยพิจารณายุทธวิธีต่าง ๆ ได้

4. สามารถที่จะใช้ภาษาคณิตศาสตร์เพื่อแสดงความหมายที่ชัดเจนถูกต้องและรัดกุม ดังนั้น การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ควรให้สอดคล้องกับโปรแกรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อให้ นักเรียนทุกคนได้มีโอกาสเรียนคณิตศาสตร์และสามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รีส์; และคนอื่น ๆ (Reys; et al. 2001: 83) กล่าวว่า การสื่อสารเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพ สำหรับการรวบรวมแนวคิดทางคณิตศาสตร์ทั้งโดยการพูดและการเขียนเพื่อแสดงและอธิบายแนวคิด โดยเฉพาะการสื่อสารสองทางช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบาย รวบรวม และขยายแนวคิดแลกเปลี่ยนแนวคิดกับผู้อื่น ซึ่งนักเรียนควรได้รับการส่งเสริมให้มีการสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างหลากหลาย เช่น การสื่อสารด้วยภาพ การแสดงท่าทาง การเขียนกราฟ การเขียนแผนภูมิ และการใช้สัญลักษณ์ไปพร้อมกับการใช้คำทั้งการพูดและการเขียน

ทัศนีย์ กระจ่างอินทร์; และ สุภิตรา อนุศาสน์ (2542: 3-4) ได้กล่าวว่า มนุษย์จำเป็นต้องใช้ การสื่อสารตลอดชีวิต เริ่มจากการสื่อสารภายในตนเอง คิดว่าจะทำอะไร เมื่อไร จะต้องสัมพันธ์กับผู้อื่นและจะเกิดผลอย่างไร การสื่อสารจะขยายความกว้างขึ้น และมนุษย์จะการใช้การสื่อสารเพื่อทำ กิจกรรมร่วมกันตลอดเวลา การสื่อสารจึงมีความสำคัญดังนี้

1. การสื่อสารเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต ไม่มีใครที่จะดำรงชีวิตได้โดยปราศจากการสื่อสาร โดยเฉพาะสังคมมนุษย์ที่มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาตลอดเวลา พัฒนาการทางสังคม จึงดำเนินไปพร้อม ๆ กับพัฒนาการทางการสื่อสาร

2. การสื่อสารช่วยสร้างสังคมให้อยู่ร่วมกันเป็นปกติสุข เพื่อหาสาระที่เกี่ยวข้องกับระเบียบ ประเพณี กฎเกณฑ์ทางสังคมและความรู้ต่าง ๆ จำเป็นต้องรับการถ่ายทอดเพื่อให้เป็นมรดกทางสังคมตกลงใช้ร่วมกันอย่างสันติ

3. การสื่อสารเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนา การพัฒนาสังคมในด้านคุณธรรมจริยธรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฯลฯ รวมทั้งศาสตร์ในการสื่อสาร จำเป็นต้องพัฒนาอย่างไม่หยุดยั้งและ ต้องใช้การสื่อสารเป็นเครื่องมือในการพัฒนาต่าง ๆ เช่น การใช้โฮตทัศน์หรือสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ในงานสาธารณสุข เป็นต้น

วัชรวิ ชันเชื้อ (2545: 39) กล่าวถึงความสำคัญของการสื่อสารว่า การสื่อสารนั้นมีความสำคัญต่อชีวิตของคนเราเป็นอย่างมากไม่ว่าจะเป็นด้านสังคม ในชีวิตประจำวันด้านอุตสาหกรรมและ ธุรกิจ ด้านการปกครอง และด้านการเมืองระหว่างประเทศ และเช่นเดียวกันในด้านการเรียนการสอน ถ้าเราต้องการจะให้เกิดประสิทธิภาพเราจะต้องให้ความสำคัญกับเรื่องการสื่อสารให้ตรงกัน

เพื่อที่จะให้ถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจ และสามารถทำงานร่วมกันได้โดยมีความเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน และผู้รับสารก็ต้องมีการสะท้อนกลับแนวคิดมายังผู้ส่งสารด้วย

จากการศึกษาข้างต้น สรุปได้ว่า การสื่อสารมีความสำคัญกับมนุษย์ในทุก ๆ ด้าน เพราะเป็นวิธีการที่ช่วยให้บุคคลสามารถถ่ายทอดความรู้ ความรู้สึกนึกคิด หรือทำให้เกิดความเข้าใจระหว่างกันได้ ซึ่งเป็นผลทำให้ทุกคนอยู่ร่วมกันได้อย่างมีความสุข ในด้านของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ การสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน รวมถึงครูผู้สอนได้เรียนรู้ความคิด ความเข้าใจของนักเรียนทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.3 องค์ประกอบของการสื่อสาร

วรพล พรหมมิกบุตร (2534: 20) ได้แบ่งองค์ประกอบของการสื่อสารไว้ดังนี้

1. องค์ประกอบที่เป็นบุคคล ในกระบวนการสื่อสารยังอาจแยกได้เป็น 2 ฝ่ายที่สำคัญ ได้แก่ ผู้ส่งสาร (Transmitter) และผู้รับสาร (Receiver)

2. องค์ประกอบที่เป็นผลเชิงวัฒนธรรม ก็อาจแยกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข่าวสาร (Message) และ เทคนิควิธีสื่อสาร (Communication Technique)

ทัศนีย์ กระจ่างอินทร์; และ สุภิตรา อนุศาสน์ (2542: 4-10) ได้จัดองค์ประกอบของการสื่อสาร ดังนี้

1. ผู้ส่งสาร (Sender) คือ บุคคลที่เริ่มต้นสร้างสารและส่งสารไปยังผู้อื่นโดยใช้ภาษาเป็นเครื่องมือ ผู้ส่งสารในฐานะผู้เริ่มต้นการสื่อสารจะส่งสารได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อพัฒนาตนเองให้มีคุณสมบัติ ดังนี้

1.1 เป็นผู้ที่มีเจตนาแน่วแน่ที่จะให้ผู้อื่นรับรู้ตามประสงค์ของตน

1.2 เป็นผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่จะสื่อสารเพียงพอ ผู้สื่อสารอาจสำรวจ

ระดับความรู้ความเข้าใจของตนเองตามลำดับเนื้อหาคือ

1.2.1 บอกได้ว่าเคยผ่านพบหรือได้ยินได้ฟังเรื่องนั้นๆมา

1.2.2 นำมาบอกกล่าวด้วยถ้อยคำของตนเองได้

1.2.3 ใช้ความรู้ ความชำนาญ แก้ไขสถานการณ์ต่างๆได้

1.2.4 วิเคราะห์ปัญหาได้

1.2.5 ประเมินค่าได้

1.3 เป็นผู้ที่มีความเชื่อถือ ความเชื่อถือของผู้ส่งสารเป็นผลรวมของความรู้ ความสามารถ บุคลิกลักษณะ การเป็นคนที่สังคมยอมรับการเป็นคนคล่องแคล่วเปิดเผยในการติดต่อสื่อสาร

1.4 เป็นผู้ที่มีความพยายามจะเข้าใจความสามารถและความพร้อมของผู้รับสาร

1.5 เป็นผู้รู้จักใช้กลวิธีที่เหมาะสมในการนำเสนอสาร อาศัยการเตรียมการทักษะทางภาษา การใช้อุปกรณ์ ตลอดจนเทคโนโลยีในการสื่อสารอย่างเหมาะสม

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

2.1 รหัสของสาร คือ ภาษาสัญลักษณ์หรือสัญญาณที่มนุษย์คิดขึ้นเพื่อแทนความคิด

2.2 เนื้อหาของสารจะครอบคลุมความรู้ ความคิดและประสบการณ์ที่มนุษย์ต้องการถ่ายทอดแลกเปลี่ยนเพื่อความเข้าใจร่วมกัน โดยเนื้อหาของสารดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ เนื้อหาสารที่แสดงข้อเท็จจริง เนื้อหาสารที่แสดงข้อคิดเห็นหรือทรรศนะ และเนื้อหาสารที่แสดงความรู้สึก

2.3 การจัดการ หมายถึง รูปแบบวิธีการในการนำรหัสมาเรียบเรียง เพื่อให้ได้ใจความตามเนื้อหาที่ต้องการ สารที่ได้รับการจัดอย่างดีทั้งในด้านการเรียบเรียง การลำดับความ การลำดับความยากง่ายตลอดจนรูปแบบและการใช้ภาษาที่ดี

3. สื่อหรือช่องทาง (Media or Channel) สื่อหรือช่องทางเป็นองค์ประกอบสำคัญอีกประการหนึ่งในการสื่อสาร ผู้ส่งสารต้องอาศัยสื่อหรือช่องทาง ทำหน้าที่นำสารไปสู่ผู้รับสาร โดยทั่วไปสารจะถ่ายทอดเข้าสู่ระบบการเรียนรู้

4. ผู้รับสาร (Receiver) ผู้รับสารเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสื่อสาร มีบทบาทในการกำหนดความรู้เรื่องราวที่ผู้ส่งสารส่งผ่านสื่อมาถึงตนและมีปฏิกริยาตอบสนอง ผู้รับสารที่ดีควรทำหน้าที่ตามบทบาทของตนเอง และควรพัฒนาตนเองให้มีคุณสมบัติ ดังนี้

4.1 เป็นผู้ที่ม่เจตนาแฉ่มัดและกระตือรือร้นที่จะรับสาร

4.2 เป็นผู้พยายามรับรู้เรื่องราวข่าวสารต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ

4.3 เป็นผู้ที่มีความรู้สึกรวดเร็วและถูกต้อง

4.4 เป็นผู้มีสมาธิ สามารถบังคับใจให้อยู่ที่เรื่องราวที่กำลังสื่อสาร

5. ปฏิกริยาตอบกลับ (Feedback) ในการสื่อสารแต่ละครั้งผู้ส่งสารและผู้รับสารต่างมีวัตถุประสงค์ในการสื่อสารของตนเองและจะแสดงปฏิกริยาตอบกลับเพื่อให้อีกฝ่ายหนึ่งรับรู้ความรู้สึกนึกคิดของตน ต่างต้องประเมินผลและบรรยากาศในการสื่อสารตลอดเวลา การสื่อสารอาจเกิดผลตรงตามเป้าหมาย ปฏิกริยาตอบกลับจะช่วยให้ผู้ส่งสารสามารถปรับเปลี่ยนข้อมูล ทำที่ หรือวิธีการสื่อสารเพื่อให้การสื่อสารบรรลุจุดประสงค์

ปราณี รามสูต; และ จำรัส ด้วงสุวรรณ (2545: 155-156) กล่าวว่า องค์ประกอบของการติดต่อสื่อสารมีอยู่ 4 ประการ ดังนี้

1. ผู้ส่ง (Sender) หรือแหล่งที่มาของสาร

2. ผู้รับ (Receiver) หรือจุดหมายปลายทางที่ต้องการให้สารนั้นไปถึง

3. สารหรือข้อมูลที่ส่ง (Message) ซึ่งอาจเป็นข้อมูลเรื่องราวต่างๆ ได้แก่ความคิด ความต้องการ อารมณ์ เจตคติ ฯลฯ

4. สื่อสำหรับส่ง (Media) โดยอาจเป็นคำพูด โทรศัพท์ เพลง กลอน ภาษาเขียนเป็นคำสั่ง ประกาศ แจ้งความ ภาษากาย ที่อาจจะเป็นกริยาท่าทาง สายตา สีหน้า หรืออาจจะเป็นสัญลักษณ์รูปภาพ ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ฯลฯ

คมเพชร ฉัตรศุภกุล (2546: 132-133) กล่าวถึงองค์ประกอบของการสื่อสารได้แก่

1. ผู้พูด (Speaker) หรือผู้ส่งสาร (Transmitter) หมายถึง บุคคลที่ถ่ายทอดข่าวสารในการพูด เขียน หรือด้วยวิธีการอื่น ๆ
2. ผู้ฟัง (Audience) หรือผู้รับ (Receiver) หมายถึง ผู้ที่อยู่ในสถานภาพที่ต้องรับข้อมูลต่าง ๆ ไม่ว่าจะด้วยการฟัง การอ่าน
3. ข่าวสาร (Message) หมายถึง ข่าวสาร เรื่องราวต่าง ๆ ข้อมูลต่าง ๆ ที่ผู้ถ่ายทอดต้องการจะส่ง
4. วิธีการสื่อสาร บางตำราเรียกว่า ช่องทางการสื่อสาร (Chanel) เช่น สื่อสารโดยการพูด ผู้รับก็จะใช้การฟัง สื่อสารโดยท่าทางผู้รับก็จะใช้การสังเกต ถ้าสื่อสารโดยการเขียนก็จะต้องรับข้อมูลโดยการอ่าน เป็นต้น

กิติมา สุรสนธิ (2548: 8-9) กล่าวถึงองค์ประกอบส่วนสำคัญของการสื่อสาร ได้แก่

1. ผู้ส่งสาร (Sender) หมายถึง บุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่มีความคิดมีความต้องการ มีความตั้งใจที่จะส่งข้อมูลข่าวสาร อารมณ์ ความรู้สึกนึกคิด ความคิดเห็น ทศนคติความเชื่อและอื่นๆ ไปยังผู้รับสาร เพื่อก่อให้เกิดผลอย่างใดอย่างหนึ่งต่อผู้รับสารนั้น
 2. สาร (Message) หมายถึง เรื่องราวที่มีความหมายและถูกแสดงออกมาโดยอาศัยภาษาหรือสัญลักษณ์ใดๆ ก็ตามที่สามารถทำให้เกิดการรับรู้ร่วมกันระหว่างผู้ส่งสารและผู้รับสารได้
 3. ช่องทางสื่อสารหรือสื่อ (Channel or Media) หมายถึง ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของมนุษย์ที่ใช้ในการรับรู้ความหมายจากสิ่งต่างๆ อันได้แก่ การมองเห็น การได้ยิน การดมกลิ่น การสัมผัสและการลิ้มรส
 4. ผู้รับสาร (Receiver) หมายถึง บุคคลที่ต้องทำความเข้าใจและตีความต่อข่าวสารที่ตนเองได้รับ เพราะถ้าหากผู้รับสารขาดความเข้าใจ ความสนใจต่อสารนั้นก็ทำให้การสื่อสารล้มเหลว
- จากองค์ประกอบของการสื่อสารข้างต้น สรุปได้ว่า องค์ประกอบของการสื่อสารประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ ผู้ส่งสาร ผู้รับสาร สาร และวิธีการสื่อสาร โดยแต่ละองค์ประกอบมีความสำคัญในการที่จะทำให้การสื่อสารประสบผลสำเร็จหรือล้มเหลว

5.4 มาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 60) ได้กล่าวถึงมาตรฐานการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงเกรด 12 จะทำให้นักเรียนสามารถ

1. จัดระเบียบทางความคิดและเพิ่มพูนความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ให้แข็งแกร่งมั่นคงได้
2. ติดต่อสื่อสารแนวคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและชัดเจน แก่เพื่อนๆ ครู และบุคคลอื่นๆ ได้
3. วิเคราะห์และประเมินแนวคิดและยุทธวิธีเกี่ยวกับคณิตศาสตร์อื่น ๆ ได้
4. ใช้ภาษาคณิตศาสตร์เพื่อแสดงแนวคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่มีความหมายชัดเจน ถูกต้อง และรัดกุมได้

กระทรวงศึกษาธิการ (2551: 74) ได้กำหนดมาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
ดังตาราง 2

ตาราง 2 มาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น			
ป. 1-3	ป. 4-6	ม. 1-3	ม.4-6
ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อ	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อ	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อ	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อ
ความหมายและการนำเสนอได้อย่างถูกต้อง	ความหมายและการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	ความหมายและการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน	ความหมาย และการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

ที่มา: กระทรวงศึกษาธิการ (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. หน้า 74.

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า มาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในทุกุระดับชั้นต้องการให้นักเรียนสามารถถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของตนเองโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมาย และสามารถนำเสนอความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์เหล่านั้นได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

5.5 บทบาทของครูในการส่งเสริมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงการส่งเสริมการสื่อสารในการเรียนคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้
โรวาน; และ มอร์โรว์ (Rowan; & Morrow. 1993: 9-11) ได้นำเสนอแนวทางในการส่งเสริมการใช้คณิตศาสตร์ในการสื่อสาร ดังนี้

1. นำเสนอสื่อรูปธรรมแล้วให้นักเรียนได้พรรณนาถึงสิ่งที่พบ
2. ใช้เนื้อหา เรื่องราว หรืองานที่เกี่ยวข้องและใกล้ตัวของนักเรียน เช่น โครงการที่มีกิจกรรมการสืบค้นเป็นสื่อที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สื่อสารโดยตรง กิจกรรมเช่นนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ว่าเป็นวิชาที่มีประโยชน์ในการดำเนินชีวิตและเป็นเรื่องราวที่เกี่ยวข้องและใกล้ตัวนักเรียน จะทำให้การใช้คณิตศาสตร์สื่อสารเป็นไปได้อย่างสมบูรณ์

3. การใช้คำถาม โดยเฉพาะคำถามปลายเปิดจะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและแสดงการตอบสนองออกมา คำถามปลายเปิดเป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดอย่างหลากหลายและคิดอย่างสร้างสรรค์ การส่งเสริมการใช้คณิตศาสตร์ในการสื่อสารรวมไปถึงการให้นักเรียนได้ตั้งคำถามให้กับตนเอง ซึ่งจะนำไปสู่การค้นพบตามที่เขาสงสัย

4. ให้โอกาสนักเรียนได้เขียนสื่อสารแนวคิด การเขียนสื่อสารแนวคิดเป็นสิ่งสำคัญและควรให้นักเรียนได้ฝึกเขียนแสดงแนวคิดของตนเอง เพื่อให้นักเรียนได้เห็นว่าการเขียนเป็นส่วนสำคัญของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ นักเรียนต้องเข้าใจว่าทำไมจึงต้องเขียนอธิบาย นั่นคือ เป้าหมายของการเขียนต้องชัดเจนกับนักเรียน

5. ใช้กลุ่มแบบร่วมมือและช่วยเหลือกัน การให้นักเรียนนั่งเรียนเป็นแถวและนั่งประจำโต๊ะของตนเองไม่ได้ส่งเสริมให้เกิดการอภิปราย การจัดกลุ่มให้นักเรียนได้ร่วมมือและช่วยเหลือกันในการเรียนรู้เป็นการให้โอกาสนักเรียนได้สำรวจแนวคิด อธิบายแนวคิดกันในกลุ่มเป็นการส่งเสริมการสื่อสารโดยตรง

6. ใช้การชี้แนะโดยตรงและชี้แนะทางอ้อม การตอบสนองต่อคำถามของนักเรียนการบริหารและจัดระบบชั้นเรียน เป็นการชี้แนะให้นักเรียนได้ทราบถึงสิ่งที่คาดหวังและมาตรฐานของการเรียนรู้เพื่อที่นักเรียนจะได้แสดงแนวคิดเหล่านั้นได้อย่างไม่ต้องกังวล

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 270-272) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการส่งเสริมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับเกรด 6-8 ว่า ครูจะต้องจัดสภาพห้องเรียนที่เอื้อต่อการส่งเสริมให้นักเรียนมีการอธิบาย การถกเถียง การอภิปราย และการใช้เหตุผล เป็นวิธีที่ทำให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กัน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ค้นหาปัญหา ร่วมกัน รวมถึงการให้คำแนะนำจากครูการให้คะแนนมีการอธิบาย การถกเถียง การอภิปราย และการใช้เหตุผล เป็นวิธีที่ทำให้นักเรียนได้มีการสื่อสารทำให้เกิดการเรียนรู้ โดยครูจะต้องกำหนดชิ้นงาน (Tasks) ที่ประกอบไปด้วย

1. ความสัมพันธ์เกี่ยวกับความสำคัญของแนวคิดทางคณิตศาสตร์
2. มีแนวทางในการหาคำตอบได้หลายวิธี
3. อนุญาตให้นักเรียนแสดงการใช้ตัวแทน (Representations) ได้อย่างหลากหลาย
4. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบาย แสดงเหตุผล และการคาดเดาในการแก้ปัญหา

การอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ครูจะมีบทบาทในการให้คำแนะนำ โดยที่ครูเดินไปตามกลุ่มและรับฟังคำตอบที่แตกต่างกันของนักเรียน การพูดและการเขียนเป็นการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญที่ช่วยให้นักเรียน

1. คิดวิธีการแก้ปัญหา
2. มีกฎเกณฑ์ในการอธิบาย
3. ทดสอบความสามารถของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้คำศัพท์ และสัญลักษณ์ใหม่ ๆ
4. ตรวจสอบการใช้รูปแบบของการให้เหตุผล
5. การให้เหตุผลของการคาดเดา
6. การวิเคราะห์ข้อแก้ตัว (Justifications)

จากการศึกษาข้างต้น สรุปได้ว่า การส่งเสริมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์นั้น ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กัน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน โดยครูผู้สอนเป็นผู้

ชี้แนะช่องทางในการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ซึ่งทักษะการสื่อสารควรทำอย่างต่อเนื่อง โดยสอนแทรกทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ

5.6 ประโยชน์ของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

รีเดเซล (Riedesel. 1990: 377) ได้นำเสนอประโยชน์ของการสื่อสารโดยการเขียนดังนี้

1. เป็นการประเมินการเรียนรู้ผู้เรียนเป็นรายบุคคล เพราะสิ่งที่ผู้เรียนเขียนบรรยายจะแสดงระดับความเข้าใจที่แตกต่างกัน
2. เป็นเครื่องมือช่วยวิจัยกระบวนการคิดของผู้เรียน
3. เป็นทักษะที่จำเป็นช่วยให้ผู้เรียนเกิดความชัดเจนในการคิด
4. เป็นทักษะที่จะช่วยเสริมทักษะการอ่าน และการเขียนในรายวิชาอื่นโดยเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์ที่ต้องใช้การบรรยายในสิ่งที่ค้นพบ
5. เป็นวิธีในการเรียนคณิตศาสตร์วิธีหนึ่งที่ปกติผู้เรียนไม่ค่อยได้ใช้
6. เป็นทักษะที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดในระดับสูง เพื่อตอบคำถามว่า อย่างไร (How) และทำไม (Why) มากกว่าตอบว่าอะไร (What) ที่ไหน (Where) เมื่อไร (When)
7. เป็นการร่วมมือกันในการทำกิจกรรมเดียวกัน ทำให้ผู้เรียนรู้สึกว่าสมาชิกในกลุ่มประสบความสำเร็จร่วมกัน เกิดความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันในการเรียนรู้

มัมมี; และ เซฟเพอร์ต (Mumme & Shepherd. 1993: 7-11) ได้เสนอประโยชน์ในการเรียนคณิตศาสตร์ที่เกิดจากการส่งเสริมการสื่อสาร ดังนี้

1. การสื่อสารจะช่วยส่งเสริมความเข้าใจคณิตศาสตร์แก่นักเรียน โดยให้นักเรียนได้อธิบายความคิดของเขา มีความสนใจในการที่จะได้อภิปราย และการฟังก็จะช่วยให้นักเรียนคนอื่น ๆ เข้าใจได้อย่างลึกซึ้งซึ่งด้วย การฟังจะช่วยให้นักเรียนได้พิจารณาความคิดของคนอื่น จะเป็นการช่วยให้นักเรียนได้เห็นคุณค่าของความคิดที่แตกต่างกันออกไปของนักเรียนแม้จะอยู่ในสถานการณ์เดียวกันก็ตาม นักเรียนจะสร้างความเข้าใจจากรากฐานของประสบการณ์เดิมของนักเรียนนั่นเอง การสื่อสารจะสนับสนุนการสร้างความรู้แก่นักเรียน โดยการสื่อสารจะช่วยขยายความคิดของนักเรียนให้ชัดเจนยิ่งขึ้น แต่ในบางครั้งการสื่อสารอาจสร้างความไม่สมดุลให้เกิดขึ้นจนกลายเป็นอคติ

2. การสื่อสารจะช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์แก่นักเรียน นักเรียนส่วนมากมักจะล้มเหลวในการแสดงความคิดทางคณิตศาสตร์ เมื่อนักเรียนได้นำเสนอกฎเกณฑ์และกระบวนการต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์โดยการจำมากกว่าการค้นพบด้วยตนเองและการแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน ครูจำเป็นต้องให้เกิดการสื่อสารมากขึ้น เพื่อให้บุคคลหนึ่งได้เชื่อมต่อกับความคิดทางคณิตศาสตร์ไปยังอีกบุคคลหนึ่ง โดยการอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดกันครูต้องให้นักเรียนมีการพัฒนาทางภาษาคณิตศาสตร์ ในการทำความเข้าใจในบทบาทของคำนิยามและกระบวนการในการอภิปรายและขยายสมมติฐานให้ชัดเจนขึ้น

3. การสื่อสารจะช่วยเสริมสร้างให้นักเรียนเป็นผู้เรียนรู้ เมื่อครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พูดหรือเขียนความคิดของนักเรียนเอง ครูควรจะบอกนักเรียนว่าจะประเมินอะไรจากการพูดของนักเรียนเพื่อให้ครูแน่ใจในความสามารถทางการสื่อสารความคิดของนักเรียนอย่างแท้จริงนักเรียน

ควรฝึกการใช้ศักยภาพและควบคุมการเรียนรู้ของพวกเขาให้มากเพื่อที่นักเรียนจะได้กลายเป็นผู้เสริมสร้างความรู้ด้วยตนเอง

4. การสื่อสารเป็นการส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ การพูดและการฟังบุคคลอื่นในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ เป็นวิธีการที่จะทำให้เราหลุดพ้นจากความวิตกกังวลในการที่จะแสดงความคิด การมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนจะเป็นการให้ความสนุกสนานในการเรียนแก่นักเรียน การอำนวยความสะดวกและสังคมจะมีอิทธิพลต่อความเต็มใจที่จะพูดเพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนแนวความคิดของนักเรียน

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้น สรุปได้ว่า ประโยชน์ของการสื่อสารคณิตศาสตร์ คือ เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ครูผู้สอนใช้ถ่ายทอดความรู้ เรื่องราวหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ให้แก่ผู้เรียนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ทราบถึงกระบวนการคิดของผู้เรียนและเป็นการประเมินความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนอีกด้วย

5.7 การประเมินการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้โดยการสื่อสารแนวความคิดคณิตศาสตร์ ได้จำแนกเกณฑ์การประเมินคณิตศาสตร์โดยการสื่อสารแนวความคิดออกเป็น 3 ด้าน คือ (Kennedy and Tipps. 1994: 112; citing Vermont Department Education. n.d.: 14-45).

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. เสนอความคิดที่เหมาะสมกับปัญหา

โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยนำเกณฑ์การประเมินของเคนเนดีและทิปส์มาปรับปรุง (Kennedy and Tipps. 1994 : 112 ; citing Vermont Department Education. n.d. : 14-15) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินเป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยต่างประเทศ

ซาลิวสกี (Zalewski. 1978: 2804-A); และ เคอร์ซิโอ (Curcio. 1982: 3047-A) ได้ศึกษาความเข้าใจการอ่านกับความสามารในการแก้โจทย์ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจในการอ่านกับความสามารในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับปานกลาง

โรจาส (Rojas. 1992: 53-A) ทำการศึกษาวิจัยการส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องความน่าจะเป็น โดยการพัฒนานักเรียนด้านทักษะการอ่านและการเขียน โดยให้นักเรียนได้เรียนเป็นกลุ่ม โดยให้นักเรียนเรียนเนื้อหา เรื่อง ความน่าจะเป็น และใช้เทคนิคในการเสริมกิจกรรมทางภาษาในการเรียนคณิตศาสตร์ ฝึกการสื่อสารให้แก่ักเรียนโดยกระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นคว้าโดยใช้การเสริมแรงในการอ่าน เขียน และพูด ผลปรากฏว่า การทดลองนี้ทำให้นักเรียนมีการเรียนดีขึ้นในกิจกรรมการเรียนรู้ แต่ว่าการกิจกรรมการอ่านนักเรียนเห็นประโยชน์เล็กน้อย โดยไม่รู้ว่าอ่านจะมีประโยชน์อย่างไร อะไรที่เป็นความสามารถในการอ่านของพวกเขา

โจฮันนิง (Johanning. 2000: 151-160) ได้ศึกษาการวิเคราะห์การเขียนและการทำงานกลุ่มร่วมกันของนักเรียนมัธยมศึกษาในการศึกษาวิชาพีชคณิตเบื้องต้น มีการปฏิรูปโดยการส่งเสริมให้นักเรียนอ่าน เขียน และอภิปรายทางคณิตศาสตร์ เช่นเดียวกับการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ การศึกษาครั้งนี้ได้ให้ความสำคัญกับการเขียน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนคิดไปพร้อมๆ กัน โดยพิจารณาจากผลงานของนักเรียน เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาว่ามีความเข้าใจอย่างไร คิดอย่างไรกับวิธีการแก้ปัญหาที่ได้เขียนอธิบาย กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับเกรด 7 และ 8 จำนวน 48 คน เป็นนักเรียนเกรด 7 จำนวน 14 คน และนักเรียนเกรด 8 จำนวน 34 คน ใช้ระยะเวลาการทดลอง 1 ปี โดยการแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม 7 คน ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนเกรด 8 จำนวน 4 คน (ผู้ชาย 1 คน ผู้หญิง 3 คน) นักเรียนเกรด 7 จำนวน 3 คน (ผู้ชาย 2 คนผู้หญิง 1 คน) เพื่อให้เกิดการสมดุลของกลุ่มตัวอย่าง การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยทำโดยบันทึกภาพการมีส่วนร่วม การอภิปรายกลุ่ม และการสัมภาษณ์นักเรียน ผลการวิจัยพบว่า การเขียนอธิบายเป็นวิธีหนึ่งที่กระตุ้นนักเรียนในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เมื่อนักเรียนได้สื่อสาร

ความคิดของตนลงบนกระดาษและถ่ายทอดสู่บุคคลอื่น การเขียนอธิบายก่อนการอภิปรายกลุ่มทำให้มั่นใจว่านักเรียนทุกคนมีโอกาสศึกษาด้วยตนเองก่อนที่จะพบครูกับเพื่อนๆ การเขียนทำให้นักเรียนมีความมั่นใจมากขึ้นในการทำงานกลุ่มโดยการแลกเปลี่ยนความคิดภายในกลุ่ม ซึ่งบรรยากาศเช่นนี้นักเรียนจะมีความกระตือรือร้นในการคิดและการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วย

เลวิสสัน; เกรฟส์; และ ซานเชส (Lewison; Graves; & Sanchez. 2006: Abstract) ได้ศึกษาเรื่อง การสนทนาเสริมในการเรียนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนประถมศึกษา โดยศึกษาการใช้ประโยชน์จากการสร้างกิจกรรมในการสนทนาระหว่างนักเรียน จุดเด่นในการศึกษาในครั้งนี้อยู่ที่การให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ห้อง ได้ฝึกปฏิบัติการสนทนาทางคณิตศาสตร์ การพิจารณาจากการวิเคราะห์สภาพงานที่เป็นเอกลักษณ์ของนักเรียนในการฝึกฝนความรู้ ผลการวิจัยพบว่า การให้ความเอาใจใส่ในรายละเอียดเฉพาะเป็นการทำให้นักเรียนเกิดความชำนาญในการพูดภาษาทางการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และก่อให้เกิดความสัมพันธ์ที่เป็นเอกลักษณ์ของนักเรียนภายในกลุ่ม

เซอร์วานี (Sirvani. 2007: 41) ได้ศึกษาผลของการสื่อสารของครูกับผู้ปกครอง ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่เรียนพีชคณิต 1 จำนวน 4 ห้องเรียนที่สอนโดยครูคนเดียวกัน โดยสุ่มกลุ่มควบคุมจำนวน 2 ห้องเรียนและที่เหลืออีก 2 ห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลอง ผู้ปกครองของนักเรียนในกลุ่มทดลองสามารถเฝ้าติดตามผลการเรียนของนักเรียนโดยจะได้รับใบผลคะแนนการบ้านของนักเรียนและคะแนนสอบของนักเรียนสองสัปดาห์ต่อครั้ง แต่ผู้ปกครองของนักเรียนในกลุ่มควบคุมจะไม่สามารถเฝ้าติดตามผลการเรียนของนักเรียนได้เลย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีผลการเรียนต่ำในกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่มีผลการเรียนต่ำในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ หรือกล่าวได้ว่า การสื่อสารระหว่างครูกับผู้ปกครองของนักเรียนมีส่วนช่วยทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น

งานวิจัยในประเทศ

สมชาย วรภิเษมสกุล (2540: 155) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าและพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยการสื่อสารแนวความคิดเพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหา โดยใช้กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงที่มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 195 คน ผลจากการศึกษาค้นคว้าพบว่า นักเรียนที่ได้เรียนจากรูปแบบการสื่อสารแนวความคิดนั้นมีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารสอดคล้องกับหลักสูตรที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ โดยต้องการให้ผู้เรียนได้สื่อสาร/อภิปรายแนวความคิดของตน (การพูด/การเขียน) ที่เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาเพื่อให้ความช่วยเหลือเพื่อนที่ไม่อาจทำความเข้าใจได้จากการอธิบายของครูผู้สอน หรือแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดจากความเข้าใจคลาดเคลื่อนของผู้เรียนอย่างรวดเร็ว โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือเพื่อให้นักเรียนที่เรียนเก่งช่วยเหลือนักเรียนที่เรียนอ่อน

วัชรวิ ชันเชื้อ (2545: 119) ได้ศึกษาค้นคว้าการพัฒนาชุดการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ตรรกศาสตร์เบื้องต้น โดยใช้กระบวนการกลุ่มเพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา

2545 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี จำนวน 80 คน ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยใช้ทักษะการพูดและการเขียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อเรียนโดยชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ตรรกศาสตร์เบื้องต้น โดยใช้กระบวนการกลุ่ม เพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสาร นักเรียนมีความสามารถการสื่อสารแนวความคิดทางคณิตศาสตร์ตามเกณฑ์ร้อยละ 70

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

จิตติมา ขอบเอียด (2551: 91) ได้ทำการศึกษาการใช้ปัญหาปลายเปิดเพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการใช้ปัญหาปลายเปิดสูงกว่าก่อนการใช้ปัญหาปลายเปิดและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการใช้ปัญหาปลายเปิดสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ สรุปได้ว่า ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สามารถพัฒนาให้กับผู้เรียนได้โดยการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรม ทั้งกิจกรรมกลุ่มและกิจกรรมรายบุคคล เหล่านี้ล้วนส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะดังกล่าวได้เป็นอย่างดี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

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

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดสว่างอารมณ์ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 94 คน

การสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดสว่างอารมณ์ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 42 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) นักเรียนแต่ละห้องจัดแบบคละความสามารถ

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวและแบบทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบ จำนวน 6 ข้อ
3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

สำหรับเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีรายละเอียดในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิด หกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกระทรวง
ศึกษาธิการ

1.2 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ช่วงชั้นที่ 3) ในมาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน

1.3 วิเคราะห์สาระการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
เพื่อกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และสาระการเรียนรู้

1.4 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวก
ความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ให้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้
ที่กำหนดไว้ ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ
ประกอบด้วย

1.4.1 ตัวชี้วัด

- 1) ด้านความรู้
- 2) ด้านทักษะ/กระบวนการ
- 3) ด้านคุณลักษณะ

1.4.2 สาระการเรียนรู้

1.4.3 กิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1.ขั้นสังเกต เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดสถานการณ์หรือกิจกรรมที่เป็นปัญหาให้
ผู้เรียนเผชิญเป็นการกระตุ้นและสร้างความสนใจของผู้เรียน เน้นการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียน
พิจารณาสถานการณ์ที่กำหนดให้และตอบได้ว่ามีข้อมูลอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น และคำถาม
เพื่อให้ทราบถึงความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อสถานการณ์หรือกิจกรรมที่จัดขึ้น

2.ขั้นอธิบาย เป็นขั้นที่ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนพยายามหา
คำอธิบาย หรือหาสาเหตุของปัญหาในขั้นแรก เน้นการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาสาเหตุที่
เป็นไปได้ที่ทำให้เกิดปัญหาและเสนอทางเลือกในการแก้ปัญหา คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนบอกถึง
การดำเนินการในการแก้ปัญหาหรือการวางแผนการแก้ปัญหา และคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนบอก
ประโยชน์ของข้อมูลที่มีอยู่ว่าสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างไร

3.ขั้นทำนายและทดสอบ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำข้อมูลมาอภิปรายร่วมกันและ
ทำการทดลองเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของคำตอบ เน้นการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียน
พิจารณาความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหาแต่ละวิธีและเลือกทดสอบวิธีที่ดีที่สุดโดยคำนึงถึง
ข้อจำกัดของแต่ละวิธี คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนบอกถึงข้อดีของวิธีการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนเลือก
นำมาใช้ และคำถามเพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อวิธีการแก้ปัญหาแต่ละวิธี

4. นำไปใช้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ เน้นการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถสรุปหลักการ กฎเกณฑ์ ความรู้หรือวิธีการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง และคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนตอบให้ได้ว่าหลักการ กฎเกณฑ์ และวิธีแก้ปัญหาที่ค้นพบนำไปปรับใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้อย่างไร

1.4.4 สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1.4.5 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

1.4.6 บันทึกหลังสอน

1.4.7 ข้อเสนอแนะ

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างเสร็จแล้ว เสนอต่อประธานกรรมการควบคุมปริญญาบัณฑิตพิจารณาแล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

1.6 นำแผนที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบเหมาะสมและความถูกต้องของตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ และระยะเวลาที่ใช้สอน ตลอดจนการใช้ภาษาที่ถูกต้องเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปเสนอประธานกรรมการควบคุมปริญญาบัณฑิต เพื่อตรวจสอบความเรียบร้อยอีกครั้ง

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวและแบบทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบฉบับเดียวกัน โดยเป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบจำนวน 6 ข้อ ใช้เกณฑ์การให้คะแนนที่ต่างกัน โดยผู้วิจัยสร้างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนของกรมวิชาการ (2546: 121) และสร้างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน โดยปรับปรุงเกณฑ์การประเมินคณิตศาสตร์โดยการสื่อสารแนวคิดของเคนเนดี และทิปส์ (Kennedy and Tipps, 1994 : 112 ; citing Vermont Department Education, n.d. : 14 - 15) ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบดังนี้

2.1 ศึกษาหนังสือเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์พื้นฐาน เล่ม 2 เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลประเมินผล วิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.2 ศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

2.3 สร้างตารางวิเคราะห์ตัวชี้วัดเชิงพฤติกรรมที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2.4 สร้างแบบทดสอบซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบจำนวน 12 ข้อ โดยสร้างให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์ตัวชี้วัดเชิงพฤติกรรมที่สอดคล้องกับเนื้อหา แล้วนำแบบทดสอบเสนอต่อประธานกรรมการควบคุมปริญญาโทพิจารณาแล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

2.5 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ลักษณะการใช้คำถามตลอดจนการใช้ภาษา จากนั้นนำแบบทดสอบไปหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แล้วคัดเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งได้ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67-1 จำนวน 11 ข้อ

2.6 นำแบบทดสอบทั้ง 11 ข้อ ที่ได้มาปรับปรุงแล้วเสนอต่อประธานกรรมการควบคุมปริญญาโทพิจารณาอีกครั้ง แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขไปตามข้อเสนอแนะให้เรียบร้อย

2.7 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสว่างอารมณ์ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งได้ผ่านการเรียน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว มาแล้ว จำนวน 50 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ

2.8 ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบที่นักเรียนทำโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนเป็นรายข้อ นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์เป็นรายข้อเพื่อหาค่าความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) เลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยาก (P_E) ระหว่าง .20-80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป จำนวน 6 ข้อที่ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งได้ค่าความยาก (P_E) อยู่ระหว่าง .43-70 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง .37-62

2.9 นำแบบทดสอบจำนวน 6 ข้อที่คัดเลือกแล้วไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสว่างอารมณ์ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 50 คน เพื่อหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่น (α -Coefficient) ตามสูตรของครอนบัค (Cronbach) เท่ากับ 0.85 แล้วนำเสนอต่อประธานกรรมการควบคุมปริญญาโทก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.10 นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.11 ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และแบบทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน

ข้อ (0) จงแสดงวิธีทำ

วินัยมีสมุดอยู่ 6 โหล ได้รับบริจาคมาอีกจำนวนหนึ่ง เมื่อนำไปแจกนักเรียน 64 คน ปรากฏว่านักเรียนได้รับแจกสมุดคนละ 3 เล่มพอดี จงหาว่าวินัยได้รับบริจาคสมุดมาจำนวนเท่าใด

วิธีทำ

.....

.....

ตัวอย่างการให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวและแบบทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน

ข้อ (0) จงแสดงวิธีทำ

วินัยมีสมุดอยู่ 6 โหล ได้รับบริจาคมาอีกจำนวนหนึ่ง เมื่อนำไปแจกนักเรียน 64 คน ปรากฏว่านักเรียนได้รับแจกสมุดคนละ 3 เล่มพอดี จงหาว่าวินัยได้รับบริจาคสมุดมาจำนวนเท่าใด

วิธีทำ

.....

.....

ตาราง 3 ตัวอย่างการให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน

ตัวอย่างคำตอบที่	ระดับคะแนน	
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ทักษะการสื่อสารด้านการเขียน
1. วินัยได้รับบริจาคสมุดมาจำนวน 120 เล่ม <u>วิธีทำ</u> โจทย์ต้องการให้หาจำนวนสมุดที่วินัยได้รับบริจาค สมมติให้ วินัยได้รับบริจาคสมุดมาจำนวน x เล่ม จำนวนสมุดเดิมที่วินัยมี เท่ากับ 6×12 เล่ม ดังนั้น วินัยมีสมุดทั้งหมด $x + (6 \times 12)$ เล่ม แจกให้เด็ก 64 คน เด็กได้รับสมุดคนละ 3 เล่ม จะได้สมการ $\frac{x+(6 \times 12)}{64} = 3$	ได้ 5 คะแนน เนื่องจากมีการแสดงวิธีทำอยู่ในแนวทางที่ถูกต้องชัดเจน สมบูรณ์ และได้คำตอบที่ถูกต้องครบถ้วน	ได้ 5 คะแนน เนื่องจากการนำเสนอความคิดชัดเจนเป็นระบบ มีรายละเอียด สมบูรณ์ ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทาง

ตาราง 3 (ต่อ)

ตัวอย่างคำตอบที่	ระดับคะแนน	
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ทักษะการสื่อสารด้านการเขียน
<p>หรือ $\frac{(x+72)}{64} = 3$</p> <p>นำ 64 มาคูณจำนวนทั้งสองข้างของสมการ</p> $\frac{(x+72)}{64} \times 64 = 3 \times 64$ <p>จะได้ $x + 72 = 192$</p> <p>นำ 72 มาลบจำนวนทั้งสองข้างของสมการ</p> <p>จะได้ $x + 72 - 72 = 192 - 72$</p> <p>หรือ $x = 120$</p> <p><u>ตรวจคำตอบ</u></p> <p>จำนวนสมุดที่มีอยู่ 6 โหลรวมกับสมุด 120 เล่ม</p> <p>เป็นสมุดทั้งหมด $72 + 120 = 192$ เล่ม</p> <p>นำไปแจกเด็ก 64 คน คนละ 3 เล่ม</p> <p>หมดสมุดไป $64 \times 3 = 192$ เล่ม</p> <p>ดังนั้น วินัยได้รับบริจาคสมุดมาจำนวน 120 เล่ม</p>		<p>คณิตศาสตร์ได้</p> <p>อย่างถูกต้อง</p>
<p>2. วินัยได้รับบริจาคสมุดจำนวน 120 เล่ม</p> <p><u>วิธีทำ</u> สมมติ วินัยได้รับบริจาคสมุด x เล่ม</p> <p>จำนวนสมุดเดิมที่มี 6 โหล คิดเป็น 72 เล่ม</p> <p>สมุดทั้งหมดที่มี เท่ากับ $72+x$ เล่ม</p> <p>นำสมุดไปแจกเด็ก 64 คน เด็กได้สมุดคนละ 3 เล่ม</p> <p>สมการที่ได้คือ $\frac{(72+x)}{64} = 3$</p> $72 + x = 192$ $x = 120$ <p><u>ตรวจคำตอบ</u> สมุด 6 โหลรวมกันสมุด 120 เล่ม รวมเป็นสมุด 192 เล่ม แจกเด็ก 64 คน คนละ 3 เล่ม</p> <p>หมดสมุดไป $64 \times 3 = 192$ เล่ม</p> <p>นั่นคือ วินัยได้รับบริจาคสมุด 120 เล่ม</p>	<p>ได้ 4 คะแนน</p> <p>เนื่องจากการแสดงวิธีทำอยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจนนัก และคำตอบที่ได้ถูกต้อง</p>	<p>ได้ 4 คะแนน</p> <p>เนื่องจากการนำเสนอความคิดเป็นระบบ มีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง แต่ขาดรายละเอียดในการแสดงการใช้สมบัติของการเท่ากันในการแก้สมการ</p>

ตาราง 3 (ต่อ)

ตัวอย่างคำตอบที่	ระดับคะแนน	
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ทักษะการสื่อสารด้านการเขียน
<p>3. วินัยได้รับบริจาคสมุดจำนวน 110 เล่ม</p> <p><u>วิธีทำ</u> โจทย์ให้หาจำนวนสมุดที่วินัยได้รับบริจาค สมมติให้ วินัยได้รับบริจาคสมุดมาจำนวน x เล่ม จำนวนสมุดเดิมที่วินัยมี 6 โหล</p> <p>คิดเป็นสมุด $6 \times 12 = 72$ เล่ม</p> <p>ดังนั้น วินัยมีสมุดทั้งหมด $x + 72$ เล่ม</p> <p>แจกให้เด็ก 64 คน เด็กได้รับสมุดคนละ 3 เล่ม</p> <p>เขียนเป็นสมการได้ ดังนี้ $\frac{x+72}{64} = 3$</p> <p>นำ 64 คูณจำนวนทั้งสองข้างของสมการ จะได้</p> $\frac{x+72}{64} \times 64 = 3 \times 64$ $x + 72 = 192$ <p>นำ 72 มาลบจำนวนทั้งสองข้างของสมการ จะได้</p> $x + 72 - 72 = 192 - 72$ $x = 110$ <p>ดังนั้น วินัยได้รับบริจาคสมุดมาจำนวน 110 เล่ม</p>	<p>ได้ 3 คะแนน</p> <p>เนื่องจากการแสดงวิธีทำอยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง ชัดเจน แต่คำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง ขาดความรอบคอบ</p>	<p>ได้ 3 คะแนน</p> <p>เนื่องจากการนำเสนอเป็นลำดับขั้นตอนถูกต้อง ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ แต่ขาดรายละเอียดในการตรวจสอบคำตอบของสมการ</p>
<p>4.วินัยได้รับบริจาคสมุด 110 เล่ม</p> <p><u>วิธีทำ</u> ให้วินัยได้รับบริจาคสมุดจำนวน x เล่ม สมุดทั้งหมดที่วินัยมี เท่ากับ $x+72$ เล่ม</p> <p>นำสมุดไปแจกเด็ก 64 คน จะได้สมการ</p> $\frac{x+72}{64} = 3$ $72 + x = 182$ $x = 110$	<p>ได้ 2 คะแนน</p> <p>เนื่องจากการแสดงวิธีทำอยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน และไม่ได้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง</p>	<p>ได้ 2 คะแนน</p> <p>เนื่องจากการนำเสนอมีความชัดเจนบางส่วน ใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย</p>

ตาราง 3 (ต่อ)

ตัวอย่างคำตอบที่	ระดับคะแนน	
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ทักษะการสื่อสารด้านการเขียน
5. ไม่ระบุคำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ วิธีทำ ให้วินัยได้รับบริจาคสมุดมาจำนวนหนึ่ง จำนวนสมุดที่วินัยมีทั้งหมด เท่ากับ จำนวนสมุดจำนวนหนึ่ง+ จำนวนสมุด 6 โหล	ได้ 1 คะแนน เนื่องจากแสดงวิธี ทำเล็กน้อยและมี แนวทางที่จะ นำไปสู่คำตอบ	ได้ 1 คะแนน เนื่องจากมีความ พยายามในการ นำเสนอ แต่ใช้ ภาษาและ สัญลักษณ์ทาง คณิตศาสตร์ไม่ ถูกต้อง
6. ไม่มีร่องรอยการแสดงวิธีหาคำตอบ	ได้ 0 คะแนน เนื่องจากไม่แสดง วิธีทำ	ได้ 0 คะแนน ไม่มีร่องรอยในการ นำเสนอใดๆ

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
ผู้วิจัยสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดย
ปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนของกรมวิชาการ (2546: 121) ที่พิจารณาจากการแสดงวิธีการในการ
หาคำตอบและความถูกต้องของคำตอบ โดยกำหนดเป็นเกณฑ์การให้คะแนน ดังตาราง 4

ตาราง 4 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คะแนน	ผลการทำข้อสอบที่ปรากฏให้เห็น
5	การแสดงวิธีทำอยู่ในแนวทางที่ถูกต้องชัดเจน สมบูรณ์และได้คำตอบที่ถูกต้องครบถ้วน
4	การแสดงวิธีทำอยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจนนัก และได้คำตอบที่ถูกต้อง
3	การแสดงวิธีทำอยู่ในแนวทางที่ถูกต้องชัดเจน แต่ได้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง ขาดการตรวจสอบ
2	การแสดงวิธีทำอยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน และได้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง
1	มีการแสดงวิธีทำเล็กน้อยแต่มีแนวทางที่จะนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง หรือไม่แสดงวิธีทำแต่ได้คำตอบที่ถูกต้อง
0	ไม่แสดงวิธีทำ หรือ แสดงวิธีทำแต่อยู่ในแนวทางที่ไม่ถูกต้อง

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน

ผู้วิจัยสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยนำเกณฑ์การประเมินคณิตศาสตร์โดยการสื่อสารแนวคิด ของ เคนเนดี; และ ทิปส์ (Kennedy and Tipps. 1994: 112 ; citing Vermont Department Education. n.d.: 14-15) ซึ่งจำแนกออกเป็น 3 ด้าน คือ ภาษาคณิตศาสตร์ การใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอแนวคิด มาประยุกต์ใช้เป็นเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังตาราง 5

ตาราง 5 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน

คะแนน	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
5	การนำเสนอความคิดชัดเจนเป็นระบบ กระชับ มีรายละเอียดสมบูรณ์ ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง
4	การนำเสนอความคิดเป็นระบบ ชัดเจน แต่ขาดรายละเอียดบางส่วน ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง
3	การนำเสนอเป็นลำดับขั้นตอนถูกต้อง แต่ขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์ ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์
2	การนำเสนอมีความชัดเจนบางส่วน ใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย ๆ
1	มีความพยายามในการนำเสนอ แต่ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง
0	ไม่มีร่องรอยในการนำเสนอใดๆ

เกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน

ผู้วิจัยได้สร้างเกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนนเป็น 5 ระดับ ซึ่งปรับปรุงมาจากเกณฑ์การตัดสินผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของสำนักนิเทศและพัฒนามาตรฐานการศึกษา (2545: 126) โดยนำคะแนนจากแบบทดสอบทั้งหมด จำนวน 6 ข้อ 30 คะแนน มาเทียบเป็นค่าร้อยละ ซึ่งมีเกณฑ์ในการแปลความหมายรวมทั้งฉบับ ดังตาราง 6

ตาราง 6 เกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน

คะแนนร้อยละ	คะแนนที่ได้	การแปลความหมาย
80-100	24-30	นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก
70-79	21-23	นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี
60-69	18-20	นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง
50-59	15-17	นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้
ต่ำกว่า 50	ต่ำกว่า 15	นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต้องปรับปรุง

3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบ ทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีลักษณะเป็นโจทย์ปัญหา สถานการณ์ บทความ เรื่องราวต่างๆ รวมจำนวน 40 ข้อ ซึ่งมีคำถามครอบคลุมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้ง 5 ด้าน ดังนี้

ด้านการจำแนก	8	ข้อ
ด้านการจัดหมวดหมู่	8	ข้อ
ด้านการเชื่อมโยง	8	ข้อ
ด้านการสรุป	8	ข้อ
ด้านการประยุกต์	8	ข้อ

โดยมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

3.1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยแบ่งเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการจำแนก ด้านการจัดหมวดหมู่ ด้านการเชื่อมโยง ด้านการสรุป และด้านการประยุกต์

3.2 ศึกษาทฤษฎี นิยาม เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในด้านการคิดวิเคราะห์

3.3 เขียนนิยามเชิงปฏิบัติการจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องซึ่งผู้วิจัยได้นำมาเขียนนิยามตามคุณลักษณะที่ต้องการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

3.4 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ แบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือกจำนวน 1 ฉบับ ตามที่นิยามไว้มีลักษณะเป็นโจทย์ปัญหา สถานการณ์ บทความ เรื่องราว ต่างๆ ซึ่งมีคำถามครอบคลุมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้ง 5 ด้านรวมจำนวน 60 ข้อ

3.5 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อประธานกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อพิจารณาแล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

3.6 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา แล้วนำแบบทดสอบไปคำนวณหาค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบรายข้อ (IOC) คัดเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปมาเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งได้แบบทดสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67-1 จำนวน 51 ข้อ

3.7 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้ง 51 ข้อไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสว่างอารมณ์ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ผ่านการเรียน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวมาแล้ว จำนวน 50 คน จากนั้นตรวจให้คะแนนโดยให้ 1 คะแนน สำหรับข้อสอบที่ตอบถูก และให้ 0 คะแนน สำหรับข้อสอบที่ตอบผิด ไม่ตอบหรือตอบเกิน 1 ตัวเลือก นำผลการตอบแบบทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Test Analysis Program (TAP) แล้วคัดเลือกข้อที่มีความยาก (p) ระหว่าง .20 - .80 และค่าอำนาจจำแนก (r) .20 ขึ้นไป จำนวน 40 ข้อที่ครอบคลุมความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ทั้ง 5 ด้าน เป็นข้อสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งได้ค่าความยาก (p) ระหว่าง .38 - .68 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง .30 - .74

3.8 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกแล้วจำนวน 40 ข้อ ไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสว่างอารมณ์ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ผ่านการเรียน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวมาแล้ว จำนวน 50 คน เพื่อวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ตามสูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson KR-20) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2540: 183-184) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป TAP (Test Analysis Program) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.88

3.9 นำมาแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์มาจัดพิมพ์ เพื่อนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

3.10 ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

คำชี้แจง แบบทดสอบฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย X ในข้อที่คิดว่าถูกที่สุด

1. จากสมการที่กำหนดให้ต่อไปนี้ คำตอบของสมการในข้อใดแตกต่างจากข้ออื่น (การจำแนก)

ก. $2m+1 = -9$

ข. $7-k = 2$

ค. $\frac{-30}{c} = 6$

ง. $\frac{4}{5}p+3 = -1$

ตอบ ข้อ ข. (เพราะมีคำตอบของสมการเป็น 5 ซึ่งแตกต่างจากข้ออื่นๆ)

2. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

ข้อความ 1: เศษสองส่วนสามของจำนวนจำนวนหนึ่งมีค่าเท่ากับสิบหก

ข้อความ 2 : เศษสองส่วนสามของจำนวนจำนวนหนึ่งมากกว่าสิบสองอยู่สี่

ข้อความ 3 : เศษสองส่วนสามของส่วนที่จำนวนจำนวนหนึ่งมากกว่าสิบสองเท่ากับสี่

ถ้า ให้ x แทนจำนวนจำนวนหนึ่ง แล้วค่าของ x ในข้อความใดที่มีค่าเท่ากัน

(การจัดหมวดหมู่)

ก. ข้อความ 1 และ 2

ข. ข้อความ 1 และ 3

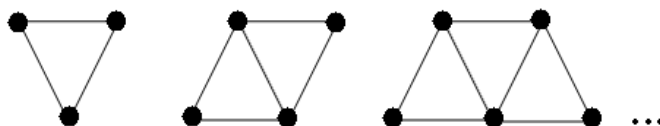
ค. ข้อความ 2 และ 3

ง. ข้อความ 1, 2 และ 3

ตอบ ข้อ ข. (เพราะค่าของ x คือ 24 เหมือนกัน)

ภาพด้านล่างใช้ตอบคำถามข้อ 3-4

“ไม้ขีดไฟ”



แบบรูปที่กำหนดให้เป็นการนำก้อนไม้ขีดไฟมาเรียงต่อกันให้เป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีด้าน 1 ด้านร่วมกัน

3. ถ้าให้ n เป็นจำนวนรูปสามเหลี่ยมและ m เป็นจำนวนก้อนไม้ขีดไฟ สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูปสามเหลี่ยมและจำนวนก้อนไม้ขีดไฟได้ตรงกับข้อใด (การเชื่อมโยง)

ก. $m = 3n-1$

ข. $n = 3m-1$

ค. $m = 2n+1$

ง. $n = 2m+1$

ตอบ ข้อ ค. (จำนวนก้อนไม้ขีดไฟจะเท่ากับสองเท่าของจำนวนรูปสามเหลี่ยมบวกด้วยหนึ่ง)

4. หนูยิ้มและหนูแก้วต้องการสร้างรูปสามเหลี่ยมตามเงื่อนไขข้างต้น โดยหนูยิ้มสร้างรูปสามเหลี่ยมจากก้อนไม้ขีดไฟที่มีอยู่และนับรูปสามเหลี่ยมที่สร้างได้ทั้งหมด 25 รูป และเหลือก้อนไม้ขีดไฟอีก 1 ก้อน ถ้าหนูยิ้มและหนูแก้วมีก้อนไม้ขีดไฟรวมกันทั้งหมด 100 ก้อน อยากทราบว่าหนูแก้วจะสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมได้อย่างมากที่สุดกี่รูปและเหลือก้อนไม้ขีดไฟจำนวนกี่ก้อน (การสรุป)

ก. อย่างมากที่สุด 25 รูป และเหลือก้อนไม้ขีดไฟจำนวน 1 ก้อน

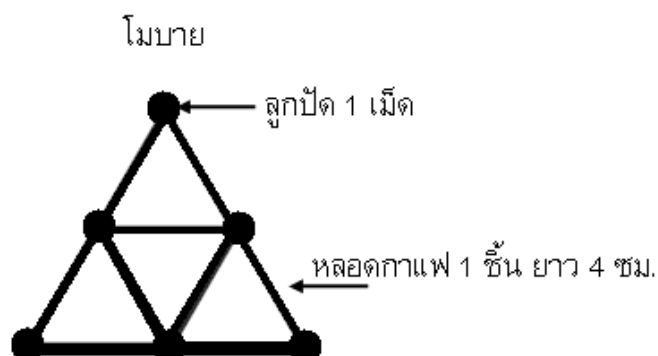
ข. อย่างมากที่สุด 25 รูป และเหลือก้อนไม้ขีดไฟจำนวน 2 ก้อน

ค. อย่างมากที่สุด 23 รูป และเหลือก้อนไม้ขีดไฟจำนวน 1 ก้อน

ง. อย่างมากที่สุด 23 รูป และเหลือก้อนไม้ขีดไฟจำนวน 2 ก้อน

ตอบ ข้อ ค. (จำนวนก้อนไม้ขีดไฟของหนูยิ้มเท่ากับ $[2(25)+1]+1=52$ ก้อน ดังนั้นจำนวนก้อนไม้ขีดไฟของหนูแก้วเท่ากับ $100-52 = 48$ ก้อน ซึ่งสร้างรูปสามเหลี่ยมได้อย่างมากที่สุด 23 รูป $(2(23)+1=47)$ และเหลือก้อนไม้ขีดไฟจำนวน 1 ก้อน)

5. ป้าแจ่มต้องการประดิษฐ์โมบายเพื่อนำไปติดไว้หน้าประตูบ้าน โดยเลือกใช้วัสดุเป็นหลอดกาแฟและลูกปัดสีสนต่าง ๆ นำมาร้อยเรียงต่อกันเป็นโมบายรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งมีลักษณะดังภาพ



ถ้าหลอดกาแฟชั้นเล็ก ๆ 1 ชั้นยาวประมาณ 4 ซม. และป้าแจ่มต้องการโมบายที่มีฐานยาวประมาณ 20 ซม. อยากทราบว่าป้าแจ่มจะต้องตัดหลอดกาแฟเป็นชั้นเล็ก ๆ อย่างน้อยที่สุดกี่ชั้นและจะต้องใช้ลูกปัดจำนวนกี่เม็ดจึงจะเพียงพอในการทำโมบายในครั้งนี้ (การประยุกต์)

- ก. ตัดหลอดกาแฟอย่างน้อย 30 ชั้น และใช้ลูกปัดจำนวน 10 เม็ด
- ข. ตัดหลอดกาแฟอย่างน้อย 30 ชั้น และใช้ลูกปัดจำนวน 15 เม็ด
- ค. ตัดหลอดกาแฟอย่างน้อย 45 ชั้น และใช้ลูกปัดจำนวน 21 เม็ด
- ง. ตัดหลอดกาแฟอย่างน้อย 45 ชั้น และใช้ลูกปัดจำนวน 28 เม็ด

ตอบ ข้อ ค. (เพราะว่าจากความสัมพันธ์ของจำนวนหลอดกาแฟและจำนวนลูกปัดนำมาเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ลำดับที่	1	2	3	4	...
จำนวนหลอดกาแฟ	3	9	18	30	...
จำนวนลูกปัด	3	6	10	15	...

เกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

เกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนข้อละ 1 คะแนน และถ้าตอบคำถามผิดหรือตอบมากกว่า 1 คำตอบ หรือเว้นว่างไว้ในข้อนั้นๆ ให้ 0 คะแนน

เกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ผู้วิจัยได้สร้างเกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนนเป็น 5 ระดับ ซึ่งปรับปรุงมาจากเกณฑ์การตัดสินผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของสำนักนิตเทศและพัฒนามาตรฐานการศึกษา (2545: 126) โดยนำคะแนนจากแบบทดสอบทั้งหมด จำนวน 40 ข้อ 40 คะแนน มาเทียบเป็นค่าร้อยละ ซึ่งมีเกณฑ์ในการแปลความหมายรวมทั้งฉบับ ดังตาราง 7

ตาราง 7 เกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์

คะแนนร้อยละ	คะแนนที่ได้	การแปลความหมาย
80-100	32-40	นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่อยู่ในระดับดีมาก
70-79	28-31	นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่อยู่ในระดับดี
60-69	24-27	นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่อยู่ในระดับปานกลาง
50-59	20-23	นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่อยู่ในระดับพอใช้
ต่ำกว่า 50	0-19	นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่อยู่ในระดับต้องปรับปรุง

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบกลุ่มเดียว คือ เลือกกลุ่มตัวอย่างมา 1 กลุ่ม ทำการทดสอบก่อนทำการทดลอง แล้วหาค่าเฉลี่ย จากนั้นจึงดำเนินการทดลอง หลังการทดลองทำการทดสอบอีกครั้งและหาค่าคะแนนเฉลี่ย จากนั้นนำมาทดสอบสมมติฐานหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยค่าสถิติ t-test ซึ่งใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One-Group Pretest-Posttest Design (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2538: 248-249) มีลักษณะดังตาราง 8

ตาราง 8 แบบแผนการทดลอง

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	T ₁	X	T ₂

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E แทน	กลุ่มทดลอง
X แทน	การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถาม หมวกความคิดหกใบ
T ₁ แทน	การสอบก่อนการทดลอง (Pre-test)
T ₂ แทน	การสอบหลังการทดลอง (Post-test)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 ตามขั้นตอน ดังนี้

1. ขอความร่วมมือกับโรงเรียนวัดสว่างอารมณ์ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ทำการทดลองสอนซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการทดลองสอนด้วยตนเอง ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2. ชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างทราบถึงการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว เพื่อให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติตนถูกต้อง

3. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และแบบทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบ มาทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ใช้เวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบมาทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ใช้เวลาอีก 1 ชั่วโมง บันทึกคะแนนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับจากการทดสอบครั้งนี้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน (Pre-test)

4. ดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น โดยใช้เวลาสอน 15 ชั่วโมง

5. เมื่อดำเนินการสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้เรียบร้อยแล้ว ทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกับที่ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ใช้เวลา 1 ชั่วโมง และวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้เวลาอีก 1 ชั่วโมง จากนั้นบันทึกผลการทดสอบให้เป็นคะแนนหลังเรียน (Post-test)

6. ตรวจสอบให้คะแนนแบบทดสอบ แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

4. การจัดทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ จะใช้สถิติการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2538: 73)

สูตร	$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$
เมื่อ	\bar{X} แทน คะแนนเฉลี่ย
	$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 ความแปรปรวน คำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2538: 73)

สูตร	$s = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$
เมื่อ	s แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
	$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
	n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

2.1.1 คำนวณค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับนิยามความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 248-249)

สูตร	$IOC = \frac{\sum R}{N}$
เมื่อ	IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.1.2 หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Test Analysis Program (TAP)

2.1.3 หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ จากโปรแกรมสำเร็จรูป Test Analysis Program (TAP) ตามสูตร KR 20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson KR-20) (ลั้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 215) ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{s^2} \right\}$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	k	แทน	จำนวนข้อสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของคนที่ทำข้อนั้นถูก
	q	แทน	สัดส่วนของคนที่ทำข้อนั้นผิด ($1 - p$)
	s^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนของแบบทดสอบ

2.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

2.2.1 วิเคราะห์หาค่าความยาก (P_E) และ ค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบแบบเขียนตอบ โดยใช้โปรแกรม B-Index & Non 0-1 method ตามสูตรของวิทนีเย่และซาเบอร์ส (Whitney and Sabers) (ลั้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 199-201) ดังนี้

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

เมื่อ	P_E	แทน	ค่าดัชนีความยาก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มอ่อน
	X_{\max}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	X_{\min}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

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

เมื่อ	D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มอ่อน
	X_{\max}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	X_{\min}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.2.2 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบเขียนตอบ โดยใช้การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ตามสูตรของครอนบัค (Cronbach) (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 218) จากโปรแกรม B-Index & Non 0-1 method ดังนี้

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

เมื่อ	α	แทน	สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น
	k	แทน	จำนวนข้อสอบ
	s_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนเป็นรายข้อ
	s^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนของข้อสอบทั้งฉบับ

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

เมื่อ	s_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนเป็นรายข้อ
	$\sum X_i$	แทน	ผลทั้งหมดของคะแนนในข้อที่ i
	$\sum X_i^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสองในข้อที่ i
	N	แทน	จำนวนคนเข้าสอบ

2.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

2.3.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดหวกไป โดยใช้สูตร t-test for dependent samples (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2550: 179)

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

เมื่อ	t	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณาใน t - Distribution
	$\sum D$	แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนและหลังการทดลอง
	$\sum D^2$	แทน	ผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่าง
	n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

2.3.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดหวกไปกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70) โดยใช้สูตร t-test for one sample (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2550: 134)

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

เมื่อ	t	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณาใน t-Distribution
	\bar{X}	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	μ_0	แทน	ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์
	s	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
	n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมาย ผู้วิจัยใช้สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน
K	แทน	จำนวนคะแนนเต็ม
μ_0	แทน	ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์ (ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม)
s	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
t	แทน	ค่าสถิติของการแจกแจงแบบ t-Distribution
df	แทน	ระดับชั้นแห่งความเป็นอิสระ (Degrees of freedom)
**	แทน	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยมีลำดับขั้นตอนการนำเสนอ ดังนี้

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดหวกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดหวกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับ เกณฑ์ (ร้อยละ 70)
2. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดหวกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
3. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดหวกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับ เกณฑ์ (ร้อยละ 70)

4. เปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดทบทวน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

5. เปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดทบทวน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับ เกณฑ์ (ร้อยละ 70)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองแบบ One-Group Pre-test Post-test Design ข้อมูลที่ได้สามารถแสดงค่าสถิติ โดยจำแนกตามตัวแปรที่ศึกษา ได้ดังนี้

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดทบทวน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้สถิติ t-test for dependent samples ปรากฏผลดังตาราง 9

ตาราง 9 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดทบทวน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

การทดสอบ	N	K	\bar{X}	s	t
ก่อนการทดลอง	42	30	12.60	3.16	25.16**
หลังการทดลอง	42	30	22.79	3.52	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 9 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดทบทวน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดทบทวนทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดทบทวน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับ เกณฑ์ (ร้อยละ 70) โดยใช้สถิติ t-test for one sample ปรากฏผล ดังตาราง 10

ตาราง 10 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับเกณฑ์ (ร้อยละ 70)

การทดสอบ	N	K	\bar{X}	\bar{X} (%)	s	μ_0 (70%)	t
หลังการทดลอง	42	30	22.79	75.97	3.52	21	3.30**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 10 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ย 22.79 คิดเป็นร้อยละ 75.97

ตาราง 11 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

คะแนนร้อยละ	คะแนนที่ได้	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ
80-100	24-30	ดีมาก	21	50
70-79	21-23	ดี	8	19.05
60-69	18-20	ปานกลาง	8	19.05
50-59	15-17	พอใช้	5	11.90
ต่ำกว่า 50	ต่ำกว่า 15	ต้องปรับปรุง	0	0

จากตาราง 11 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ระดับดี จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 19.05 ระดับปานกลาง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 19.05 และในระดับพอใช้ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 11.90

3. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้สถิติ t-test for dependent samples ปรากฏผล ดังตาราง 12

ตาราง 12 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

การทดสอบ	N	K	\bar{X}	s	t
ก่อนการทดลอง	42	40	14.98	5.08	36.52**
หลังการทดลอง	42	40	29.45	3.72	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 12 พบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบทำให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงขึ้น

4. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับ เกณฑ์ (ร้อยละ 70) โดยใช้สถิติ t-test for one sample ปรากฏผล ดังตาราง 13

ตาราง 13 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับ เกณฑ์ (ร้อยละ 70)

การทดสอบ	N	K	\bar{X}	\bar{X} (%)	s	μ_0 (70%)	t
หลังการทดลอง	42	40	29.45	73.63	3.72	28	2.53**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 13 พบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์เฉลี่ย 29.45 คิดเป็นร้อยละ 73.63

ตาราง 14 ระดับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

คะแนนร้อยละ	คะแนนที่ได้	ระดับความสามารถในการคิดวิเคราะห์	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ
80-100	32-40	ดีมาก	11	26.19
70-79	28-31	ดี	20	47.62
60-69	24-27	ปานกลาง	8	19.05
50-59	20-23	พอใช้	3	7.14
ต่ำกว่า 50	0-19	ต้องปรับปรุง	0	0

จากตาราง 14 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 26.19 ระดับดี จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 47.62 ระดับปานกลาง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 19.05 และในระดับพอใช้ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 7.14

5. เปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้สถิติ t-test for dependent samples ปรากฏผล ดังตาราง 15

ตาราง 15 ผลการเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

การทดสอบ	N	K	\bar{X}	s	t
ก่อนการทดลอง	42	30	11.43	2.84	39.53**
หลังการทดลอง	42	30	22.14	3.03	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 15 พบว่า ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สูงกว่าก่อนได้รับการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ ทำให้นักเรียนมีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น

6. เปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับเกณฑ์ (ร้อยละ 70) โดยใช้สถิติ t-test for one sample ปรากฏผล ดังตาราง 16

ตาราง 16 ผลการเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับเกณฑ์ (ร้อยละ 70)

การทดสอบ	N	K	\bar{X}	\bar{X} (%)	s	μ_0 (70%)	t
หลังการทดลอง	42	30	22.14	73.80	3.03	21	2.44**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 16 พบว่า ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เฉลี่ย 22.14 คิดเป็นร้อยละ 73.80

ตาราง 17 ระดับทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

คะแนนร้อยละ	คะแนนที่ได้	ระดับทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ
80-100	24-30	ดีมาก	17	40.48
70-79	21-23	ดี	10	23.81
60-69	18-20	ปานกลาง	13	30.95
50-59	15-17	พอใช้	12	4.76
ต่ำกว่า 50	0-19	ต้องปรับปรุง	0	0

จากตาราง 17 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว มีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 40.48 ระดับดี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 23.81 ระดับปานกลาง จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 30.95 และในระดับพอใช้ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 4.76

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งสรุปสาระสำคัญและผลการศึกษาได้ ดังนี้

ความมุ่งหมายในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายของการวิจัยไว้ ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบกับเกณฑ์
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบกับเกณฑ์
5. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ
6. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบกับเกณฑ์

สมมติฐานในการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
3. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้
4. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
5. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

6. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดสว่างอารมณ์ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 94 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดสว่างอารมณ์ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 42 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) นักเรียนแต่ละห้องจัดแบบความสะดวก

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ช่วงชั้นที่ 3) ภาคเรียนที่ 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ซึ่งแบ่งเนื้อหาออกเป็น

- | | |
|--|-----------------|
| 1. แบบรูปและความสัมพันธ์ | จำนวน 3 ชั่วโมง |
| 2. คำตอบของสมการ | จำนวน 1 ชั่วโมง |
| 3. สมบัติของการเท่ากัน | จำนวน 1 ชั่วโมง |
| 4. การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว | จำนวน 5 ชั่วโมง |
| 5. โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว | จำนวน 5 ชั่วโมง |

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 ใช้เวลาการดำเนินการทดลอง 19 ชั่วโมง โดยดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน 15 ชั่วโมง ทำการทดสอบก่อนเรียน 2 ชั่วโมงและทำการทดสอบหลังเรียน 2 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยดำเนินการทดลองสอนด้วยตนเอง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวและแบบทดสอบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบ จำนวน 6 ข้อ

3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ใช้ค่าสถิติ t-test for dependent samples เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ

2. ใช้ค่าสถิติ t-test for one sample เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบกับเกณฑ์ (ร้อยละ 70)

สรุปผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 75.97

3. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์เฉลี่ยร้อยละ 73.63

5. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

6. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 73.80

อภิปรายผล

ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดทบทวน สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุ ดังนี้

1.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่สัมพันธ์กัน ซึ่งแต่ละขั้นตอนของการสอนที่ต่อเนื่องกันทำให้นักเรียนคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลและสามารถที่จะค้นพบข้อสรุปได้ด้วยตนเอง เกิดความคงทนในการเรียนรู้เรื่องนั้นๆ ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ ภพ เลหาไพบูลย์ (2537: 126) ที่ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนนักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีสืบสวนสอบสวนด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ดี กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย และสอดคล้องกับคำกล่าวของบลูม (Bloom. 1976: 4) ที่ว่า วิธีการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการค้นพบด้วยตนเองนั้น เป็นวิธีการเรียนการสอนที่ได้ผลดีกว่าการอภิปราย สาธิต แสดงกฎหรือสูตรและวิธีอื่นๆ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ กชกร รุ่งหัวไผ่ (2547: 118) ซึ่งทำการวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่มีต่อความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.2 การใช้คำถามเป็นสื่อกลางในการสอนจะช่วยเน้นและทบทวนประเด็นสำคัญของสาระการเรียนรู้ต่างๆ และช่วยประเมินผลการเรียนการสอน ให้เข้าใจความสนใจที่แท้จริงของนักเรียนและวินิจฉัยจุดแข็งจุดอ่อนของนักเรียนได้ สอดคล้องกับคำกล่าวของ ฮัดกินส์ (Hudgins. 1977: 73) ที่ว่า คำถามสามารถทำให้นักเรียนมุ่งความสนใจไปยังเนื้อหาที่ต้องการสอนหรือเป็นวิธีการขยายความรู้จากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งของบทเรียน คำถามยังสามารถช่วยนักเรียนได้ทบทวนความรู้และท้าทายให้นักเรียนคิด และสามารถใช้อคำถามเพื่อบรรลุจุดประสงค์ในการเรียนการสอนได้หลายอย่าง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ปรุณ อินทมาตร์ (2541: 81) ซึ่งทำการวิจัยเรื่อง ผลของการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้และการวิเคราะห์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดทบทวน ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 75.97 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเนื้อหาเรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างหลากหลาย ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนทำให้ผู้เรียนไม่เกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน สอดคล้องกับกฎแห่งความพอใจ (Law of Effect) ของธอร์นไคค์ (Thorndike) ที่ว่า กิจกรรมการเรียนรู้จะมีผลดีถ้าหากผู้เรียนได้รับความพอใจ และจะเรียนได้ผลน้อยถ้าไม่ได้รับความพอใจ

3. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุ ดังนี้

3.1 การคิดเป็นสิ่งที่เรียนรู้และพัฒนาได้ การคิดจึงสอนได้ (Schiever. 1991: 138) ทั้งนี้ กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิด เพราะการแก้ปัญหาในแต่ละสถานการณ์ที่นักเรียนไม่คุ้นเคยมาก่อนนักเรียนจะไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันที แต่นักเรียนจะต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์หรือศาสตร์อื่นๆ มาบูรณาการร่วมกันประกอบกับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และการตัดสินใจช่วยในการหาคำตอบ ในการทดลองครั้งนี้การดำเนินการสอนแต่ละชั่วโมงนั้นจะเน้นให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมกลุ่ม ซึ่งเมื่อนักเรียนระดมสมองแล้วจะทำให้ได้ความคิดที่หลากหลายมาใช้ในการแก้ปัญหา มีการคิดวิพากษ์วิจารณ์ความคิดของทั้งตนเองและผู้อื่น เพื่อให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

3.2 การใช้คำถามหมวกความคิดหกใบในกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการช่วยให้ผู้เรียนเกิดปัญหาตลอดเวลา เป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้คิดในหลายแง่มุมอย่างต่อเนื่องและไม่สับสนสอดคล้องกับคำกล่าวของ สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา (2550:1) ที่ว่า ลักษณะเด่นของการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ คือ ผู้เรียนสามารถค้นหาคำตอบจากเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้อย่างรอบด้าน และได้แสดงบทบาทการคิดในทุกแง่มุมตามสีหมวก ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยเพิ่มพูนทักษะการคิดของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังสอดคล้องกับคำกล่าว แมคอาเลีย (McAleer. 2007: 11) ที่ว่า หมวกความคิดหกใบสามารถนำไปใช้สอนเพื่อฝึกทักษะการคิดของนักเรียนได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ อนุพร พวงมาลี (2549: 60) ซึ่งทำการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบความสามารถการคิดวิเคราะห์และเจตคติต่อกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้คำถามตามแนวคิดแบบหมวกหกใบของ เอ็ดเวิร์ด เดอ โบโน กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยความสามารถการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.3 การให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดและการบ้านมีส่วนช่วยให้นักเรียนได้อธิบายกระบวนการคิดแก้ปัญหาของเขาเอง สอดคล้องกับคำกล่าวของ เสียม โตรัตน์ (2546: 29) ที่ว่าการให้การบ้านมีโอกาสมากมายที่จะเสริมสร้างการคิดวิเคราะห์ ซึ่งการให้นักเรียนเขียนเป็นสิ่งที่ดีเยี่ยมและง่ายที่สุดในการเพิ่มพูนการคิดวิเคราะห์ และยังสอดคล้องกับคำกล่าวของ บุญชู ชลัษเฐียร (2539: 27-28) ที่ว่า ทักษะการคิดวิเคราะห์สามารถพัฒนาได้ด้วยการฝึกฝนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อสามารถจำแนก จัดหมวดหมู่ สรุป ประยุกต์และคาดการณ์ให้ดีขึ้นได้

4. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์เฉลี่ยร้อยละ 73.63 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้มีลักษณะเปิดโอกาสทางความคิดให้กับนักเรียน ให้เวลานักเรียนได้คิดวิเคราะห์จากการตอบคำถาม ได้ลงมือปฏิบัติจริง มีการใช้สื่ออุปกรณ์ในการเรียนการสอน บรรยากาศใน

ห้องเรียนเป็นกันเอง ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ มีกระตือรือร้นในการเรียนรู้ สนุกกับการทำกิจกรรมและให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี ทุกคนกล้าแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นเป็นซึ่งกันและกัน สอดคล้องกับคำกล่าวของ มนตรี แย้มกสิกร (2546: 18) ที่ว่า การเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดจะเป็นการเรียน การคิด และเนื้อหาไปพร้อมกัน ซึ่งเป็นยุทธศาสตร์การพัฒนาการคิดที่มีประสิทธิภาพและจำต้องสนับสนุนให้ผู้เรียนได้มีโอกาสคิดโดยปราศจากการชี้นำจากผู้สอนหรือบุคคลอื่น เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสพัฒนาและจัดระเบียบความคิดของตนเองและรู้จักควบคุมรับผิดชอบในกิจกรรมการคิด

5. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุดังนี้

5.1 การใช้คำถามกับนักเรียนจะกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและแสดงการตอบสนองออกมา อาจจะแสดงแนวคิดของตนเองในรูปของการพูด หรือการเขียน เพื่อใช้ขยายความรู้ทางคณิตศาสตร์ของตนเองให้กับครูและเพื่อนๆ เข้าใจ ซึ่งเป็นการส่งเสริมการสื่อสารโดยตรง ประกอบกับการให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มโดยครูนำสื่อการสอนที่หลากหลายมาใช้ในการเรียนการสอน เช่น เกม ใบงาน แบบฝึก ก็จะทำให้ผู้เรียนได้สื่อสารและอภิปรายแนวความคิดซึ่งกันและกัน โดยใช้ทักษะการสื่อสาร เพื่อถ่ายทอดเรื่องราวต่างๆ ที่เป็นข้อเท็จจริง ข้อคิดเห็น หรือความรู้สึกผ่านการฟัง การพูด การอ่านและการเขียน เป็นการฝึกให้ผู้เรียนใช้ทักษะการสื่อสารอยู่ตลอดเวลา สอดคล้องกับแนวคิดของ มัมมี; และ เชฟเพอร์ด (Mumme; & Shepherd. 1993: 7-9) ที่กล่าวไว้ว่า การอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของนักเรียนสามารถพัฒนาภาษาคณิตศาสตร์และความเข้าใจในกฎและนิยามต่างๆ มากขึ้น และยังสอดคล้องกับแนวความคิดของมอร์แกน (Morgan. 1999: 129) ที่ว่า ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ภาษา คำศัพท์ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการแสดงความคิดเห็นของตนเองเพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจและใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารได้อย่างถูกต้อง

5.2 กิจกรรมที่จัดให้นักเรียนได้เผชิญส่วนใหญ่ผู้วิจัยจะใช้สื่อที่เป็นรูปธรรม โดยใช้เนื้อหา เรื่องราวหรือปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน สอดคล้องกับคำกล่าวของ เจนสมุทรร แสงพันธ์ (2548: 9) ที่ว่า การพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ครูผู้สอนควรเริ่มต้นด้วยการใช้ภาษาในชีวิตประจำวัน หรือภาษาที่คุ้นเคย หลังจากนั้นค่อยเชื่อมโยงไปสู่ภาษาทางคณิตศาสตร์ และสอดคล้องกับคำกล่าวของ สสวท. (2544: 198) ที่ว่า การพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ควรกำหนดโจทย์ปัญหาที่น่าสนใจและเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน รวมถึงให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและแสดงความคิดเห็นด้วยตนเอง โดยผู้สอนทำหน้าที่คอยชี้แนะแนวทางในการสื่อสาร

6. ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 73.80 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการ

ฝึกฝนทักษะการเขียนของผู้เรียน โดยฝึกให้ผู้เรียนได้เขียนสื่อสารแนวคิดของตนเองจากการทำแบบฝึกหัดอย่างสม่ำเสมอ และครูตรวจสอบความถูกต้องพร้อมกับให้ข้อมูลย้อนกลับกับนักเรียนโดยทันที จะทำให้นักเรียนเรียนรู้ข้อดีและข้อบกพร่องของตนเอง และเมื่อเกิดการฝึกฝนบ่อยๆ นักเรียนก็จะสามารถแก้ไขข้อบกพร่องของตนเองได้ การเขียนสื่อสารแนวคิดของนักเรียนก็จะถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น สอดคล้องกับกฎแห่งการฝึกหัด (Law of Exercise) ของธอร์นไคค์ (Thorndike) ที่ว่าการฝึกหัดหรือได้ทำบ่อยๆ ย่อมนำมาซึ่งความถูกต้องสมบูรณ์

ข้อสังเกตจากการวิจัย

จากการทดลองสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนถามความคิดทบทวน ผู้วิจัยได้พบข้อสังเกตบางประการจากการวิจัย ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. การใช้คำถามกับนักเรียน ท่าทางและน้ำเสียงของครูเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะจะทำให้บรรยากาศของการถามดียิ่งขึ้น มีความเป็นกันเองระหว่างครูและนักเรียน ทำให้นักเรียนกล้าคิดกล้าแสดงออกที่จะตอบคำถามนั้นๆ

2. ในกรณีที่คำถามมีหลายคำตอบหรือคิดได้หลายแนวทาง การให้นักเรียนตอบคำถามพร้อมกันทั้งชั้นจะก่อให้เกิดความสับสนในชั้นเรียน เพราะจะมีนักเรียนบางคนไม่สนใจคำถาม ไม่คิดและไม่ตอบคำถาม และครูไม่ควรกำหนดผู้ตอบคำถามก่อนถามคำถาม เพราะการกำหนดตัวผู้ตอบคำถามก่อนการถามจะทำให้นักเรียนคนอื่นไม่สนใจฟังคำถาม ไม่สนใจที่จะคิด

3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละชั่วโมงมีการใช้คำถามหวนถามสีแดงกับนักเรียนค่อนข้างน้อย เพราะกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งที่จะให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และค้นพบหลักการหรือกฎเกณฑ์ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะต้องใช้คำถามหวนถามสีอื่นมากกว่าการใช้คำถามหวนถามสีแดง

4. การให้ภาระงานในลักษณะแบบคู่ขนาน จะทำให้นักเรียนมีการตื่นตัวและมีความกระตือรือร้นมากยิ่งขึ้น และยังช่วยป้องกันการลอกกันของนักเรียนได้อีกด้วย

5. การตรวจแบบฝึกหัด/ตรวจการบ้านให้กับนักเรียนอย่างสม่ำเสมอ จะทราบถึงข้อบกพร่องของนักเรียนแต่ละคนและจะสามารถแก้ไขข้อบกพร่องของแต่ละคนได้อย่างถูกต้อง

6. การยอมให้นักเรียนปฏิบัติตามความคิดหรือแนวทางการแก้ปัญหาที่นักเรียนนำเสนอขึ้นมาแม้ว่าครูจะเห็นความผิดพลาดหรือความล้มเหลวก่อนนั้น นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ว่าทำไมถึงผิดพลาด และสามารถค้นพบวิธีการแก้ไขปัญหานั้นได้เองในเวลาต่อมา

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนและการศึกษาในครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ควรคำนึงและพิจารณาถึงความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เพื่อจะได้ทราบว่าเนื้อหาในเรื่องใดที่จะสามารถนำความรู้พื้นฐานของนักเรียนมาใช้ได้เลย หรือเนื้อหาเรื่องใดที่จะต้องกล่าวทบทวนก่อน

1.2 การใช้คำถามหมวกความคิดทหไปในการเรียนการสอนนั้น ผู้สอนควรศึกษาและฝึกการใช้คำถามหมวกความคิดทหไปเพื่อให้เกิดความชำนาญ

1.3 ช่วงเวลาของการฝึกหรือการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ถ้าใช้เวลามากเกินไปผู้เรียนอาจเกิดความเบื่อหน่ายได้

1.4 ระหว่างทำกิจกรรมในชั้นเรียน ครูจำเป็นต้องเอาใจใส่ในทุกรายละเอียดของสิ่งที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ต้องคอยสังเกตร่องรอยการคิด การขีดเขียนของนักเรียนอย่างถี่ถ้วน และควรมีการจดบันทึกการสอนอย่างสม่ำเสมอเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์พัฒนาการของนักเรียน

1.5 การเสริมแรงให้กับนักเรียนด้วยของรางวัลเล็กๆ น้อยๆ จะทำให้นักเรียนเรียนรู้ อย่างมีชีวิตชีวา

1.6 ครูต้องอดทนรอเวลาที่จะให้นักเรียนได้คิดหรือค้นพบข้อสรุปด้วยตนเอง เมื่อนักเรียนคิดไม่ออก การใช้คำถามของครูสามารถเป็นตัวช่วยให้นักเรียนได้

1.7 การทำกิจกรรมที่เป็นการแข่งขัน ครูต้องอย่าให้เด็กมีน้ำใจนักกีฬา รู้แพ้ รู้ชนะ รู้อภัย และการแข่งขันนั้นควรมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนได้สัมฤทธิ์ผล มากกว่าที่จะแข่งขันเพื่อความชนะ

1.8 เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม อาจส่งผลต่อการจำแนกเด็กกลุ่มปานกลาง และเด็กกลุ่มเก่งออกจากกัน เนื่องจากเด็กกลุ่มปานกลางจะเขียนอธิบายวิธีการแก้ปัญหาในทุกขั้นตอน ซึ่งต่างจากเด็กกลุ่มเก่งที่มุ่งแต่จะหาคำตอบของปัญหาเพียงอย่างเดียว ดังนั้นก่อนดำเนินการทดสอบครูควรชี้แจงและเน้นย้ำกับนักเรียนว่าการเขียนอธิบายวิธีการแก้ปัญหาเพื่อแสดงแนวคิดและวิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบนั้น ทุกส่วนมีผลต่อการให้คะแนน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการวิจัยเพื่อพัฒนาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดทหไป สำหรับเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่นๆ ในระดับชั้นมัธยมศึกษา เช่น ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน เป็นต้น

2.2 ควรมีการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดทหไป ว่าส่งผลต่อทักษะกระบวนการคิดต่างๆ เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2.3 ควรมีการนำคำถามหมวกความคิดทหไปไปใช้กับการเรียนการสอนในรูปแบบอื่นๆ เช่น การจัดการเรียนรู้แบบระดมสมอง การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ

2.4 ควรมีการพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้านการเขียน โดยใช้วิธีอื่น เช่น การจัดการเรียนรู้แบบจัดกรอบมโนทัศน์

2.5 ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ ส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรม

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กชกร รุ่งหัวไผ่. (2547). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่มีต่อความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ช่วงชั้นที่ 3). ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- กรมวิชาการ. (2542). การประเมินผลจากสภาพจริง (**Authentic Assessment**). กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและครุภัณฑ์.
- (2544). รายงานการวิจัยเรื่อง การสังเคราะห์วิธีสอนวิชาภาษาไทย ภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ: กองวิจัยทางการศึกษากรมย.
- (2546). การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กฤษฎา แก้วสิงห์. (2551). การศึกษาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีการวัดและประเมินควบคู่กับการเรียนการสอนวิชา คณิตศาสตร์โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครราชสีมาเขต 4. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: กระทรวงฯ.
- กัสมา สิทธิกุล. (2547). การฝึกคิดแบบหมวกหกใบที่มีต่อการคิดวิจารณ์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสุเหร่าบ้านดอน เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (จิตวิทยาการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- กิติมา สุรสนธิ. (2548). ความรู้ทางการสื่อสาร (**Introduction to Communication**). พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: คณะวารสารและสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- กุลยา ตันติผลาชีวะ. (2546, กรกฎาคม). การใช้การคิดแบบหมวกหกใบในการสอนเด็กปฐมวัย. **การศึกษาปฐมวัย**. 7(3): 14-22.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2546). การคิดเชิงวิเคราะห์. กรุงเทพฯ: ชัคเชส มีเดีย.
- โกสุม กรีทอง. (2551, พฤศจิกายน - ธันวาคม). การใช้คำถามกับการเรียนคณิตศาสตร์. **นิตยสาร สสวท**. 37(157): 40.

- คมเพชร ฉัตรศุกกุล. (2546). **กิจกรรมกลุ่มในโรงเรียน**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ธารนิพนธ์การพิมพ์.
- จิตติมา ซอบเอียด. (2551). **การใช้ปัญหาปลายเปิดเพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เจนสมุทร แสงพันธ์. (2548). **รายงานการวิจัย การใช้คำถามปลายเปิดในการจัดการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่**. เชียงใหม่: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี. (2542). **การสอนคณิตศาสตร์**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชนกพร วงษ์ทิม. (2549). **Thinking Tool : Six Thinking Hats**. (เอกสารประกอบการสัมมนา). กรุงเทพฯ: ม.ป.พ. อัดสำเนา.
- ชนินทร์ชัย อินทราภรณ์; และสุวิทย์ หิรัญยกานนท์. (2548). **พจนานุกรมศัพท์การศึกษา = Dictionary of Education**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: แว่นแก้ว.
- ชาญชัย ยมดิษฐ์. (2548). **เทคนิคและวิธีการสอนร่วมสมัย**. กรุงเทพฯ: หลักพิมพ์.
- ชาติ แจ่มนุช. (2545). **สอนอย่างไรให้คิดเป็น**. กรุงเทพฯ: เลียงเชียง.
- ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2550). **เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: เทพเนรมิตการพิมพ์.
- เชิดศักดิ์ โหมวาสินธุ์. (2530). **การฝึกสมรรถภาพสมองเพื่อพัฒนาคุณภาพการคิด**. วิทยานิพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ณยศ สงวนสิน. (2547). **การสร้างชุดกิจกรรมปฏิบัติการคณิตศาสตร์ โดยเทคนิคการสอนแบบอุปนัย-นिरนัย เรื่อง พหุนามของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ณาดยา อุทยานรัตน์. (2549). **พัฒนาการความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ที่มีระดับการรับรู้ความสามารถของตนเองด้านการเรียนต่างกัน ในโรงเรียนกลุ่มรัตนโกสินทร์ กรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ทัศนีย์ กระจ่างอินทร์; และ สุภิตรา อนุศาสน์. (2542). **“หน่วยที่ 1 การสื่อสาร”**. เอกสารประกอบการเรียนวิชาภาษาไทยเพื่อการสื่อสารและการสืบค้น. ลพบุรี: ภาควิชาภาษาไทยและบรรณารักษศาสตร์ ศูนย์การพิมพ์สถาบันราชภัฏเทพสตรี.

- ทินรัตน์ กาญจนกฤษกร. (2550). ผลของการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้น โดยใช้หลัก “สุ จี ปุ ลิ” ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะ/ กระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ทีศนา แคมมณี. (2540). ศาสตร์การสอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- (2551). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี ประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทีศนา แคมมณี และคนอื่นๆ. (2544). วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- นิพล นาสมบูรณ์. (2536). ผลของการสอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- นิภา เมธาวีชัย. (2536). การประเมินผลการเรียน. กรุงเทพฯ: สถาบันราชภัฏธนบุรี.
- นิลวรรณ เจตวรัญญ. (2549). การเปรียบเทียบความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ในวิชา ภาษาไทย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการ คิดแบบหมวกหกใบกับการสอนปกติ. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บังอร พรหมณฤกษ์. (2544). การเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบโมเดลซิปปากับการฝึกคิด แบบหมวกหกใบที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดสระบัว กรุงเทพมหานคร. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (จิตวิทยาการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญชู ชลัษเฐียร. (2539). การพัฒนาการวัดความสามารถด้านเหตุผลเชิงวิเคราะห์ของ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญเชิด ชุมพล. (2547). การศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาช่วงชั้นที่ 3 โรงเรียนอานวยวิทย. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุศรา อิมทรัพย์. (2551). ผลการใช้สื่อประสมเรื่อง “การแปลงทางเรขาคณิต” ที่มีต่อผล สัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- ปรมาภรณ์ อนุพันธ์. (2544). การพัฒนาชุดการสอนคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันแบบสืบสวนสอบสวน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ตรรกศาสตร์เบื้องต้น. ปรินญา นิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ประกิจ รัตนสุวรรณ. (2525). การวัดและการประเมินผลทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ประชาสรรค์ แสนภักดี. (2548). รวมสุดยอดแผนที่ความคิดเพื่อชีวิตและการทำงาน (Mind Maps for Work & Life). กรุงเทพฯ: ภูมิปัญญาสู่สากล.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2551). การพัฒนาการคิด. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพรินต์ติ้ง.
- ปราณี रामสูตร; และ จำรัส ดั่งสุวรรณ. (2545). พฤติกรรมมนุษย์กับการพัฒนาคน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ธนะการพิมพ์.
- ปริญญา สองสีดา. (2550). ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4 MAT เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญา นิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ปรียานุช สดาวรรณ. (2548). การพัฒนากิจกรรมในหลักสูตรเสริมเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ของนักเรียน. ปรินญา นิพนธ์ กศ.ด. (การบริหารการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ปานทอง กุลนาถศิริ. (2552). การจัดการศึกษาคณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. สืบค้นเมื่อ 2 มิถุนายน 2552, จาก http://www.ipst.ac.th/pri_math/article/Article%20PDFstyle/A-003.pdf.
- ปรุ้ง อินทมาตร์. (2541). ผลของการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญา นิพนธ์ ค.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ผจงกาญจน์ ภูวิภาดาวรรณ. (2541). ความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศชั้นเรียนและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษา จังหวัดเชียงใหม่. เชียงใหม่: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เผยผลสัมฤทธิ์ “คณิต” น.ร.ไทยต่ำ. (2550, 30 ตุลาคม). มติชน. หน้า 27.
- พรสวรรค์ จรัสรุ่งชัยสกุล. (2547). การพัฒนาชุดการเรียน เรื่อง เมทริกซ์และดิเทอร์มิแนนต์ โดยใช้หลักการเรียนเพื่อรอบรู้ เพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินญา นิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). การเรียนการสอนที่เห็นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป.
- ภพ เลหาไพบุลย์. (2537). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มนตรี แย้มกสิกร. (2546). การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีทางการศึกษา. ปริญญาโท กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราช. (2537). ประมวลสาระชุดวิชา สาระตถะและวิทยวิธีการทางคณิตศาสตร์ หน่วยที่ 8-11. กรุงเทพฯ: สาขาศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราช.
- มาลินี ศิริจारी. (2545). การเปรียบเทียบความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์และความสามารถทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยบทเรียนไฮเปอร์เท็กซ์และบทเรียนสื่อประสมในวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์. ปริญญาโท กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2545). การวัดผลและการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รัชกร กอบบุญช่วย. (2522). การศึกษาผลของเกมและปริศนาคณิตศาสตร์ที่มีต่อทัศนคติวิชาคณิตศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และการหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปริญญาโท กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ลัดดา เพียรประสพ. (2545). ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองแบบสืบสวนสอบสวน เรื่อง อัตราส่วนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปริญญาโท กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- (2540). สถิติวิทยาทางการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- วรพล พรหมมิกบุตร. (2534). การสื่อสารสัญลักษณ์ ธรรมชาติ พัฒนาการ ผลกระทบ. กรุงเทพฯ: อาร์ตไลน์.

- วัชระ น้อยมี. (2551). การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวน เรื่อง การให้เหตุผลและการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วัชรีย์ ชันเชื้อ. (2545). การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องตรรกศาสตร์เบื้องต้น โดยใช้กระบวนการกลุ่ม เพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วัชรีย์ บุรณสิงห์. (2525). การสอนคณิตศาสตร์ตามความแตกต่างระหว่างบุคคล. เอกสารการสอนชุดวิชาการการสอนคณิตศาสตร์หน่วยที่ 8-15. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- วัฒนาพร ระวังทุกข์. (2542). แผนการสอนที่เห็นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: แอล.ที.เพลส.
- วารีย์ ว่องพินัยรัตน์. (2530). การสร้างข้อทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาทดสอบและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ วิทยาลัยครูสวนสุนันทา.
- วิจิต สूरต์นเรืองชัย. (2540). เอกสารประกอบการสอนวิชา 404361 วิธีสอนทั่วไป. ชลบุรี: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- วิเชียร เกตุสิงห์. (2515). หลักการสร้างและวิเคราะห์ข้อสอบ. (ม.ป.พ).
- วิไลพร คำเพราะ. (2539). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ในกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้ชุดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วีรยุทธ วิเชียรโชติ. (2521). จิตวิทยาการเรียนการสอนแบบสืบสวนสอบสวน. กรุงเทพฯ: อำนวยการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2543). มาตรฐานการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- (2544). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.
- (2546). คู่มือการวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: หน่วยการพิมพ์สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สมชาย ชูชาติ. (2538). เอกสารคำสอนวิชา ศษ 361 วิธีสอนทั่วไป. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- สมชาย วรภิเษมสกุล. (2540). การพัฒนารูปแบบการสอนวิชาคณิตศาสตร์โดยการสื่อสาร
แนวความคิดเพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหา. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยและการ
พัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
ถ่ายเอกสาร.
- สมเกียรติ ปติฐพร. (2525). การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2549). การวัดผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ประสานการพิมพ์.
- สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์. (2542). การพัฒนากระบวนการเรียนการสอน. (เอกสารประกอบคำ
สอน). กรุงเทพฯ: ม.ป.พ. อัดสำเนา
- เสงี่ยม ไตรรัตน์. (2546, มิถุนายน-ตุลาคม). การสอนเพื่อสร้างเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์.
วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 1(1): 26-37
- สันติ อิทธิพลนาวกุล. (2550). การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวนโดย
ใช้โปรแกรม GSP (The Geometer's Sketchpad) เพื่อส่งเสริมความคิดรวบยอดทาง
คณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม.
(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
ถ่ายเอกสาร.
- สิริลักษณ์ วงศ์เพชร. (2542). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการ
คิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบสืบสวนสอบสวนกับการสอนตามคู่มือครู.
ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สำนักการศึกษา. (2549). เอกสารแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักงานพระพุทธศาสนา
แห่งชาติ.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
การจัดการเรียนรู้แบบพัฒนากระบวนการคิดด้วยการใช้คำถามหมวกความคิด ๖
ใบ. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2549). แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะ
การคิดวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สำนักนิเทศและพัฒนามาตรฐานการศึกษา. (2545). แนวทางการจัดการและประเมินผลในชั้น
เรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน
พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

- สิริพร ทิพย์คง. (2533). **ทฤษฎีและวิธีสอนคณิตศาสตร์**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- สุคนธ์ สินธพานนท์; วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์; และ พรรณี สินธพานนท์. (2550). **พัฒนาทักษะการคิดพิชิตการสอน**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุชาดา บันโนม. (2551). **ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์ในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ในโรงเรียนเอกชนกลุ่ม 3 เขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 1**. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุนันทา สายวงศ์. (2544). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนวิชาสังคมศึกษาด้วยการใช้เทคนิคการคิดแบบหวมกหกใบและการสอนแบบซินติเกท**. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุพัตรา แยมคลี่. (2548). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้เทคนิคการคิดแบบหวมกหกใบ**. วิทยานิพนธ์ คศ.ม. (หลักสูตรและการสอน). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. ถ่ายเอกสาร.
- สุวัฒน์ วิวัฒนานนท์. (2550). **ทักษะการอ่าน คิด วิเคราะห์ และเขียน**. นนทบุรี: ซีซีเนอล ลิตจิ่งคส์.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2547). **กลยุทธ์การสอนคิดประยุกต์**. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- (2548). **กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- สุวิทย์ มูลคำ; และ อรทัย มูลคำ. (2545). **21 วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด**. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- ไสว พักขาว. (2544). **หลักการสอนสำหรับการเป็นครูมืออาชีพ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เอ็มพันธ์.
- อารี แสงขำ. (2550). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องความน่าจะเป็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้เทคนิคการสอนแบบระดมสมอง**. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อัญชณา โพธิ์พลากร. (2545). **การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เน้นการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยการเรียนแบบร่วมมือ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อัมพร ม้าคะนอง. (2546). **คณิตศาสตร์ : การสอนและการเรียนรู้**. กรุงเทพฯ: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- อนุพร พวงมาลี. (2549). การเปรียบเทียบความสามารถการคิดวิเคราะห์และเจตคติต่อกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้คำถามตามแนวคิดแบบหมวกหกใบของ เอ็ดเวิร์ด เดอ โบโน (Edward De Bono) กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ. ปรินซ์นิพนธ์ คม. (หลักสูตรและการสอน). ลพบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี. ถ่ายเอกสาร.
- อุษณีย์ เตรียมเชิดติวงศ์. (2549). ผลการฝึกคิดเชิงวิเคราะห์ที่มีต่อความสามารถในการจำแนกประเภท ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. (จิตวิทยาการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อุษณีย์ โพธิสุข. (2537). สร้างลูกให้เป็นอัจฉริยะ. กรุงเทพฯ: ผู้จัดการ.
- Ashcraft, Paul G. (2006). A Comparison of Student Understanding of Seasons Using Inquiry and Didactic Teaching Methods. **Physics Education Research Conference.** p.85
- Ball, D. (1993). With an Eye on the Mathematical Horizon : Dilemmas of Teaching Elementary School Mathematics. **Elementary School Journal.** (93): 373.
- Bell, Frederick H. (1978). **Teaching and Learning Mathematics (in Secondary).** Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown.
- Beyer, B. K. (1985, April). "Critical Thinking : What is it ?". **Social Education.** 25: 279-303.
- Bloom, Benjamin S. (1956). **Taxonomy of Educational Objectives Book 1 : Cognitive Domain.** London: Longman Group.
- (1976). **Human Characteristics and School Learning.** New York: McGraw-Hill Book.
- Bronson, Rowan W. (2008). **Critical Thinking as an Outcome of Distance Learning : A Study of Critical Thinking in a Distance Learning Environment.** Washington: The George Washington University. Retrieved July 13, 2009, from <http://proquest.umi.com/pqdweb?index=0&did=1568967741&SrchMode=2&sid=3&Fmt=6&VInst=PROD&VType=PQD&RQT=309&VName=PQD&TS=1247635540&clientId=61839>
- Bruner, Jerome S. (1966). **Toward a Theory of Instruction.** London: Oxford University Press.
- Callahan, Joseph F.; et al. (1998). **Teaching in the Middle and Secondary School.** 3rd ed. New York: Macmillan.

- Carin, Arthur. (1993). **Teaching Science Through Discovery**. 7th ed. New York: Macmillan.
- Carroll, John B. (1963, May). "A Model of School Learning". **Teachers College Record**. 64 (8) : 723 – 733.
- Clark, Bryon.; et al. (2001). The Effect of an Interdisciplinary Algebra/Science Course on Student 's Problem Solving Skills, Critical Thinking Skills and Attitudes towards Mathematics. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**. 6(32): 811.
- Davis, Maynard. (1979, January). The Effectiveness of a Guided Inquiry Discovery Approach in an Elementary School Science Curriculum. **Dissertation Abstracts International**. 39(07) : 4164-A
- Dewey, John. (1933). **How We Think?**. New York: D.C. Health and Company.
- De Bono, Edward. (1985). **Six Thinking Hats**. Boston: Little, Brown.
- (1992). **Six Thinking Hats for Schools**. London: Hacker Brownlow Education.
- Douglas, Onika; Burton, Kimberly Smith; & Reese-Durham, Nancy. (2008, June). The Effects of the Multiple Intelligence Teaching Strategy on the Academic Achievement of Eighth Grade Math Students. **Journal of Instructional Psychology**. 2(35): 182.
- Fan, Chung-Teh. (1952). **Item Analysis Table**. Princeton: Education Testing service.
- Good, Carter V. (1973). **Dictionary of Education**. 3rd ed. New York: Teacher College Press.
- Goyak, Antone M. (2009). **The effects of cooperative learning techniques on perceived classroom environment and critical thinking skills of preservice teachers**. Virginia: Liberty University. Retrieved July 13, 2009, from <http://proquest.umi.com/pqdweb?ldex=0&did=1730191301&SrchMode=2&sid=4&Fmt=14&VInst=PROD&VType=PQD&RQT=309&VName=PQD&TS=1247635764&clientId=61839>.
- Harvighurst, Robert J.; & Neugarten, Bernice L. (1969). **Society and Education**. Boston: Allyn and Bacon.

- Heyer, Stephanie M. (2005). **The effects of gradually incorporating inquiry-based science instruction into eighth grade physical science classes for gifted learners on science achievement and student attitudes toward science.** California: California State University. Retrieved July 12, 2009, from <http://proquest.umi.com/pqdweb?index=0&did=1075705581&SrchMode=1&sid=5&Fmt=14&VInst=PROD&VType=PQD&RQT=309&VName=PQD&TS=1247635858&clientId=61839>.
- Hudgins, Bryce B. (1977). **Learning and Thinking : A Primer for Teachers.** Illinois: F.E. Peacock.
- Johanning, Debra I. (2000, March). An Analysis of Writing and Postwriting Group Collaboration in Middle School Pre-Algebra. **School Science and Mathematics.** 100(3): 151 -160.
- Jones, Jennifer L.; Jones, Karrie A.; & Vermette, Paul J. (2009, Summer). Using Social and Emotional Learning to Foster Academic Achievement in Secondary Mathematics. **American Secondary Education.** 37(3): 4
- Karadag, M.; Saritas, S.; & Erginer, E. (2007, 1 March). Using the 'six thinking hats' model of learning in a surgical nursing class : sharing the experience and student opinions. **Australian Journal of Advanced Nursing.** (26): 66
- Kennedy, Leonard M.; & Tippis, Steve. (1994). **Guiding Children's Learning of Mathematics 1994.** 7th ed. Belmont, California: Wadsworth.
- Koray, Ozlem. (2005, Summer). Students' Perceptions about Using Six Thinking Hats and Attribute Listing Techniques in the Science Course. **Educational Administration : Theory & Practice.** (43): 398.
- Lee, V. Stiff. (1999). **Developing Mathematical Reasoning in Grades K-12.** Virginia: NCTM.
- Lewison, Mitzi.; Graves, Ingrid; & Sanchaz, Lenny. (2006). Enhancing mathematical discourse in elementary classrooms. **Journal of the ACM(JACM).** 53(3): 954-955. Retrieved June 2, 2009, from <http://portal.acm.org/dl.cfm?coll=portal&dl=ACM&CFID=47897557&CFTOKEN=54036033>.
- Marzano, Robert J. (2001). **Designing A New Taxonomy of Educational Objectives.** California: Corwin Press.
- Mason, Ralph T. (1997). Learning Algebra Personally (Ninth-Grade, Small Group Inquiry). **Dissertation Abstracts International.** 58-09A.

- McAleer, Franny F. (2007, Spring). A Thinking Strategy for Tomorrow's Gifted Leaders : Six Thinking Hats. **Gifted Education**. (21): 11.
- McLoughlin, Pdraig M. (2008). **Inquiry Based Learning : A Modified Moore Method Approach to Encourage Student Research**. Retrieved April 3, 2009, from ERIC Acc. No. ED502664.
- Mehrens, William A.; & Lehmann, Irvin J. (1969). **Measurement and Evaluation in Education and Psychology**. New York: Wadsworth Publishing Company.
- Moore, Kenneth D.; & Quinn, Cheri. (1994). **Secondary Instructional Method**. Wm.C. Brown: Communications.
- Morgan, C. (1999). **Communicating Mathematically**. London: Routledge.
- Mumme, Judith ; & Shepherd, Nancy. (1993). "**Communication in Mathematics,**" in **Implementing the K-8 Curriculum and Evaluation Standards**. The National Council of Teachers of Mathematics.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). **Principles and Standards for School Mathematics**. United States of America: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Nelson, Susan Ellen. (1986). A Study of Stress Factors and Coping Strategies Among Elementary School Principals. **Dissertation Abstracts International**. 46: 2880-A.
- Prescott, Daniel A. (1961). Report of Conference on Child Study. **Education Bulletin**. Faculty of Education. Bangkok: Chulalongkorn University.
- Rawat, D.S.; & Gupta, S. L. (1970). Educational Wastage at the Primary Schools. **A Handbook for Teachers**. New Delhi: S.K. Kitchula at Nulanda Press.
- Reed, J.H. (1999). Effect of Model for Critical Thinking on Students Achievement in Primary Source Document Analysis and Interpretation, Argumentative, Reasoning, Critical Thinking Disposition, and History Source. **Dissertation Abstracts International**. 59(11): 3220-A.
- Reys, Robert E.; et al. (2001). **Helping Children Learn Mathematics**. 6th ed. New York: John Wiley and Sons.
- Riedesel, C. Alan. (1990). **Teaching Elementary School Mathematics**. 5th ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Rojas, M. E. (1992). Enhancing the Learning of Probability Through Developing Students' Skill in Reading and Writing. **Dissertation Abstracts Online**. 53 - 05A.

- Ross, C.C.; & Stanley, J.C. (1967). **Measurement in Today's School**. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- 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, Inc.
- Schiever, Shirley W. (1991). **A Comprehensive Approach to Teaching Thinking**. Boston: Allyn and Bacon.
- Sirvani, Hosin. (2007, Fall). The Effect of Teacher Communication with Parents on Student's Mathematics Achievement. **American Secondary Education**. 36(1): 41.
- Sund, Robert B.; & Trowbridge, Leslie W. (1967). **Science : Study and Teaching (Secondary)**. Columbus, Ohio: C. E. Merrill Books.
- Tarim, Kamuran.; & Akdeniz, Fikri. (2007, 19 April). The Effects of Cooperative Learning on Turkish Elementary Student's Mathematics Achievement and Attitude towards Mathematics Using TAI and STAD Methods. **Springer**. (67): 85.
- Tella, Adedeji. (2007, 19 April). The Impact of Motivation on Student's Academic Achievement and Learning Outcomes in Mathematics among Secondary School Students in Nigeria. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**. 3(2). 154.
- Thomson, Heather Anne. (2000). Investigating and Representing Inquiry in a College Mathematics Course. **Dissertation Abstracts International**. 61-10B.
- Thurber, Walter A. (1976). **Teaching Science in Today's Secondary School**. Boston: Allyn and Bacon.
- Tukiendorf, Adams M. (2008). **Overcoming Writer's Block in an MA Seminar**. Retrieved August 8, 2009, from www.zeitschrift-schreiben.eu/Beitraege/adams_Overcoming_writers_block.pdf.
- Wang, Jing-ru.; & Lin, Sheau-wen. (2008, September). Examining Reflective Thinking : A Study of Changes in Methods Students' Conceptions and Understandings of Inquiry Teaching. **International Journal of Science & Mathematics Education**. (6): 459-460.
- Watson, G.; & Glazer, E.M. (1964). **Watson-Glazer Critical Thinking Appraisal Manual**. New York: Harcourt Brace and World .

Wilson, J.W. (1971). **Evaluation of Learning in Secondary School Mathematics**” Hand book on Formative and Summative Evaluation of Student Learning. Edited by Benjamin S. Bloom. U.S.A.: McGraw–Hill ,643–696.

Zalewski, Jean C. (1978 , November). An Investigation of Selected Factors Contributing to Success in Solving Mathematical World Problem. **Dissertation Abstracts International**. 39 : 2804-A.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การหาคุณภาพของเครื่องมือ

1. ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
2. ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับตัวชี้วัด (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
3. ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Test Analysis Program (TAP)
4. ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ตามสูตรของ วิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney and Sabers) โดยใช้โปรแกรม B-Index & Non 0-1 method

ตาราง 18 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ จำนวน 60 ข้อ

ข้อที่	ความคิดเห็น ผู้เชี่ยวชาญ			IOC	การ พิจารณา	ข้อ ที่	ความคิดเห็น ผู้เชี่ยวชาญ			IOC	การ พิจารณา
	1	2	3				1	2	3		
1	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	31	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
2	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	32	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
3	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	33	1	-1	0	0	ตัดทิ้ง
4	1	1	0	.67	คัดเลือกไว้	34	0	1	1	.67	คัดเลือกไว้
5	0	1	1	.67	คัดเลือกไว้	35	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
6	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	36	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
7	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	37	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
8	1	0	0	.33	ตัดทิ้ง	38	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
9	0	1	1	.67	คัดเลือกไว้	39	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
10	1	-1	0	0	ตัดทิ้ง	40	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
11	1	0	0	0.33	ตัดทิ้ง	41	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
12	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	42	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
13	0	1	1	.67	คัดเลือกไว้	43	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
14	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	44	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
15	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	45	0	1	1	.67	คัดเลือกไว้
16	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	46	1	-1	0	0	ตัดทิ้ง
17	1	0	0	.33	ตัดทิ้ง	47	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
18	0	0	1	.33	ตัดทิ้ง	48	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
19	1	0	-1	0	ตัดทิ้ง	49	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
20	0	1	1	.67	คัดเลือกไว้	50	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
21	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	51	0	1	1	.67	คัดเลือกไว้
22	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	52	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
23	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	53	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
24	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	54	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
25	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	55	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
26	1	0	0	.33	ตัดทิ้ง	56	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
27	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	57	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
28	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	58	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
29	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	59	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
30	1	1	1	1	คัดเลือกไว้	60	1	1	1	1	คัดเลือกไว้

ตาราง 19 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับตัวชี้วัด (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ จำนวน 12 ข้อ

ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			IOC	การพิจารณา
	1	2	3		
1	0	1	1	.67	คัดเลือกไว้
2	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
3	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
4	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
5	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
6	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
7	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
8	1	1	0	.67	คัดเลือกไว้
9	0	1	1	.67	คัดเลือกไว้
10	1	1	1	1	คัดเลือกไว้
11	1	-1	1	.33	ตัดทิ้ง
12	1	1	1	1	คัดเลือกไว้

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ จำนวน 51 ข้อ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Test Analysis Program (TAP)

ข้อที่	p	r	การพิจารณา	ข้อที่	p	r	การพิจารณา
1	.60	.74	คัดเลือกไว้	26	.54	.48	คัดเลือกไว้
2	.60	.61	คัดเลือกไว้	27	.64	.54	คัดเลือกไว้
3	.54	.61	คัดเลือกไว้	28	.58	.42	คัดเลือกไว้
4	.58	.42	คัดเลือกไว้	29	.58	.29	ตัดทิ้ง
5	.64	.48	คัดเลือกไว้	30	.42	.03	ตัดทิ้ง
6	.60	.54	คัดเลือกไว้	31	.74	.21	ตัดทิ้ง
7	.54	.68	คัดเลือกไว้	32	.58	.55	คัดเลือกไว้
8	.48	.55	คัดเลือกไว้	33	.54	.68	คัดเลือกไว้
9	.48	.69	คัดเลือกไว้	34	.52	.55	คัดเลือกไว้
10	.48	.43	คัดเลือกไว้	35	.60	.30	คัดเลือกไว้
11	.60	.61	คัดเลือกไว้	36	.54	.48	คัดเลือกไว้
12	.54	.23	ตัดทิ้ง	37	.62	.48	คัดเลือกไว้
13	.60	.54	คัดเลือกไว้	38	.66	.34	คัดเลือกไว้
14	.56	.61	คัดเลือกไว้	39	.46	.43	คัดเลือกไว้
15	.24	.37	ตัดทิ้ง	40	.48	.55	คัดเลือกไว้
16	.56	.54	คัดเลือกไว้	41	.54	.42	คัดเลือกไว้
17	.68	.60	คัดเลือกไว้	42	.50	.15	ตัดทิ้ง
18	.84	.33	ตัดทิ้ง	43	.52	.42	คัดเลือกไว้
19	.58	.42	คัดเลือกไว้	44	.50	.55	คัดเลือกไว้
20	.38	.50	คัดเลือกไว้	45	.50	.10	ตัดทิ้ง
21	.60	.10	ตัดทิ้ง	46	.56	.48	คัดเลือกไว้
22	.60	.28	ตัดทิ้ง	47	.48	.61	คัดเลือกไว้
23	.66	.54	คัดเลือกไว้	48	.22	.18	ตัดทิ้ง
24	.56	.49	คัดเลือกไว้	49	.48	.42	คัดเลือกไว้
25	.48	.43	คัดเลือกไว้	50	.58	.55	คัดเลือกไว้
				51	.50	.68	คัดเลือกไว้

คัดเลือกข้อที่มีความยาก (p) ระหว่าง .20 - .80 และค่าอำนาจจำแนก (r) .20 ขึ้นไป จำนวน 40 ข้อ ซึ่งได้ค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง .38 - .68 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง .30 - .74 เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบตามสูตร KR 20 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Test Analysis Program (TAP) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.88

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ตามสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney and Sabers) จำนวน 11 ข้อโดยใช้โปรแกรม B-Index & Non 0-1 Method

ข้อที่	P_E	D	การพิจารณา
1	0.51	0.45	คัดเลือกไว้
2	0.56	0.62	คัดเลือกไว้
3	0.70	0.30	ตัดทิ้ง
4	0.70	0.40	คัดเลือกไว้
5	0.53	0.07	ตัดทิ้ง
6	0.63	0.35	ตัดทิ้ง
7	0.73	0.18	ตัดทิ้ง
8	0.58	0.37	คัดเลือกไว้
9	0.54	0.45	คัดเลือกไว้
10	0.43	0.37	คัดเลือกไว้
11	0.53	0.10	ตัดทิ้ง

คัดเลือกข้อที่มีความยาก (p) ระหว่าง .20 - .80 และค่าอำนาจจำแนก (r) .20 ขึ้นไป จำนวน 6 ข้อ ซึ่งได้ค่าความยาก (P_E) อยู่ระหว่าง .43 - .70 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง .37 - .62 เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ตามสูตรของครอนบาค (Cronbach) โดยใช้โปรแกรม B-Index & Non 0-1 Method ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85

ภาคผนวก ข

คะแนนของนักเรียนก่อนและหลังการทดลอง

1. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการทดลอง
2. คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังการทดลอง
3. คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการทดลอง

ตาราง 22 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน (X)	X^2	D	D^2
1	16	23	529	7	49
2	11	19	361	8	64
3	15	26	676	11	121
4	8	18	324	10	100
5	8	16	256	8	64
6	14	25	625	11	121
7	11	24	576	13	169
8	9	17	289	8	64
9	11	24	576	13	169
10	13	23	529	10	100
11	9	20	400	11	121
12	13	20	400	7	49
13	11	21	441	10	100
14	14	28	784	14	196
15	12	27	729	15	225
16	13	19	361	6	36
17	7	19	361	12	144
18	5	17	289	12	144
19	11	25	625	14	196
20	15	24	576	9	81
21	13	17	289	4	16

ตาราง 22 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน (X)	X^2	D	D^2
22	10	17	289	7	49
23	19	28	784	9	81
24	13	23	529	10	100
25	16	26	676	10	100
26	8	20	400	12	144
27	13	23	529	10	100
28	17	28	784	11	121
29	12	25	625	13	169
30	12	24	576	12	144
31	10	24	576	14	196
32	15	20	400	5	25
33	20	28	784	8	64
34	18	26	676	8	64
35	13	26	676	13	169
36	15	24	576	9	81
37	13	26	676	13	169
38	13	22	484	9	81
39	14	22	484	8	64
40	15	27	729	12	144
41	12	21	441	9	81
42	12	25	625	13	169
		$\Sigma X = 957$	$\Sigma X^2 =$ 22315	$\Sigma D = 428$	$\Sigma D^2 = 4644$

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน คือ t-test for dependent samples

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

$$t = \frac{428}{\sqrt{\frac{42(4644) - (428)^2}{42-1}}} \quad ; \quad df = 42-1$$

$$t = \frac{428}{\sqrt{\frac{195048 - 183184}{41}}}$$

$$t = \frac{428}{17.01}$$

$$t = 25.16^{**} \quad (t_{(.01,41)} = 2.426)$$

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

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

$$= \frac{957}{42}$$

$$= 22.79$$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \\
 &= \sqrt{\frac{42(22315) - (957)^2}{42(42-1)}} \\
 &= \sqrt{\frac{937230 - 915849}{1722}} \\
 &= 3.52
 \end{aligned}$$

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับเกณฑ์ (ร้อยละ 70) สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน คือ t-test for one sample

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

$$t = \frac{22.79 - 21}{\frac{3.52}{\sqrt{42}}} \quad ; \quad df = 42 - 1$$

$$t = 3.30^{**} \quad (t_{(0.01,41)} = 2.426)$$

ตาราง 23 คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดทบทวน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว (คะแนนเต็ม 40 คะแนน)

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน (X)	X^2	D	D^2
1	18	35	1225	17	289
2	10	26	676	16	256
3	19	33	1089	14	196
4	8	23	529	15	225
5	7	23	529	16	256
6	15	25	625	10	100
7	16	31	961	15	225
8	6	24	576	18	324
9	9	25	625	16	256
10	17	30	900	13	169
11	11	28	784	17	289
12	13	29	841	16	256
13	10	27	729	17	289
14	20	33	1089	13	169
15	17	29	841	12	144
16	15	28	784	13	169
17	7	24	576	17	289
18	5	26	676	21	441
19	13	30	900	17	289
20	15	29	841	14	196
21	12	31	961	19	361

ตาราง 23 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน (X)	X^2	D	D^2
22	15	33	1089	18	324
23	16	30	900	14	196
24	16	28	784	12	144
25	19	36	1296	17	289
26	8	22	484	14	196
27	14	29	841	15	225
28	25	36	1296	11	121
29	24	34	1156	10	100
30	23	34	1156	11	121
31	16	31	691	15	225
32	13	27	729	14	196
33	26	36	1296	10	100
34	15	28	784	13	169
35	14	29	841	15	225
36	20	33	1089	13	169
37	19	30	900	11	121
38	21	34	1156	13	169
39	17	29	841	12	144
40	15	28	784	13	169
41	14	30	900	16	256
42	16	31	961	15	225
		$\Sigma X=1237$	$\Sigma X^2=37001$	$\Sigma D=608$	$\Sigma D^2=9072$

เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน คือ t-test for dependent samples

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

$$t = \frac{608}{\sqrt{\frac{42(9072) - (608)^2}{42-1}}} ; df = 42 - 1$$

$$t = \frac{608}{\sqrt{\frac{381024 - 369664}{41}}}$$

$$t = \frac{608}{16.65}$$

$$t = 36.52^{**} \quad (t_{(0.01,41)} = 2.426)$$

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ของคะแนนวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \frac{\sum X}{n} \\ &= \frac{1237}{42} \\ &= 29.45 \end{aligned}$$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนนวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

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

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{42(37001) - (1237)^2}{42(42 - 1)}} \\
 &= \sqrt{\frac{1554042 - 1530169}{1,722}} \\
 &= 3.72
 \end{aligned}$$

เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับเกณฑ์ (ร้อยละ 70) สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน คือ t-test for one sample

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

$$t = \frac{29.45 - 28}{\frac{3.72}{\sqrt{42}}} \quad ; df = 42 - 1$$

$$t = 2.53^{**} \quad (t_{(0.01,41)} = 2.426)$$

ตาราง 24 คะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนทวนความคิดทบทวน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน (X)	X^2	D	D^2
1	11	25	625	14	196
2	11	18	324	7	49
3	14	23	529	9	81
4	7	18	324	11	121
5	7	19	361	12	144
6	11	23	529	12	144
7	13	24	576	11	121
8	8	18	324	10	100
9	7	19	361	12	144
10	12	25	625	13	169
11	9	20	400	11	121
12	7	19	361	12	144
13	14	22	484	8	64
14	12	24	576	12	144
15	13	23	529	10	100
16	9	19	361	10	100
17	8	17	289	9	81
18	11	18	324	7	49
19	11	23	529	12	144
20	11	24	576	13	169
21	7	19	361	12	144

ตาราง 24 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน (X)	X^2	D	D^2
22	13	26	676	13	169
23	14	27	729	13	169
24	12	23	529	11	121
25	13	25	625	12	144
26	7	16	256	9	81
27	8	20	400	12	144
28	17	26	676	9	81
29	15	26	676	11	121
30	15	26	676	11	121
31	16	25	625	9	81
32	12	23	529	11	121
33	16	26	676	10	100
34	11	22	484	11	121
35	14	24	576	10	100
36	15	25	625	10	100
37	14	24	576	10	100
38	11	25	625	14	196
39	9	20	400	11	121
40	11	19	361	8	64
41	11	21	441	10	100
42	13	21	441	8	64
		$\Sigma X = 930$	$\Sigma X^2 = 20970$	$\Sigma D = 450$	$\Sigma D^2 = 4948$

เปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน คือ t-test for dependent samples

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

$$t = \frac{450}{\sqrt{\frac{42(4948) - (450)^2}{42-1}}} \quad ; df = 42-1$$

$$t = \frac{450}{\sqrt{\frac{207816 - 202500}{41}}}$$

$$t = \frac{450}{11.39}$$

$$t = 39.53^{**} \quad (t_{(0.01,41)} = 2.426)$$

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ของคะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวกความคิดหกใบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \frac{\sum X}{n} \\ &= \frac{930}{42} \\ &= 22.14 \end{aligned}$$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(s) ของคะแนนทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดหวนใจ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \\
 &= \sqrt{\frac{42(20970) - (930)^2}{42(42-1)}} \\
 &= \sqrt{\frac{880740 - 864900}{1722}} \\
 &= 3.03
 \end{aligned}$$

เปรียบเทียบทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหวนความคิดหวนใจ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับเกณฑ์ (ร้อยละ 70) สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน คือ t-test for one sample

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} && ; df = n - 1 \\
 t &= \frac{22.14 - 21}{\frac{3.03}{\sqrt{42}}} && ; df = 42 - 1 \\
 t &= 2.44^{**} && (t_{(0.01,41)} = 2.426)
 \end{aligned}$$

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง แบบรูปและความสัมพันธ์

สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์พื้นฐาน
ภาคเรียนที่ 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
เวลา 3 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้ ค 4.1: เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน

2. ตัวชี้วัด

ด้านความรู้ นักเรียนสามารถ

1. วิเคราะห์แบบรูปที่กำหนดให้ได้
2. เขียนความสัมพันธ์จากแบบรูปที่กำหนดให้โดยใช้ตัวแปรได้

ด้านทักษะ / กระบวนการ นักเรียนมีความสามารถในการ

1. ให้เหตุผล แก้ปัญหา
2. สื่อสาร นำเสนอ
3. เชื่อมโยง

ด้านคุณลักษณะ นักเรียนมี

1. ความรับผิดชอบ
2. ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือกัน
3. ความกระตือรือร้น
4. ระเบียบวินัย

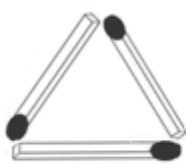
3. สาระการเรียนรู้

แบบรูป (patterns) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆที่มีลักษณะสำคัญบางอย่างร่วมกันอย่างมีเงื่อนไข เราสามารถใช้เหตุผลเพื่อหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆของแบบรูปที่กำหนดให้ได้

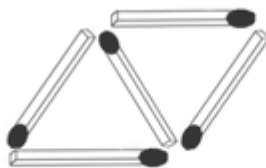
แบบรูปอาจปรากฏให้เห็นในลักษณะต่างๆกัน เช่น รูปภาพ จุด เส้น ประโยค ตัวเลข สัญลักษณ์ต่างๆ เป็นต้น

ความสัมพันธ์เป็นความเกี่ยวข้องกันของสองสิ่งใดๆภายใต้กฎเกณฑ์ หรือเงื่อนไขอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งแต่ละความสัมพันธ์จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับว่าเรากำหนดว่าจะใช้เงื่อนไขใดเป็นตัวกำหนดให้เกิดความสัมพันธ์กันในรูปแบบใด

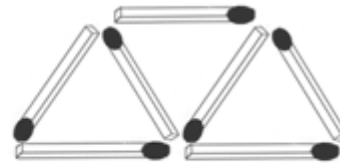
สถานการณ์ปัญหาที่ 1 “ไม้ขีดไฟ”



รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3

1. ถ้าวางเรียงไม้ขีดไฟเพิ่มให้มีรูปสามเหลี่ยมทั้งหมด 6,7,8,9 และ 10 รูป จะต้องใช้ไม้ขีดไฟทั้งหมดกี่ก้าน
2. ถ้าวางเรียงไม้ขีดไฟเพิ่มให้มีรูปสามเหลี่ยมทั้งหมด 100 รูป จะต้องใช้ไม้ขีดไฟทั้งหมดกี่ก้าน
3. ถ้าต.ญ.โบปอ มีก้านไม้ขีดไฟจำนวน 57 ก้าน ต.ญ.โบปอ จะสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมตามแบบรูปข้างต้นได้กี่รูป

วิธีทำ จากความสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของรูป จำนวนรูปสามเหลี่ยม และจำนวนก้านไม้ขีดไฟ สามารถนำมาเขียนในรูปตารางได้ดังนี้

รูปที่	1	2	3	4	5	...	n
จำนวนรูปสามเหลี่ยม(รูป)	1	2	3	4	5	...	n
จำนวนก้านไม้ขีดไฟ(ก้าน)	3	5	7	9	11	...	$1+(2 \times n)$

ดังนั้น ถ้าเราเขียนเป็นความสัมพันธ์โดยใช้ตัวแปร จะได้ความสัมพันธ์เป็น $1+(2 \times n)$ หรือ $1+2n$ เมื่อ n เป็นตัวแปรที่ใช้แสดงจำนวนรูปสามเหลี่ยม

1. ถ้าวางเรียงไม้ขีดไฟเพิ่มให้มีรูปสามเหลี่ยมทั้งหมด 6 รูป จะต้องใช้ไม้ขีดไฟทั้งหมด $1+(2 \times 6)=13$ ก้าน

ถ้าวางเรียงไม้ขีดไฟเพิ่มให้มีรูปสามเหลี่ยมทั้งหมด 7 รูป จะต้องใช้ไม้ขีดไฟทั้งหมด $1+(2 \times 7)=15$ ก้าน

ถ้าวางเรียงไม้ขีดไฟเพิ่มให้มีรูปสามเหลี่ยมทั้งหมด 8 รูป จะต้องใช้ไม้ขีดไฟทั้งหมด $1+(2 \times 8)=17$ ก้าน

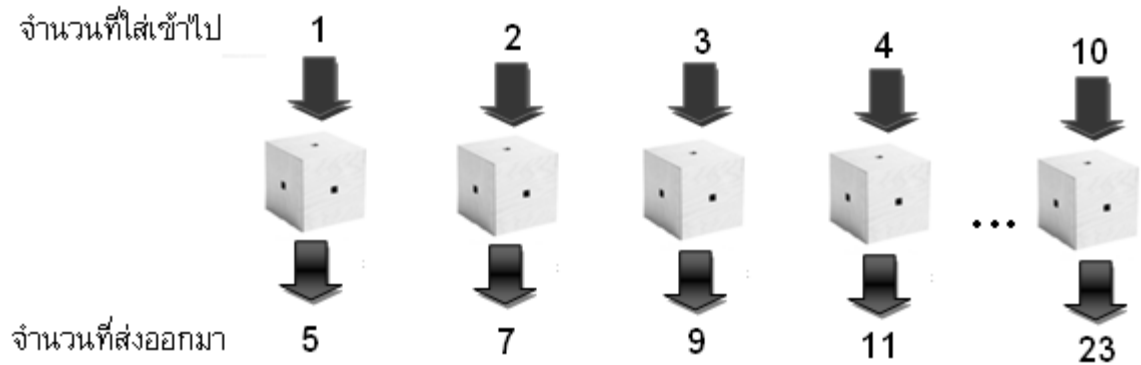
ถ้าวางเรียงไม้ขีดไฟเพิ่มให้มีรูปสามเหลี่ยมทั้งหมด 9 รูป จะต้องใช้ไม้ขีดไฟทั้งหมด $1+(2 \times 9)=19$ ก้านและถ้าวางเรียงไม้ขีดไฟเพิ่มให้มีรูปสามเหลี่ยมทั้งหมด 10 รูปจะต้องใช้ไม้ขีดไฟทั้งหมด $1+(2 \times 10)=21$ ก้าน

2. ถ้าวางเรียงไม้ขีดไฟเพิ่มให้มีรูปสามเหลี่ยมทั้งหมด 100 รูป จะต้องใช้ไม้ขีดไฟทั้งหมด $1+(2 \times 100)=201$ ก้าน #

3. จาก $1+2n$ จะได้ว่า $1+(2 \times 28)=57$ ดังนั้นถ้าด.ญ.ไบปอ มีก้านไม้ขีดไฟจำนวน 57 ก้าน ด.ญ.

ไบปอ จะสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมตามแบบรูปข้างต้นได้ทั้งหมด 28 รูป #

สถานการณ์ปัญหาที่ 2 กล่องมหัศจรรย์ในห้องคณิตศาสตร์กล่องหนึ่งเมื่อใส่จำนวนลงไป กลไกภายในกล่องทำงานส่งจำนวนออกมาดังภาพ



ถ้าใส่จำนวน 100 ลงไปนักเรียนคิดว่ากลไกภายในกล่องจะส่งจำนวนใดออกมา

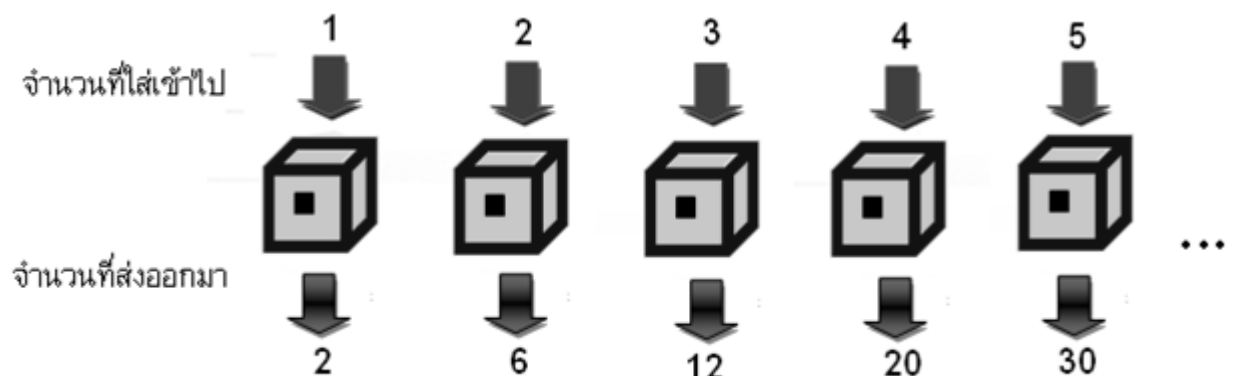
วิธีทำ เมื่อกำหนดให้ n เป็นตัวแปรแทนจำนวนที่ใส่เข้าไป เขียนตารางแสดงความสัมพันธ์ของจำนวนที่ใส่เข้าไปและจำนวนที่ส่งออกมา ได้ดังนี้

จำนวนที่ใส่เข้าไป	1	2	3	4	...	10	...	n
จำนวนที่ส่งออกมา	5	7	9	11	...	23	...	
	$1+1+3$	$2+2+3$	$3+3+3$	$4+4+3$...	$10+10+3$...	$n+n+3$

จากตารางจะพบว่า ถ้าจำนวนที่ใส่เข้าไปคือ n จำนวนที่ส่งออกมา คือ $n+n+3$ หรือ $2n+3$

ดังนั้น ถ้าใส่จำนวน 100 ลงไป กลไกภายในกล่องจะส่งจำนวน $2(100)+3=203$ ออกมา #

สถานการณ์ปัญหาที่ 3 กล่องคณิตศาสตร์มหัศจรรย์กล่องที่ 2 เมื่อใส่จำนวนลงไป กลไกภายในกล่องทำงานส่งจำนวนออกมาดังภาพ



ถ้าจำนวนที่ส่งออกมาเป็น 110 แล้วจำนวนที่ใส่เข้าไปคือจำนวนใด

วิธีทำ เมื่อกำหนดให้ n เป็นตัวแปรแทนจำนวนที่ใส่เข้าไป เขียนตารางแสดงความสัมพันธ์ของจำนวนที่ใส่เข้าไปและจำนวนที่ส่งออกมา ได้ดังนี้

จำนวนที่ใส่เข้าไป	1	2	3	4	5	...	n
จำนวนที่ส่งออกมา	2 1^2+1	6 2^2+2	12 3^2+3	20 4^2+4	30 5^2+5	...	n^2+n

จากตารางจะพบว่า ถ้าจำนวนที่ใส่เข้าไปคือ n จำนวนที่ส่งออกมา คือ n^2+n

ดังนั้น ถ้าจำนวนส่งออกมาเป็น 110 เราสามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์เพื่อหาจำนวนที่ใส่เข้าไปได้ดังนี้

$$n^2+n = 110$$

เรียกประโยคนี้ว่า “สมการ”

จากสมการ $n^2+n = 110$ เมื่อแทน n ด้วย 10

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad 10^2+10 &= 100+10 \\ &= 110 \end{aligned}$$

นั่นคือ ถ้าจำนวนที่ส่งออกมาเป็น 110 จำนวนที่ใส่เข้าไปในกล่องนี้คือ 10 #

สรุป “สมการเป็นประโยคที่แสดงการเท่ากันของจำนวนโดยมีสัญลักษณ์ = บอกการเท่ากัน”

สมการอาจมีตัวแปรหรือไม่มีตัวแปรก็ได้ เช่น $n^2+n = 110$ เป็นสมการที่มี n เป็นตัวแปร และ $2-9=-7$ เป็นสมการที่ไม่มีตัวแปร

สถานการณ์ปัญหาที่ 4

ต้นสัมผพบกระต่ายจำนวนหนึ่งในทุ่งหญ้า มีกระต่ายตัวผู้มากกว่ากระต่ายตัวเมีย 5 ตัว จงพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกระต่ายตัวเมีย กระต่ายตัวผู้ กระต่ายทั้งหมดและจำนวนขากระต่าย และเติมจำนวนในตาราง แล้วตอบคำถามต่อไปนี้



กระต่ายตัวเมีย(ตัว)	1	2	3	4	5	...	n
กระต่ายตัวผู้(ตัว)	6	7				...	
กระต่ายทั้งหมด(ตัว)	7	9				...	
จำนวนขากระต่ายทั้งหมด	28	36				...	

1. ถ้ามีกระต่ายตัวเมีย 12 ตัว จะมีกระต่ายตัวผู้กี่ตัว
2. ถ้ามีกระต่ายตัวเมีย n ตัว จะมีกระต่ายตัวผู้กี่ตัว
3. ถ้ามีกระต่ายตัวเมีย n ตัว จะมีกระต่ายทั้งหมดกี่ตัว
4. ถ้ามีกระต่ายตัวเมีย n ตัว กระต่ายทั้งหมดจะมีกี่ขา
5. ถ้ามีกระต่ายทั้งหมด 25 ตัว จะมีกระต่ายตัวผู้กี่ตัว
6. ถ้านับขากระต่ายทั้งหมดได้ 140 ขา จะมีกระต่ายตัวเมียกี่ตัว

วิธีทำ จากความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกระต่ายตัวเมีย กระต่ายตัวผู้ กระต่ายทั้งหมดและจำนวนขากระต่าย เขียนเป็นตารางแสดงความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

กระต่ายตัวเมีย(ตัว)	1	2	3	4	5	...	n
กระต่ายตัวผู้(ตัว)	6 (5+1)	7 (5+2)	8 (5+3)	9 (5+4)	10 (5+5)	...	5+n
กระต่ายทั้งหมด(ตัว)	7 5+2(1)	9 5+2(2)	11 5+2(3)	13 5+2(4)	15 5+2(5)	...	5+2(n)
จำนวนขากระต่ายทั้งหมด	28 20+8(1) 4{5+2(1)}	36 20+8(2) 4{5+2(2)}	44 20+8(3) 4{5+2(3)}	52 20+8(4) 4{5+2(4)}	60 20+8(5) 4{5+2(5)}	...	20+8n 4{5+2(n)}

1. ถ้ามีกระต่ายตัวเมีย 12 ตัว จะมีกระต่ายตัวผู้กี่ตัว

วิธีทำ จากตาราง ถ้ามีกระต่ายตัวเมีย n ตัว จะมีกระต่ายตัวผู้ $5+n$ ตัว
 ดังนั้น ถ้ามีกระต่ายตัวเมีย 12 ตัว จะมีกระต่ายตัวผู้ $5+12 = 17$ ตัว

2. ถ้ามีกระต่ายตัวเมีย n ตัว จะมีกระต่ายตัวผู้กี่ตัว

วิธีทำ จากตาราง ถ้ามีกระต่ายตัวเมีย n ตัว จะมีกระต่ายตัวผู้ $5+n$ ตัว

3. ถ้ามีกระต่ายตัวเมีย n ตัว จะมีกระต่ายทั้งหมดกี่ตัว

วิธีทำ จากตาราง ถ้ามีกระต่ายตัวเมีย n ตัว จะมีกระต่ายทั้งหมด $5+2n$ ตัว

4. ถ้ามีกระต่ายตัวเมีย n ตัว กระต่ายทั้งหมดจะมีกี่ขา

ตอบ จากตาราง ถ้ามีกระต่ายตัวเมีย n ตัว กระต่ายทั้งหมดจะมี $20+8n$ ขา

5. ถ้ามีกระต่ายทั้งหมด 25 ตัว จะมีกระต่ายตัวผู้กี่ตัว

วิธีทำ จากตาราง เมื่อมีจำนวนกระต่ายตัวเมีย n ตัวจะมีกระต่ายทั้งหมด $5+2n$ ตัว
 ดังนั้น ถ้ามีกระต่ายทั้งหมด 25 ตัว เขียนสมการเพื่อหาจำนวนกระต่ายตัวเมียได้ดังนี้

$$5+2n = 25 \quad \text{เมื่อแทน } n \text{ ด้วย } 10$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad 5+2(10) &= 5+20 \\ &= 25 \end{aligned}$$

ดังนั้น จะมีจำนวนกระต่ายตัวเมีย 10 ตัว

นั่นคือ มีจำนวนกระต่ายตัวผู้อยู่ $25-10=15$ ตัว #

6. ถ้านับขากระต่ายทั้งหมดได้ 140 ขา จะมีกระต่ายตัวเมียกี่ตัว

วิธีทำ จากตาราง เมื่อมีจำนวนกระต่ายตัวเมีย n ตัวจะมีจำนวนขากระต่ายทั้งหมด $20+8n$ ขา
 ดังนั้น ถ้านับขากระต่ายได้ทั้งหมด 140 ขา เขียนสมการเพื่อหาจำนวนกระต่ายตัวเมียได้ดังนี้

$$20+8n = 140 \quad \text{เมื่อแทน } n \text{ ด้วย } 15$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad 20+8n &= 20+8(15) \\ &= 20+120 \\ &= 140 \end{aligned}$$

ดังนั้น จะมีจำนวนกระต่ายตัวเมีย 15 ตัว

นั่นคือ ถ้านับขากระต่ายทั้งหมดได้ 140 ขา จะมีจำนวนกระต่ายตัวเมีย 15 ตัว #

4. กิจกรรมการเรียนรู้

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นสังเกต

ครูแจกรูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยมที่ทำจากกระดาษแข็งพร้อมกาวให้กับนักเรียน จากนั้นสร้างแบบรูปของรูปภาพจากแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดรูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยมบนกระดานดำทีละข้อให้นักเรียนพิจารณา แล้วให้นักเรียนสร้างรูปที่ 4 และ 5 ของแบบรูปแต่ละข้อจากรูปสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมที่แจกให้โดยติดลงในสมุด แล้วใช้การถาม-ตอบ กับนักเรียนดังนี้

ตัวอย่าง การสร้างแบบรูปของรูปภาพจากแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด

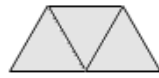
ข้อที่ 1



รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3

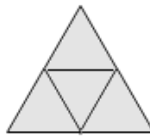
รูปที่ 4

รูปที่ 5

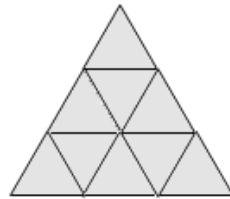
ข้อที่ 2



รูปที่ 1



รูปที่ 2

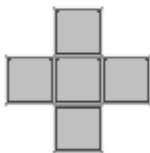


รูปที่ 3

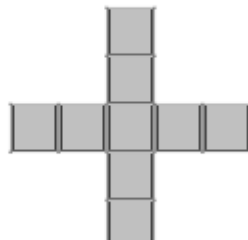
รูปที่ 4

รูปที่ 5

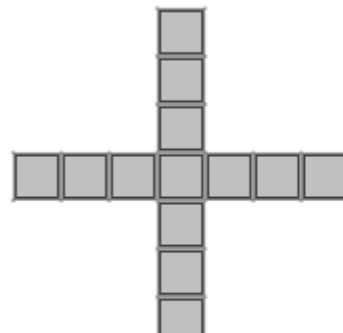
ข้อที่ 3



รูปที่ 1



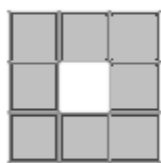
รูปที่ 2



รูปที่ 3

รูปที่ 4

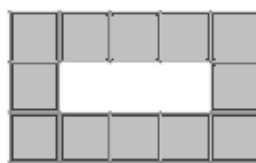
รูปที่ 5

ข้อที่ 4

รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3

รูปที่ 4

รูปที่ 5

- จากข้อที่ 1 รูปที่ 4 และ 5 นักเรียนนับจำนวนสามเหลี่ยมที่สร้างได้กี่รูป (4 และ 5 รูป ตามลำดับ) (คำถามหมวดสีขา-ข้อมูล ข้อเท็จจริงจากสถานการณ์)

- ข้อที่ 2 รูปที่ 4 และ 5 นักเรียนนับจำนวนสามเหลี่ยมที่สร้างได้กี่รูป (16 และ 25 รูป ตามลำดับ) (คำถามหมวดสีขา)

- ข้อที่ 3 รูปที่ 4 และ 5 นักเรียนนับจำนวนสี่เหลี่ยมที่สร้างได้กี่รูป (17 และ 21 รูป ตามลำดับ) (คำถามหมวดสีขา)

- ข้อที่ 4 รูปที่ 4 และ 5 นักเรียนนับจำนวนสี่เหลี่ยมที่สร้างได้กี่รูป (14 และ 16 รูป ตามลำดับ) (คำถามหมวดสีขา)

พร้อมสุ่มเรียกนักเรียนออกมาสร้างรูปที่ 4 และ 5 บนกระดานดำโดยใช้ฟิวเจอร์บอร์ดที่ครูจัดเตรียมไว้ให้และร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง และตั้งคำถามกับนักเรียนว่า...

- ถ้าลำดับที่ของรูปเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ การหาจำนวนรูปสามเหลี่ยม/รูปสี่เหลี่ยมในแต่ละข้อ โดยใช้การสร้างจากของจริงหรือการวาด จะสะดวกหรือไม่(คำถามหมวดสีแดง-อารมณ์ ความรู้สึก)

- ถ้าไม่สะดวก นักเรียนคิดว่านักเรียนจะใช้วิธีใดแทนได้บ้าง (คำถามหมวดสีเขียว-แนวความคิดใหม่ๆ ทางเลือก ความเป็นไปได้และความคิดสร้างสรรค์)

ข้ออธิบาย

ครูใช้การถาม-ตอบ กับนักเรียน เพื่อนำไปสู่เงื่อนไขของความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม กับลำดับที่ของรูปแต่ละแบบรูปและความหมายของแบบรูป ดังนี้

- ในแต่ละข้อนักเรียนพบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูปสามเหลี่ยม/สี่เหลี่ยมกับลำดับที่ของรูป หรือไม่ (คำถามหมวดสีฟ้า-ข้อสรุป ความคิดรวบยอด การมองเห็นภาพและการดำเนินการที่มีขั้นตอน)

- ข้อที่ 1 รูปที่ 1 มีรูปสามเหลี่ยมกี่รูป (1 รูป) (คำถามหมวดสีขา)

- รูปที่ 2 มีรูปสามเหลี่ยมกี่รูป(2 รูป) (คำถามหมวดสีขา)

- รูปที่ 3 มีรูปสามเหลี่ยมกี่รูป(3 รูป) (คำถามหมวดสีขา)

- ความสัมพันธ์ที่นักเรียนคาดการณ์คืออะไร (ลำดับที่ของรูปเท่ากับจำนวนรูปสามเหลี่ยม) (คำถามหมวกสีฟ้า)
- ข้อ 2 รูปที่ 1 มีรูปสามเหลี่ยมกี่รูป(1 รูป) (คำถามหมวกสีเขียว)
- รูปที่ 2 มีรูปสามเหลี่ยมกี่รูป(4 รูป) (คำถามหมวกสีเขียว)
- รูปที่ 3 มีรูปสามเหลี่ยมกี่รูป (9 รูป) (คำถามหมวกสีเขียว)
- เขียนจำนวนรูปสามเหลี่ยมในแต่ละรูปให้สัมพันธ์กับลำดับที่ของรูปนั้นๆ และเขียนให้เป็นรูปแบบเดียวกันทุกรูปได้หรือไม่ อย่างไร (คำถามหมวกสีฟ้า)
- (ได้ รูปที่ 1 มีรูปสามเหลี่ยม 1 รูป ความสัมพันธ์ 1^2
รูปที่ 2 มีรูปสามเหลี่ยม 4 รูป ความสัมพันธ์ 2^2
รูปที่ 3 มีรูปสามเหลี่ยม 9 รูป ความสัมพันธ์ 3^2)
- ความสัมพันธ์ที่นักเรียนคาดการณ์คืออะไร(จำนวนรูปสามเหลี่ยมเท่ากับลำดับที่ของรูปยกกำลังสอง) (คำถามหมวกสีฟ้า)
- ข้อ 3 รูปที่ 1 มีรูปสี่เหลี่ยมกี่รูป(5 รูป) (คำถามหมวกสีเขียว)
- รูปที่ 2 มีรูปสี่เหลี่ยมกี่รูป(9 รูป) (คำถามหมวกสีเขียว)
- รูปที่ 3 มีรูปสี่เหลี่ยมกี่รูป(13 รูป) (คำถามหมวกสีเขียว)
- เขียนจำนวนรูปสี่เหลี่ยมให้สัมพันธ์กับลำดับที่ของรูปได้อย่างไร
- (รูปที่ 1 มีรูปสี่เหลี่ยม 5 รูป ความสัมพันธ์ $(1+1+1+1+1)=(1+4(1))$
รูปที่ 2 มีรูปสี่เหลี่ยม 9 รูป ความสัมพันธ์ $(1+2+2+2+2) = (1+4(2))$
รูปที่ 3 มีรูปสี่เหลี่ยม 13 รูป ความสัมพันธ์ $(1+3+3+3+3) = (1+4(3))$)
- (คำถามหมวกสีฟ้า)
- ความสัมพันธ์ที่นักเรียนคาดการณ์คืออะไร (จำนวนรูปสี่เหลี่ยมเท่ากับสี่เท่าของลำดับที่ของรูปบวกด้วยหนึ่ง) (คำถามหมวกสีฟ้า)
- ข้อ 4 รูปที่ 1 มีรูปสี่เหลี่ยมกี่รูป(8 รูป) (คำถามหมวกสีเขียว)
- รูปที่ 2 มีรูปสี่เหลี่ยมกี่รูป(10 รูป) (คำถามหมวกสีเขียว)
- รูปที่ 3 มีรูปสี่เหลี่ยมกี่รูป(12 รูป) (คำถามหมวกสีเขียว)
- เขียนจำนวนรูปสี่เหลี่ยมให้สัมพันธ์กับลำดับที่ของรูปได้อย่างไร
- (รูปที่ 1 มีรูปสี่เหลี่ยม 8 รูป ความสัมพันธ์ $(6+1+1)=(6+2(1))$
รูปที่ 2 มีรูปสี่เหลี่ยม 10 รูป ความสัมพันธ์ $(6+2+2) = (6+2(2))$
รูปที่ 3 มีรูปสี่เหลี่ยม 12 รูป ความสัมพันธ์ $(6+3+3) = (6+2(3))$)
- (คำถามหมวกสีฟ้า)
- ความสัมพันธ์ที่นักเรียนคาดการณ์คืออะไร (จำนวนรูปสี่เหลี่ยมเท่ากับสองเท่าของลำดับที่ของรูปบวกด้วยหก) (คำถามหมวกสีฟ้า)
- จากนั้นครูชี้แนะกับนักเรียนว่า

ความสัมพันธ์เป็นความเกี่ยวข้องกันของสองสิ่งใด ๆ ภายใต้กฎเกณฑ์ หรือเงื่อนไขบางอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งแต่ละความสัมพันธ์จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับว่าเรากำหนดว่าจะใช้เงื่อนไขใดเป็นตัวกำหนดให้เกิดความสัมพันธ์กันในรูปแบบใด

พร้อมทั้งแนะนำความหมายของแบบรูปกับนักเรียนด้วยว่าจากตัวอย่างทั้ง 4 ข้อเป็นแบบรูปของรูปภาพ ดังนี้

แบบรูป (patterns) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่มีลักษณะสำคัญบางอย่างร่วมกันอย่างมีเงื่อนไข เราสามารถใช้เหตุผลเพื่อหาความสัมพันธ์ของแบบรูปที่กำหนดให้ได้

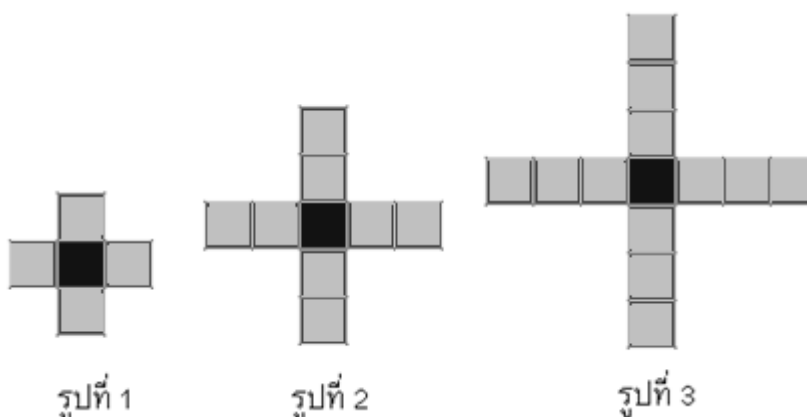
แบบรูปอาจปรากฏให้เห็นในลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น รูปภาพ จุด เส้น ประโยค ตัวเลข สัญลักษณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

และจากแบบรูปในข้อที่ 1 นักเรียนจะสังเกตได้ว่า “ลำดับที่ของรูปเท่ากับจำนวนรูปสามเหลี่ยม” และในข้อที่ 2 “จำนวนรูปสามเหลี่ยมเท่ากับลำดับที่ของรูปยกกำลังสอง” ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของแต่ละแบบรูป” และชี้แนะกับนักเรียนว่า ถ้าเรามีลำดับที่ของรูปซึ่งยังไม่ได้ระบุจำนวนที่แน่นอน จะใช้อักษรภาษาอังกฤษ เช่น n แทนลำดับที่นั้น เรียก n ว่า “ตัวแปร” ซึ่งจากข้อ 1 และ ข้อ 2 สามารถเขียนตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของรูปและจำนวนรูปสามเหลี่ยมได้ ดังนี้ (ครูเขียนตารางบนกระดานดำ)

รูปที่	1	2	3	4	5	...	n
ข้อที่ 1. จำนวนรูปสามเหลี่ยม(รูป)	1	2	3	4	5	...	n
ข้อที่ 2. จำนวนรูปสามเหลี่ยม(รูป)	1^1	2^2	3^2	4^2	5^2	...	n^2

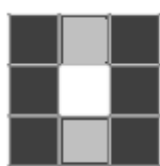
- การหาความสัมพันธ์ในรูปที่ n นักเรียนคิดว่าจะนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไร(สามารถนำไปหาจำนวนรูปสามเหลี่ยมในแต่ละลำดับที่ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำกว่า) (คำถามหวนกลี้ง-ผลในทางบวก ข้อดี จุดเด่น คุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับ)
- แบบรูปในข้อที่ 3 นักเรียนคิดว่าจะเขียนความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูปสี่เหลี่ยมและลำดับที่ในรูปที่ n ได้หรือไม่ (ได้) (คำถามหวนกลี้งฟ้า)
- มีเทคนิคอย่างไร (คำถามหวนกลี้งเขียว)
- รูปสี่เหลี่ยมส่วนใดเป็นส่วนที่คงที่/ไม่แปรเปลี่ยนไปตามลำดับที่ของรูปนั้นๆ(สี่เหลี่ยมตรงกลางจำนวน 1 รูป) (คำถามหวนกลี้งขาว)

ครูเปลี่ยนสีรูปสี่เหลี่ยมตรงกลางเพื่อให้นักเรียนเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนี้



- จำนวนรูปสี่เหลี่ยมส่วนที่แปรเปลี่ยนไปตามลำดับที่ในแต่ละรูปคือส่วนใด เท่ากับเท่าไรบ้าง (ส่วนสี่ชมพู 4, 8, 12 ตามลำดับ) (คำถามหมวกสีขาว)
- ในรูปต่อไปจำนวนรูปสี่เหลี่ยมส่วนที่แปรเปลี่ยนไปจะเป็นเท่าใด (16, 20, 24, ...) (คำถามหมวกสีขาว)
- เขียนแบบรูปของจำนวนรูปสี่เหลี่ยมที่แปรเปลี่ยนไปตั้งแต่รูปแรกและรูปต่อไปได้อย่างไร
(4, 8, 12, 16, 20, 24, ...) (คำถามหมวกสีขาว)
- ถ้าเขียนแบบรูปที่ได้ใหม่ให้อยู่ในรูปของลำดับที่ของรูปนั้นๆ แต่ค่าที่ได้ยังเท่าเดิมจะเขียนได้หรือไม่(ได้)
- อย่างไร (4x1, 4x2, 4x3, 4x4, 4x5, 4x6, ...) (คำถามหมวกสีฟ้า)
ครูเขียนบนกระดานดำและเน้นจำนวนที่เป็นลำดับที่ของรูปให้นักเรียนเห็น
- ดังนั้นจำนวนรูปสี่เหลี่ยมทั้งหมดที่ใช้ในแต่ละรูปจะหาอย่างไร (นำจำนวนรูปสี่เหลี่ยมส่วนที่คงที่ คือ 1 รวมกับจำนวนรูปสี่เหลี่ยมส่วนที่แปรเปลี่ยนไปตามลำดับที่ของรูปนั้นๆ) (คำถามหมวกสีฟ้า)
- เขียนเป็นแบบรูปได้อย่างไร (1+(4x1), 1+(4x2), 1+(4x3), 1+(4x4), 1+(4x5), 1+(4x6), ...) (คำถามหมวกสีขาว)
- ถ้า n เป็นตัวแปรที่ใช้แทนลำดับที่ของรูป รูปที่ n จะมีรูปสี่เหลี่ยมจำนวนกี่รูป (1+(4xn) หรือ 1+4n รูป) (คำถามหมวกสีฟ้า)
- นักเรียนคิดว่าเทคนิคการหาความสัมพันธ์ในรูปที่ n ของแบบรูปของรูปภาพให้ง่ายขึ้นควรทำอย่างไรบ้าง (หาส่วนที่คงที่และส่วนที่แปรเปลี่ยนไปให้ได้ก่อนจากนั้นจึงนำส่วนที่แปรเปลี่ยนไปมาเขียนใหม่ให้สัมพันธ์กับลำดับที่ของรูปนั้นๆ) (คำถามหมวกสีเขียว)
- จากข้อ 4 รูปสี่เหลี่ยมส่วนใดที่ปรากฏอยู่ในทุกรูปตั้งแต่รูปแรกหรือไม่แปรเปลี่ยนไปตามลำดับที่ของรูปนั้นๆ (รูปสี่เหลี่ยมด้านข้างจำนวน 6 รูป) (คำถามหมวกสีขาว)

ผู้เรียนก็นักเรียนออกมาเปลี่ยนสีฟิวเจอร์บอร์ดรูปสี่เหลี่ยมส่วนที่คงที่ในแต่ละรูป ดังนี้



รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3

- จำนวนรูปสี่เหลี่ยมส่วนที่แปรเปลี่ยนไปในแต่ละรูปนำมาเขียนเป็นแบบรูปได้อย่างไร (2,4,6,8,10...) (คำถามหมวดสีขาว)
- ถ้าเขียนเป็นแบบรูปใหม่ให้สัมพันธ์กับลำดับที่ของรูปนั้น ๆ จะเขียนได้อย่างไร (2x1, 2x2, 2x3, 2x4, 2x5, ...) (คำถามหมวดสีฟ้า)
- แบบรูปของจำนวนรูปสี่เหลี่ยมในแต่ละรูปเป็นเท่าใดบ้าง (6+(2x1), 6+(2x2), 6+(2x3), 6+(2x4), 6+(2x5), ...) (คำถามหมวดสีฟ้า)
- ถ้า n เป็นตัวแปรที่ใช้แทนลำดับที่ของรูป รูปที่ n จะมีรูปสี่เหลี่ยมจำนวนกี่รูป (6+(2xn) หรือ 6+2n รูป) (6+(2x1), 6+(2x2), 6+(2x3), 6+(2x4), 6+(2x5), ...) (คำถามหมวดสีฟ้า)

และเน้นย้ำกับนักเรียนว่า “ถ้าจะเขียนความสัมพันธ์ในรูปของตัวแปร สิ่งที่กำหนดให้แทนตัวแปรต้องเป็นแบบรูปของจำนวนนับ (1,2,3,4,..) เช่นการหาความสัมพันธ์ในรูปของตัวแปรของแบบรูปของรูปภาพ ก็จะกำหนดให้ลำดับที่ของรูปซึ่งเป็นจำนวนนับ 1,2,3,4,.. แทนตัวแปร ในที่นี้คือ n และเทคนิคการความสัมพันธ์ในรูปที่ n ของแบบรูปของรูปภาพควรจะหาส่วนที่คงที่ให้ได้ก่อนแล้วจึงหาส่วนที่แปรเปลี่ยนไปโดยเขียนส่วนที่แปรเปลี่ยนไปในรูปใหม่ให้สัมพันธ์กับลำดับที่ของรูปนั้นๆ ซึ่งจะทำให้การหาความสัมพันธ์ในรูปที่ n ง่ายขึ้น”

ขั้นทำนายและทดสอบ

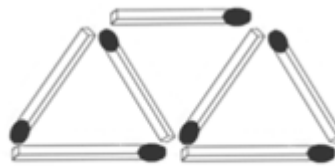
ครูยกสถานการณ์ปัญหาที่ 1 โดยสร้างแบบรูปจากส้อมไม้ขีดไฟจำลองดังภาพด้านล่างบนกระดานดำ พร้อมทั้งเขียนโจทย์ให้นักเรียนพิจารณา แล้วใช้การถาม-ตอบกับนักเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเลือกวิธีการที่ดีที่สุดในการหาคำตอบ ดังนี้



รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3

- โจทย์ให้หาอะไร(จำนวนก้อนไม้ขีดไฟในรูปที่ 6,7,8,9 ,10 และ 100) (คำถามหมวกสีขาว)
 - โจทย์กำหนดอะไรมาให้บ้าง (แบบรูปการเรียงไม้ขีดไฟ) (คำถามหมวกสีขาว)
 - นักเรียนคิดว่าจะหาคำตอบของโจทย์ ข้อนี้โดยใช้วิธีใดบ้าง (คำถามหมวกสีเขียว)
- ครูให้เวลานักเรียนหาคำตอบตามวิธีที่นักเรียนแต่ละคนเลือก โดยแจกไม้ขีดไฟให้กับ

นักเรียนทุกคนด้วย

- มีนักเรียนคนใดที่เลือกใช้การสร้างรูปจากไม้ขีดไฟบ้าง
- นักเรียนนับจำนวนไม้ขีดไฟได้กี่ก้อนถ้ามีรูปสามเหลี่ยมเพิ่มขึ้นเป็น 6,7,8,9 และ 10 รูป (13,15,17,19 และ 21 รูปตามลำดับ) (คำถามหมวกสีขาว)
- มีนักเรียนคนใดที่เลือกใช้การวาดรูปแล้วนับเส้นแทนจำนวนก้อนไม้ขีดไฟบ้าง
นักเรียนนับจำนวนไม้ขีดไฟได้กี่ก้อนถ้ามีรูปสามเหลี่ยมเพิ่มขึ้นเป็น 6,7,8,9 และ 10 รูป (13,15,17,19 และ 21 รูปตามลำดับ) (คำถามหมวกสีขาว)
- มีใครใช้วิธีอื่นนอกเหนือจาก 2 วิธีนี้อีกบ้าง(คำถามหมวกสีเขียว)
- ได้คำตอบเท่ากันหรือไม่ (คำถามหมวกสีขาว)
- นักเรียนที่เลือกใช้วิธีสร้างรูปจากไม้ขีดไฟและวิธีการวาดรูปแล้วนับเส้นแทนจำนวนก้อนไม้ขีดไฟ การตอบโจทย์ข้อที่ 2 นักเรียนคิดว่านักเรียนยังสามารถหาคำตอบด้วยวิธีดังกล่าวได้หรือไม่(คำถามหมวกสีขาว)
- ทั้ง 2 วิธีนี้นักเรียนคิดว่ามีความยุ่งยากหรือไม่อย่างไร สำหรับการหาคำตอบของโจทย์ข้อที่ 2 (คำถามหมวกสีดำ-จุดอ่อน ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น การสำรวจความเป็นไปได้ และการตรวจสอบความเหมาะสม)
- แล้ววิธีการใดที่น่าจะนำมาใช้ในการหาคำตอบของโจทย์ข้อที่ 2 ได้อย่างรวดเร็ว (การหาความสัมพันธ์ในรูปที่ n) (คำถามหมวกสีฟ้า) ครูให้เวลานักเรียนหาความสัมพันธ์ในรูปที่ n ประมาณ 10 นาที
- จำนวนก้อนไม้ขีดไฟในรูปที่ n เมื่อ n เป็นตัวแปรที่ใช้แทนจำนวนรูปสามเหลี่ยม เขียนได้อย่างไร (คำถามหมวกสีฟ้า)

จากนั้นสุ่มเรียกนักเรียนออกมาเขียนตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของรูปจำนวนรูป สามเหลี่ยมและจำนวนก้อนไม้ขีดไฟ ให้ได้ดังนี้

รูปที่	1	2	3	4	5	...	n
จำนวนรูปสามเหลี่ยม(รูป)	1	2	3	4	5	...	n
จำนวนก้อนไม้ขีดไฟ(ก้อน)	$1+(2 \times 1)$	$1+(2 \times 2)$	$1+(2 \times 3)$	$1+(2 \times 4)$	$1+(2 \times 5)$...	$1+(2 \times n)$

- ถ้าวางเรียงไม้ขีดไฟเพิ่มให้มีรูปสามเหลี่ยมทั้งหมด 100 รูป จะต้องใช้ไม้ขีดไฟทั้งหมดกี่ก้าน ($1+(2 \times 100)=201$ ก้าน) (คำถามหมวดสีเขียว)
- การหาความสัมพันธ์ในรูปที่ n ดีกว่าวิธีการสร้างรูปจริงหรือการวาดรูปหรือไม่ อย่างไร (คำถามหมวดสีเหลือง)

ขั้นนำไปใช้

ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนนำความสัมพันธ์ในรูปที่ n ที่ค้นพบไปใช้ โดย
ใช้การ

ถาม-ตอบ ดังนี้

- จากโจทย์ข้อ 3 นักเรียนจะหาคำตอบด้วยวิธีใดบ้าง (คำถามหมวดสีเขียว)
- นักเรียนจะนำความสัมพันธ์ในรูปที่ n มาช่วยในการหาคำตอบได้หรือไม่ (คำถามหมวดสีเหลือง)
- อย่างไร (คำถามหมวดสีฟ้า) (ได้ โดยการแทนค่า n ใน $1+(2 \times n)$ จนกระทั่งได้ค่า n ที่ทำให้ $1+(2 \times n)$ มีค่าเท่ากับ 57)
- นักเรียนคิดว่าการหาความสัมพันธ์ในรูปที่ n มีข้อดีอย่างไรบ้าง (สามารถหาจำนวนก้านไม้ขีดไฟเมื่อลำดับที่ของรูปมีค่ามากๆ หรือหาลำดับที่ของรูปเมื่อกำหนดจำนวนก้านไม้ขีดไฟมาให้) (คำถามหมวดสีเหลือง)

จากนั้นแจกใบกิจกรรมที่ 1 ให้นักเรียนทำ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนและร่วมกันเฉลยคำตอบบนกระดานดำ

5. สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

1. ไม้ขีดไฟ
2. รูปเรขาคณิตที่สร้างจากฟิวเจอร์บอร์ดและกระดาษโปสเตอร์สี
3. สื่อแผ่นภาพ
4. ใบกิจกรรมที่ 1,2 และ 3

6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

สิ่งที่ต้องการวัด/ประเมิน	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
ด้านความรู้	ให้ทำใบกิจกรรม	แบบประเมินผลงาน (ใบกิจกรรม)	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80
ด้านทักษะ/กระบวนการ 1. การให้เหตุผล แก้ปัญหา 2. การสื่อสาร นำเสนอ 3. การเชื่อมโยง	ให้อภิปราย	แบบประเมินการ อภิปราย	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80
ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ 1. ความรับผิดชอบ 2. ความร่วมมือและช่วยเหลือกัน 3. ความกระตือรือร้น 4. ระเบียบวินัย	ประเมินพฤติกรรม ระหว่างเรียนและ หลังการเรียนรู้	แบบประเมิน พฤติกรรม	ผ่านเกณฑ์ในระดับดี

บันทึกหลังการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ
(.....)
ผู้สอน

เกณฑ์การให้คะแนนผลงาน

ด้านความถูกต้อง	
คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	ทำงานที่ได้รับมอบหมายได้ถูกต้องทั้งหมด
2 / ดี	ทำงานที่ได้รับมอบหมายได้ถูกต้อง 70% ขึ้นไป
1 / พอใช้	ทำงานที่ได้รับมอบหมายได้ถูกต้อง 50% ขึ้นไป
0 / ควรปรับปรุง	ทำงานที่ได้รับมอบหมายได้ถูกต้องต่ำกว่า 50 %

ด้านความตรงต่อเวลา	
คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	ทำงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จและส่งตรงเวลาที่กำหนด
2 / ดี	ทำงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จแต่ส่งไม่ตรงเวลาที่กำหนด
1 / พอใช้	ทำงานที่ได้รับมอบหมายไม่เสร็จและส่งไม่ตรงเวลาที่กำหนด
0 / ควรปรับปรุง	ไม่ปฏิบัติงานและไม่ส่งงานเลย

ด้านความมีระเบียบเรียบร้อย	
คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	ใบกิจกรรม ชี้นงาน สะอาดเรียบร้อยดี
2 / ดี	ใบกิจกรรม ชี้นงาน ส่วนใหญ่สะอาดเรียบร้อย
1 / พอใช้	ใบกิจกรรม ชี้นงาน ไม่ค่อยสะอาดเรียบร้อย
0 / ควรปรับปรุง	ใบกิจกรรม ชี้นงานไม่สะอาดเลย

การแปลผล ใช้เกณฑ์ดังนี้

คะแนน 8 – 9 หมายถึง ดีมาก

คะแนน 6 – 7 หมายถึง ดี

คะแนน 4 – 5 หมายถึง ปานกลาง

คะแนน 0 – 3 หมายถึง ควรปรับปรุง

เกณฑ์การให้คะแนนการอภิปราย

ด้านการสื่อความหมาย	
คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	พูดอธิบายเพื่อสื่อความหมายแนวความคิดในการหาคำตอบได้อย่างถูกต้องทั้งหมดตามลำดับขั้นตอนอย่างชัดเจน
2 / ดี	พูดอธิบายเพื่อสื่อความหมายแนวความคิดในการหาคำตอบได้อย่างถูกต้องตาม ลำดับขั้นตอน มีความชัดเจนเป็นบางส่วน
1 / พอใช้	พูดอธิบายเพื่อสื่อความหมายแนวความคิดในการหาคำตอบถูกต้องเป็นบางส่วน ลำดับขั้นตอนชัดเจนเป็นบางส่วน
0 / ควรปรับปรุง	ไม่สามารถพูดอธิบายเพื่อสื่อความหมายแนวความคิดในการหาคำตอบได้

ด้านการแสดงความคิดเห็น	
คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	พูดแสดงความคิดเห็นเชิงวิพากษ์วิจารณ์และสรุปความได้ถูกต้องชัดเจน และกล้าแสดงออก
2 / ดี	พูดแสดงความคิดเห็นเชิงวิพากษ์วิจารณ์และสรุปความได้ถูกต้องชัดเจน และกล้าแสดงออกเป็นส่วนใหญ่
1 / พอใช้	พูดแสดงความคิดเห็นเชิงวิพากษ์วิจารณ์และสรุปความได้ถูกต้องชัดเจน และกล้าแสดงออกเป็นบางครั้ง
0 / ควรปรับปรุง	ไม่แสดงความคิดเห็นใดๆเลย

ด้านการเชื่อมโยง	
คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	ตอบคำถามพร้อมให้เหตุผลได้ด้วยตนเอง
2 / ดี	ตอบคำถามพร้อมให้เหตุผลโดยครูหรือเพื่อนคอยชี้แนะ ในบางครั้ง
1 / พอใช้	ตอบคำถามพร้อมให้เหตุผลโดยครูหรือเพื่อนคอยชี้แนะทุกครั้ง
0 / ควรปรับปรุง	ไม่สามารถตอบคำถามใดๆได้เลย

การแปลผล ใช้เกณฑ์ดังนี้

คะแนน 8 – 9 หมายถึง ดีมาก

คะแนน 6 – 7 หมายถึง ดี

คะแนน 4 – 5 หมายถึง ปานกลาง

คะแนน 0 – 3 หมายถึง ควรปรับปรุง

แบบประเมินพฤติกรรม

ที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน																รวม	
		ความ รับผิดชอบ				มีระเบียบวินัย				ความร่วมมือ				ความ กระตือรือร้น					
		3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0		
1																			
2																			
3																			
4																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			

การแปลผล ใช้เกณฑ์ดังนี้

คะแนน 11 - 12 หมายถึง ดีมาก

คะแนน 9 - 10 หมายถึง ดี

คะแนน 6 - 8 หมายถึง ปานกลาง

คะแนน 0 - 5 หมายถึง ควรปรับปรุง

เกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรม

ด้านความรับผิดชอบ	
ระดับคุณภาพ	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	ส่งงานก่อนหรือตรงกำหนดเวลานัดหมาย
2 / ดี	ส่งงานช้ากว่ากำหนด แต่ได้มีการติดต่อชี้แจงครูผู้สอน มีเหตุผลที่รับฟังได้
1 / พอใช้	ส่งงานช้ากว่ากำหนด
0 / ควรปรับปรุง	ไม่ส่งงานเลย

ด้านมีระเบียบวินัย	
ระดับคุณภาพ	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	ปฏิบัติตามให้อยู่ในข้อตกลงที่กำหนดไว้ร่วมกันในกลุ่มอย่างเคร่งครัด
2 / ดี	ปฏิบัติตามให้อยู่ในข้อตกลงที่กำหนดไว้ร่วมกันในกลุ่มอย่างเคร่งครัดเป็นส่วนใหญ่
1 / พอใช้	ปฏิบัติตามให้อยู่ในข้อตกลงที่กำหนดไว้ร่วมกันในกลุ่มอย่างเคร่งครัดบางครั้ง
0 / ควรปรับปรุง	ไม่ปฏิบัติตามตามข้อตกลงที่กำหนดไว้ร่วมกัน

ด้านความร่วมมือ	
ระดับคุณภาพ	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	ร่วมแสดงความคิดเห็นและร่วมปฏิบัติกิจกรรมจนสำเร็จด้วยดี
2 / ดี	ร่วมแสดงความคิดเห็นและร่วมปฏิบัติกิจกรรมจนสำเร็จด้วยดีเป็นส่วนใหญ่
1 / พอใช้	ร่วมแสดงความคิดเห็นและร่วมปฏิบัติกิจกรรมจนสำเร็จด้วยดีเป็นบางเวลา
0 / ควรปรับปรุง	ไม่ร่วมแสดงความคิดเห็นและไม่ร่วมปฏิบัติกิจกรรมใดๆเลย

ด้านความกระตือรือร้น	
ระดับคุณภาพ	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	ลงมือปฏิบัติงานทันทีที่ได้รับมอบหมายและปฏิบัติเอง
2 / ดี	ลงมือปฏิบัติงานค่อนข้างช้า แต่มีเหตุผลที่พอรับฟังได้
1 / พอใช้	ลงมือปฏิบัติงานช้ามาก ต้องมีคนอื่นกระตุ้นหรือแนะนำ
0 / ควรปรับปรุง	ไม่ปฏิบัติงานเลย

แบบประเมินกระบวนการทำงานกลุ่ม
ชื่อกิจกรรม/เกม

ที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน												รวม
		การทำงานร่วมกัน				การอภิปรายร่วมกัน				การทำงานอย่างเป็นระบบ				
		3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	
	กลุ่ม													
1														
2														
3														
4														
5														
	กลุ่ม													
1														
2														
3														
4														
5														
	กลุ่ม													
1														
2														
3														
4														
5														

เกณฑ์การให้คะแนนกระบวนการทำงานกลุ่ม

การทำงานร่วมกัน	
คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	สมาชิกทุกคนร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมอย่างเต็มที่และมีความสุข
2 / ดี	สมาชิกส่วนใหญ่ร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมอย่างเต็มที่
1 / พอใช้	สมาชิกบางคนเท่านั้นที่ร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมอย่างเต็มที่
0 / ควรปรับปรุง	สมาชิกทุกคนไม่ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรม

การอภิปรายร่วมกัน	
คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	สมาชิกทุกคนร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายผลงานของกลุ่ม
2 / ดี	สมาชิกส่วนใหญ่ร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายผลงานของกลุ่ม
1 / พอใช้	สมาชิกบางคนร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายผลงานของกลุ่ม
0 / ควรปรับปรุง	สมาชิกทุกคนไม่ให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์และอภิปรายผลงานของกลุ่ม

การทำงานอย่างเป็นระบบ	
คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	มีการวางแผนในการทำงานและปฏิบัติงานอย่างเป็นขั้นตอนสมาชิกทุกคนมีงานทำ
2 / ดี	มีการวางแผนในการทำงานและปฏิบัติงานอย่างเป็นขั้นตอนสมาชิกส่วนใหญ่มีงานทำ
1 / พอใช้	มีการวางแผนในการทำงาน แต่การทำงานไม่เป็นไปตามขั้นตอน สมาชิกบางคนเท่านั้นที่ทำงาน
0 / ควรปรับปรุง	ไม่มีการวางแผนการทำงาน

การแปลผล ใช้เกณฑ์ดังนี้

- คะแนน 8 - 9 หมายถึง ดีมาก
- คะแนน 6 - 7 หมายถึง ดี
- คะแนน 4 - 5 หมายถึง ปานกลาง
- คะแนน 0 - 3 หมายถึง ควรปรับปรุง

ใบกิจกรรมที่ 1

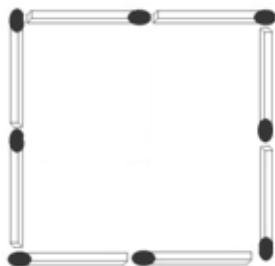
ตอนที่ 1

คำชี้แจง: ให้นักเรียนใช้ไม้ขีดไฟสร้างรูปที่ 4 , 5 , 6 , ..., 10 รูปที่ 15 และรูปที่ 20 ในแต่ละข้อต่อไปนี้อย่างนับจำนวนก้านไม้ขีดที่ใช้ จากนั้นเติมจำนวนที่นับได้ในตารางแล้วหาว่าจะต้องใช้ไม้ขีดจำนวนเท่าใด เพื่อสร้างรูปที่ n

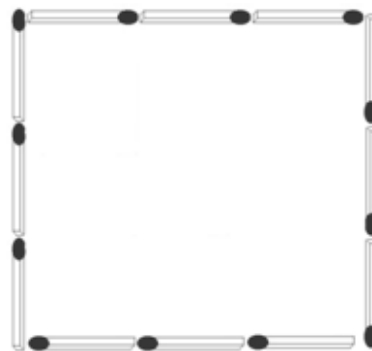
1.



รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3

รูปที่	จำนวนไม้ขีดไฟ(ก้าน)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
15	
20	
n	

2.



รูปที่ 1



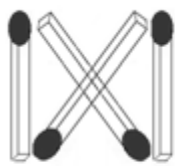
รูปที่ 2



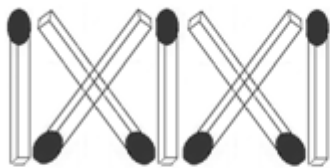
รูปที่ 3

รูปที่	จำนวนไม้ขีดไฟ(ก้าน)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
15	
20	
n	

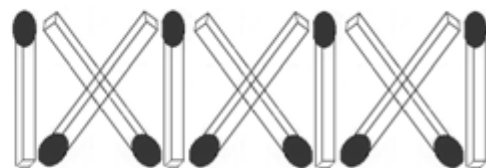
3.



รูปที่ 1



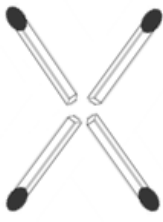
รูปที่ 2



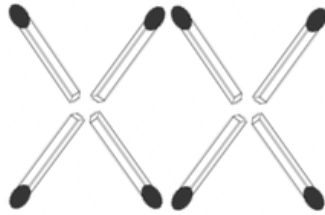
รูปที่ 3

รูปที่	จำนวนไม้ขีดไฟ(ก้าน)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
15	
20	
n	

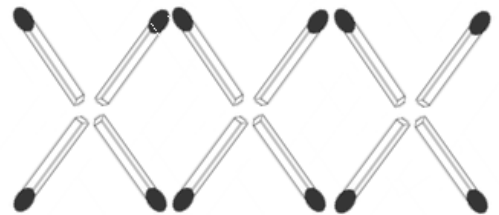
4.



รูปที่ 1



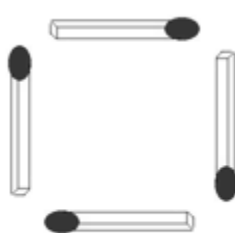
รูปที่ 2



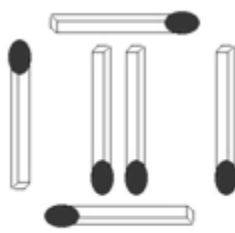
รูปที่ 3

รูปที่	จำนวนไม้ขีดไฟ(ก้าน)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
16	
20	
n	

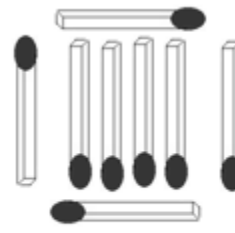
5.



รูปที่ 1



รูปที่ 2



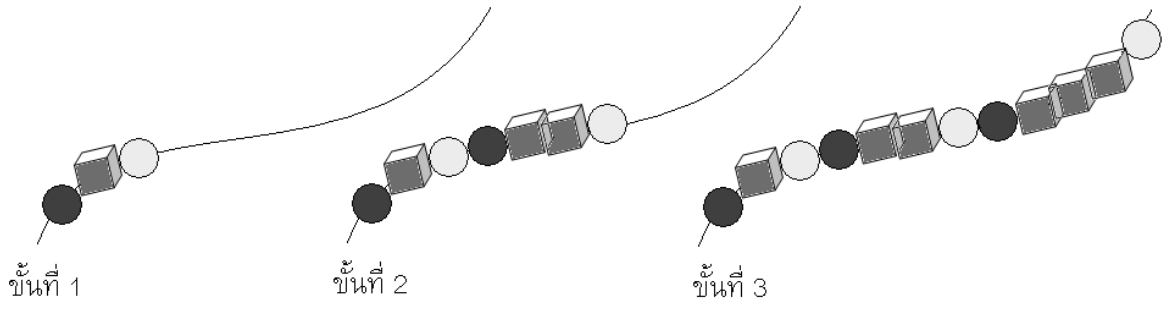
รูปที่ 3

รูปที่	จำนวนไม้ขีดไฟ(ก้าน)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
15	
20	
n	

ตอนที่ 2

คำชี้แจง: จงวาดภาพแบบรูปที่หายไปและตอบคำถามในแต่ละข้อต่อไปนี้

1. ต้นส้มร้อยสร้อยข้อมือด้วยลูกปัดสีต่างๆ ตามขั้นตอนที่กำหนดให้ จงวาดภาพการร้อยสร้อยข้อมือของต้นส้มในขั้นที่ 4 และ 5 ลงใน และตอบคำถาม



ขั้นที่ 4



ขั้นที่ 5

ถ้าต้นส้มร้อยลูกปัดตามขั้นตอนเดียวกันนี้เพื่อทำเป็นสร้อยคอ ซึ่งต้องร้อยลูกปัดถึงขั้นตอนที่ 10 จึงจะได้สร้อยคอที่ยาวพอดี อยากทราบว่าต้นส้มต้องใช้ลูกปัดสีชมพู สีเหลือง และสีน้ำเงินอย่างละเท่าใด

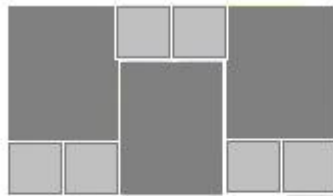
ตอบ.....

แนวคิด.....

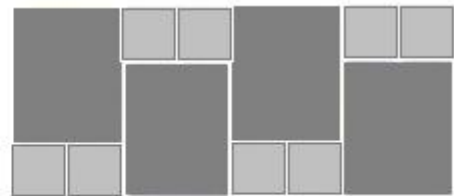
2. คุณหญิงแหวนทองต้องการปูพื้นกระเบื้องเพื่อทำทางเดินในสวนใหม่ตามแบบรูปด้านล่าง จงวาดภาพแบบรูปพื้นกระเบื้องี่องทางเดินในรูปที่ 4 และ 5 ลงใน และตอบคำถาม



รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4



รูปที่ 5

ถ้ารูปที่ 3 ยาว 1 เมตร และคุณหญิงแหวนทองต้องการปูพื้นทางเดินยาวทั้งหมด 5 เมตร อยากทราบว่าคุณหญิงแหวนทองต้องใช้กระเบื้องขนาดใหญ่และขนาดเล็กอย่างละกี่แผ่น

ตอบ.....

แนวคิด.....



แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

คำชี้แจง : จงแสดงวิธีทำ

1. จากแบบรูปของจำนวน 8 , 12, 16, 20,... นำมาเขียนความสัมพันธ์ในรูปของตารางได้ดังนี้

ลำดับที่	1	2	3	4	...
จำนวน	8	12	16	20	...

- 1.1 ลำดับที่ 5 และ ลำดับที่ 6 เป็นจำนวนใด

แนวคิดและคำตอบ

.....

.....

.....

- 1.2 ลำดับที่ 10 และ 50 เป็นจำนวนใด

แนวคิดและคำตอบ

.....

.....

.....

- 1.3 ถ้าให้ n เป็นจำนวนนับใดๆ จำนวนในลำดับที่ n เป็นเท่าใด

แนวคิดและคำตอบ

.....

.....

.....

- 1.4 นักเรียนคิดว่าจำนวน 184 และ 252 อยู่ในลำดับที่เท่าใด เพราะเหตุใด

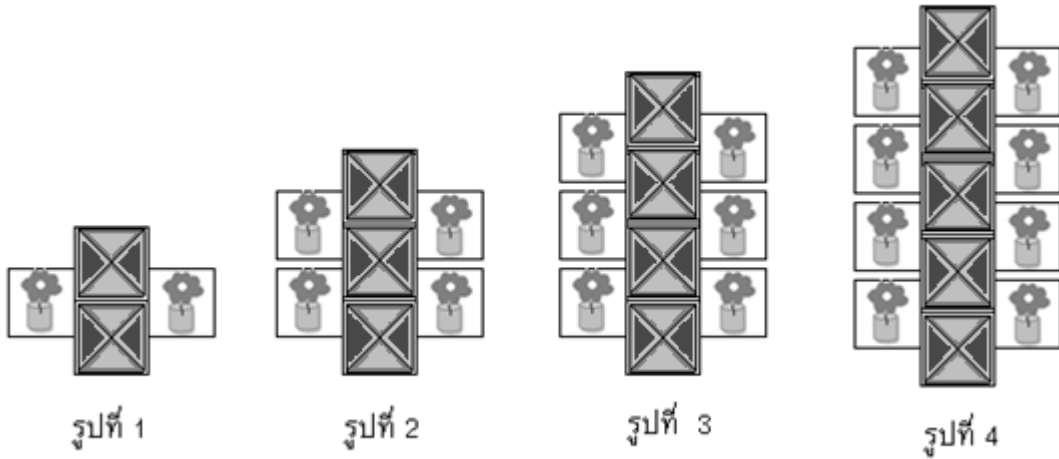
แนวคิดและคำตอบ

.....

.....

.....

2. “ทางเดินในสวน”



แบบรูปข้างต้นเป็นการปูกระเบื้องเพื่อจัดทางเดินในสวน ตลอดทางเดินทั้งสองข้างจัดวางกระถางต้นไม้ให้สัมพันธ์กับจำนวนกระเบื้องที่ใช้ ดังภาพ

2.1 ในรูปที่ 10 จะต้องใช้จำนวนกระเบื้องและกระถางต้นไม้อย่างละเท่าใด

แนวคิดและคำตอบ

.....

.....

.....

2.2 ในรูปที่ n จะต้องใช้จำนวนกระเบื้องและกระถางต้นไม้อย่างละเท่าใด

แนวคิดและคำตอบ

.....

.....

.....

2.3 ถ้าอลินต้องการปูทางเดินในสวนตามแบบรูปข้างต้น โดยซื้อกระถางต้นไม้จำนวน 40 กระถาง อลินจะต้องซื้อกระเบื้องอย่างน้อยที่สุดกี่กล่องจึงจะเพียงพอในการปูทางเดินในสวนครั้งนี้ ถ้ากระเบื้อง 1 กล่องบรรจุกระเบื้อง 10 แผ่น

แนวคิดและคำตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จงแก้สมการ $4y + 2(y-1) = 10$

วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ตรวจคำตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

4. จงแก้สมการ $\frac{3x}{2} - \frac{2x}{3} = x + \frac{7}{2}$

วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ตรวจคำตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

- 5. เชือกเส้นหนึ่งมีความยาว 20 เมตร นำเชือกทั้งหมดมาขดเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยด้านกว้างสั้นกว่าด้านยาว 2 เมตร รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่ได้จะมีพื้นที่เท่าใด

วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ตรวจคำตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

- 6. ปากกาและดินสอราคารวมกัน 15 บาท ข้าวตุ้ซื้อปากกา 4 ด้ามและดินสอ 6 แท่ง จ่ายเงินไป 70 บาท จงหาราคาของปากกา 1 ด้ามและดินสอ 1 แท่ง

วิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

ตรวจคำตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

คำชี้แจง ข้อสอบเป็นแบบเลือกตอบ 40 ข้อ ๆ ละ 1 คะแนน

คำสั่ง จงเขียนเครื่องหมาย X ข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

1.



จากแบบรูปต่อไปนี้ รูปที่ 10 จะมีจำนวนจุดทั้งหมดกี่จุด

ก. 17 จุด

ข. 18 จุด

ค. 19 จุด

ง. 20 จุด

พิจารณาแบบรูปการบวกและผลบวกต่อไปนี้ แล้วใช้ตอบคำถามข้อ 2-3

1	1
1 + 3	4
1 + 3 + 5	9
1 + 3 + 5 + 7	16
<div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> 1 </div>	<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> 2 </div>
⋮	⋮
1 + 3 + 5 + 7 + ... + 51	<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> 3 </div>

2. แบบรูปการบวกและผลบวกในช่องว่างหมายเลข ① และ ② ตามลำดับ อยู่ในข้อใด

ก. $1+3+5+7+9+11$ และ 36

ข. $1+3+5+7+9$ และ 25

ค. $1+5+7+9$ และ 22

ง. $1+3+5+9$ และ 18

3. ควรเติมจำนวนในข้อใดลงในช่องว่างหมายเลข ③

ก. 676

ข. 625

ค. 576

ง. 529

4. กำหนดแบบรูปของจำนวน ดังนี้

$$\frac{1}{2}, \frac{3}{4}, \frac{5}{8}, \frac{7}{16}, \dots$$

จำนวนในลำดับที่ 5, 6 และ 7 คือจำนวนใด

ก. $\frac{9}{32}, \frac{13}{64}, \frac{15}{256}$

ข. $\frac{9}{32}, \frac{11}{64}, \frac{13}{124}$

ค. $\frac{9}{18}$, $\frac{11}{22}$, $\frac{13}{26}$

ง. $\frac{9}{32}$, $\frac{11}{64}$, $\frac{13}{128}$

5. แบบรูปและจำนวนในลำดับที่ n ในข้อใดต่อไปนี้สอดคล้องกัน

ก. $1, 4, 9, 16, \dots, n^2$

ข. $2, 6, 8, 10, \dots, 2^n$

ค. $6, 7, 14, 21, \dots, n+5$

ง. $0, 7, 26, 65, \dots, n^2-1$

6. กำหนดแบบรูปของจำนวน ดังนี้

3 6 9 12 15 ...

จำนวนใด ไม่ได้ อยู่ในแบบรูปนี้

ก. 204

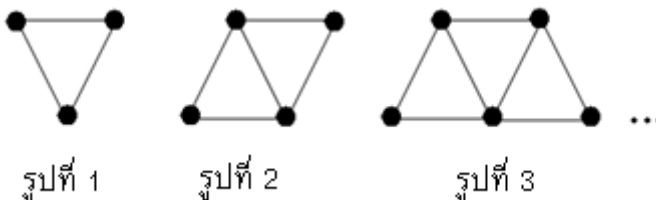
ข. 222

ค. 200

ง. 201

7. พิจารณาแบบรูปต่อไปนี้

“ไม่ชิตไฟ”



รูปที่ 1

รูปที่ 2

รูปที่ 3

ถ้าหนูยิ้มมีไม้ขีดไฟทั้งหมด 35 ก้าน หนูยิ้มจะสร้างแบบรูปตามเงื่อนไขข้างต้นได้ทั้งหมดกี่

รูป

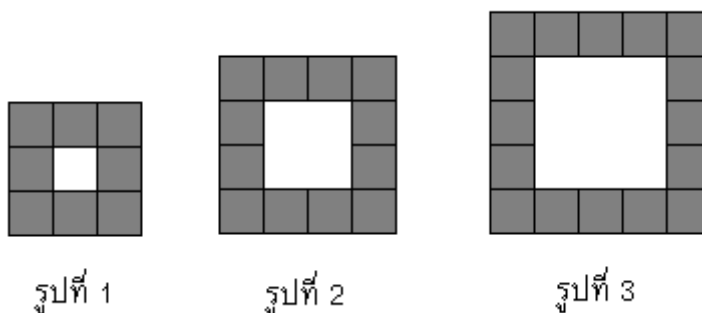
ก. 4 รูป

ข. 5 รูป

ค. 7 รูป

ง. 9 รูป


พิจารณาแบบรูปต่อไปนี้ แล้วใช้ตอบคำถามข้อ 8-9



รูปที่ 1

รูปที่ 2

รูปที่ 3

8. จากแบบรูปข้างต้น รูปที่ n ต้องใช้  ทั้งหมดกี่รูป

ก. $2+4n$

ข. $4n-2$

ค. $4n-4$

ง. $4n+4$

9. จากแบบรูปข้างต้น ถ้าไบปอมีรูปสี่เหลี่ยม 9 รูป ป่านมีรูปสี่เหลี่ยม 10 รูป ปีนมีรูปสี่เหลี่ยม 11 รูป และปูเป้มีรูปสี่เหลี่ยม 15 รูป จงหาว่าต้องนำรูปสี่เหลี่ยมของสองคนใดมารวมกัน จึงจะสร้างรูปที่ 4 ของแบบรูปนี้ได้โดยใช้รูปสี่เหลี่ยมที่มีอยู่หมดพอดี

ก. ไบปอ กับ ป่าน

ข. ป่าน กับ ปูเป้

ค. ปูเป้ กับ ปีน

ง. ปีน กับ ไบปอ

10. จากตารางแสดงความสัมพันธ์ของแต่ละจำนวนในแบบรูป 3, 8, 15, 24,... ดังนี้

ลำดับที่	จำนวน
1	$3 = 2^2 - 1$
2	$8 = 3^2 - 1$
3	$15 = 4^2 - 1$
4	$24 = 5^2 - 1$

จำนวนในลำดับที่ n ตรงกับข้อใด

ก. $n-1$

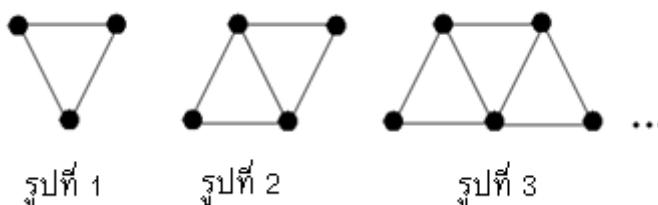
ข. $2n-1$

ค. n^2-1

ง. $(n+1)^2-1$

11. พิจารณาแบบรูปต่อไปนี้

“ไม้ขีดไฟ”



รูปที่ 1

รูปที่ 2

รูปที่ 3

แบบรูปที่กำหนดให้เป็นการนำก้อนไม้ขีดไฟมาเรียงต่อกันให้เป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีด้าน 1 ด้านร่วมกัน

ถ้าให้ n เป็นจำนวนรูปสามเหลี่ยมและ m เป็นจำนวนก้อนไม้ขีดไฟ สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง n กับ m ได้ตรงกับข้อใด

ก. $m = 2n+1$

ข. $n = 3m-1$

ค. $m = 3n-1$

ง. $n = 2m+1$

12. ประโยคใดต่อไปนี้ ไม่สามารถเขียนในรูปสมการได้

ก. ห้าเท่าของผลต่างของจำนวนหนึ่งกับแปดเป็นสิบห้า

ข. จำนวนหนึ่งบวกด้วยห้าไม่เท่ากับสิบ

ค. จำนวนหนึ่งมากกว่าเจ็ดอยู่สิบ

ง. ห้าเท่าของจำนวนหนึ่งน้อยกว่าเก้าอยู่สี่

13. จากสมการที่กำหนดให้ คำตอบของสมการใด แตกต่าง จากข้ออื่น

ก. $2m + 1 = -9$

ข. $7-k = 2$

ค. $\frac{-30}{c} = 6$

ง. $\frac{4}{5}p + 3 = -1$

14. คำตอบของสมการใดมีเพียงคำตอบเดียว

ก. $a+7 = 7+a$

ข. $m^2 = 4$

ค. $2x-3 = 7$

ง. $|x| = 6$

15. พิจารณาสมการต่อไปนี้

1. $\frac{2}{3}x = 16$

2. $\frac{2}{3}x - 12 = 4$

3. $\frac{2}{3}(x-12) = 4$

คำตอบของสมการใดบ้างที่เป็นจำนวนเดียวกัน

ก. สมการ 1 และ 2

ข. สมการ 1 และ 3

ค. สมการ 2 และ 3

ง. สมการ 1,2 และ 3

16. “ ถ้า $x-7 = t$ และ $t = -12$ แล้ว $x-7 = -12$ ” ข้อความนี้แสดงการใช้สมบัติของการเท่ากันข้อใด

ก. สมบัติสมมาตร

ข. สมบัติการคูณ

ค. สมบัติการบวก

ง. สมบัติถ่ายทอด

17. พิจารณาสมการต่อไปนี้

1) $2x-3 = 11$

2) $-4 = 25 - x$

3) $5(x+3) = -45$

4) $4x = 80$

ข้อใดใช้สมบัติของการเท่ากันเพียงสมบัติเดียวในการแก้สมการ

ก. ข้อ 1) และ ข้อ 3) ข. ข้อ 2) และ ข้อ 3) ค. ข้อ 2) และ ข้อ 4) ง. ข้อ 1) และ ข้อ 2)

18. พิจารณาการแก้สมการ $3x + 8 = 23$ ข้อใดถูกต้อง

ก. ขั้นที่ 1 นำ -8 มาบวกทั้งสองข้างของสมการ ขั้นที่ 2 นำ $\frac{1}{3}$ มาคูณทั้งสองข้างของสมการ

ข. ขั้นที่ 1 นำ $\frac{1}{3}$ มาคูณทั้งสองข้างของสมการ ขั้นที่ 2 นำ 8 มาบวกทั้งสองข้างของสมการ

ค. ขั้นที่ 1 นำ -8 มาบวกทั้งสองข้างของสมการ ขั้นที่ 2 นำ 3 มาคูณทั้งสองข้างของสมการ

ง. ขั้นที่ 1 นำ 3 มาคูณทั้งสองข้างของสมการ ขั้นที่ 2 นำ -8 มาบวกทั้งสองข้างของสมการ

19. คำตอบของสมการในข้อใดแตกต่างไปจากข้ออื่น

ก. $\frac{2}{3}(x-1) - 4 = 10$

ข. $2x+3 = 3x-19$

ค. $2(2x-1) = 3x + 20$

ง. $\frac{3x-2}{4} = 1$

20. สมการในข้อใดมีคำตอบของสมการเท่ากับคำตอบของสมการ $\frac{2(x-3)}{3} = 6$

ก. $\frac{x}{2} - 3 = 8$

ข. $2x - 17 = 7$

ค. $\frac{3}{2}x - 3 = 6$

ง. $2x - 1 = 17$

21. จงพิจารณาการแก้สมการ $\frac{2}{5}(3x+1) = 10$

วิธีทำ

$$\frac{2}{5}(3x+1) = 10$$

จะได้ $3x+1 = 25$

$$3x = 24$$

ดังนั้น $x = 8$

การแก้สมการข้างต้น ใช้สมบัติของการเท่ากันตามลำดับได้ตรงกับข้อใด

- ก. สมบัติการคูณ สมบัติการบวกและสมบัติการคูณ
- ข. สมบัติสมมาตร สมบัติการบวกและสมบัติการคูณ
- ค. สมบัติการบวก สมบัติสมมาตรและสมบัติการคูณ
- ง. สมบัติสมมาตร สมบัติการคูณและสมบัติการบวก

22. พิจารณาสมการต่อไปนี้

- 1) $3x-6 = 21$
- 2) $\frac{5}{6}x - 4 = 21$
- 3) $x+5 = 5+x$
- 4) $x - 7 = x$

ถ้าจัดกลุ่มสมการตามลักษณะคำตอบที่ได้แล้วข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

- ก. สมการ 1) และ 3) เป็นสมการที่ไม่มีจำนวนใดเป็นคำตอบ
- ข. สมการ 2) และ 4) เป็นสมการที่มีจำนวนบางจำนวนเป็นคำตอบ
- ค. สมการ 1) และ 2) เป็นสมการที่มีจำนวนบางจำนวนเป็นคำตอบ
- ง. สมการ 3) และ 4) เป็นสมการที่มีจำนวนทุกจำนวนเป็นคำตอบ

23. พิจารณาสมการต่อไปนี้

- 1) $\frac{2}{7}(3+2a) = \frac{10}{7}$
- 2) $3y + 4 = -17$
- 3) $\frac{x+1}{5} = 7$
- 4) $2(x+0.5) = 3$

คำตอบของสมการใดที่เท่ากัน

- ก. สมการ 1) และ สมการ 3)
- ข. สมการ 1) และ สมการ 4)
- ค. สมการ 1) , 2) และ 3)
- ง. สมการ 2) , 3) และ 4)

24. กำหนดให้ x เป็นจำนวนคู่ จำนวนคู่ที่ถัดจาก x ขึ้นไปและจำนวนคู่ที่ถัดจาก x ลงมาคือจำนวนใดตามลำดับ

- ก. $x-1$ และ $x+1$
- ข. $x+1$ และ $x-1$
- ค. $x-2$ และ $x+2$
- ง. $x+2$ และ $x-2$

25. “สองเท่าของผลบวกของจำนวนจำนวนหนึ่งกับสิบห้าเท่ากับห้าสิบ” เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ได้ตรงกับข้อใด (สมมติให้จำนวนจำนวนหนึ่งเป็น x)
- ก. $2x+15 = 50$ ข. $2(x+15) = 50$ ค. $x + 30 = 50$ ง. $2x + 15 = 100$
26. นายโอมมีเหรียญ 5 บาทอยู่ x เหรียญ และเหรียญ 10 บาทอยู่ $x+7$ เหรียญ นายโอมมีเงินทั้งหมดกี่บาท
- ก. $5x + 10(x+7)$ ข. $x+(x+7)$ ค. $x+5+(x+7)+10$ ง. $2x+(x+7)$
27. จำนวนหนึ่งมีเลขสองหลัก เลขโดดที่หลักหน่วยคือ y เลขโดดที่หลักสิบคือ x จำนวนนั้นเท่ากับเท่าใด
- ก. xy ข. $10xy$ ค. $10y + x$ ง. $10x+y$

พิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วใช้ตอบคำถามข้อ 28-29

“สมศักดิ์มีอายุ x ปี สมปองอายุแก่กว่าสมศักดิ์ 7 ปี สมหมายอายุอ่อนกว่าสมศักดิ์ 3 ปี สมโภชน์มีอายุเป็นสองเท่าของสมศักดิ์ และสมคิดมีอายุเท่ากับอายุของสมศักดิ์ในอีกสิบปีข้างหน้า”

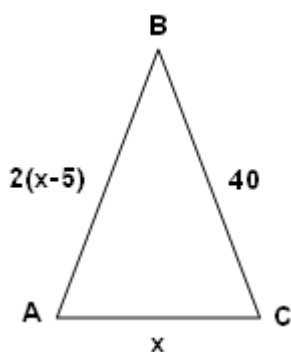
28. ข้อใดเขียนสัญลักษณ์เพื่อแสดงอายุของบุคคลซึ่งเกี่ยวข้องกับสมศักดิ์ได้ถูกต้อง
- ก. สมปองอายุ $x+7$ ปี และสมหมายอายุ $x+3$ ปี
- ข. สมโภชน์อายุ $2+x$ ปี และสมคิดอายุ $x-10$ ปี
- ค. สมหมายอายุ $x-3$ ปี และสมโภชน์อายุ $2x$ ปี
- ง. สมคิดอายุ $x+10$ ปีและสมปองอายุ $x-7$ ปี
29. ถ้าสมศักดิ์อายุ 15 ปี เรียงลำดับอายุของบุคคลซึ่งเกี่ยวข้องกับสมศักดิ์จากมากไปน้อยได้ตรงกับข้อใด
- ก. สมคิด สมโภชน์ สมปอง สมหมาย
- ข. สมคิด สมโภชน์ สมหมาย สมปอง
- ค. สมโภชน์ สมคิด สมหมาย สมปอง
- ง. สมโภชน์ สมคิด สมปอง สมหมาย

อ่านข้อความต่อไปนี้ แล้วใช้ตอบคำถามข้อ 30-31

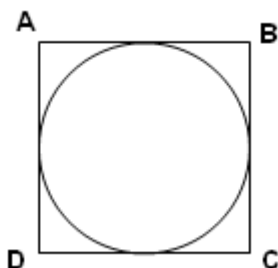
“ลุ่มมะเฟืองเลี้ยงเปิดและเลี้ยงหมู นับหัวตูรวมกันได้สามสิบสอง
ชารวมกันได้เก้าสิบนั้นชวนลอง ฝึกสมองคิดดู ว่ามีหมูอยู่ที่ตัว”

30. จากข้อความข้างต้น ถ้ากำหนดให้ x แทนจำนวนหมู เขียนสมการเพื่อหาค่า x ได้ตรงกับข้อใด
- ก. $2(32-x)+4x = 90$ ข. $32+x = 90$ ค. $(32+x)+x = 90$ ง. $4(32-x)+2x = 90$
31. ลุ่มมะเฟืองมีจำนวนหมูและจำนวนเปิดต่างกันได้ตัว
- ก. 4 ตัว ข. 5 ตัว ค. 6 ตัว ง. 7 ตัว

32. รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว ABC มี $AB = AC$ ถ้า BC ยาวเป็นสองเท่าของ AB และเส้นรอบรูปของรูปสามเหลี่ยมนี้ยาว 16 เซนติเมตร แล้ว BC ยาวกว่า AC กี่เซนติเมตร
 ก. 2 เซนติเมตร ข. 4 เซนติเมตร ค. 6 เซนติเมตร ง. 8 เซนติเมตร
33. ในการทำข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์แบบเลือกตอบจำนวน 20 ข้อ ถ้าทำถูกต้องได้คะแนนข้อละ 3 คะแนน ถ้าทำผิดติดลบข้อละ 2 คะแนน พิมพ์พรรณทำข้อสอบครบทุกข้อแล้วได้คะแนนรวม 20 คะแนน พิมพ์พรรณทำข้อสอบถูกมากกว่าผิดกี่ข้อ
 ก. 4 ข้อ ข. 6 ข้อ ค. 8 ข้อ ง. 10 ข้อ
34. จากรูป กำหนดให้ ABC เป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว ความยาวรอบรูปของรูปสามเหลี่ยม ABC เท่ากับเท่าไร



- ก. 85 หน่วย ข. 95 หน่วย ค. 100 หน่วย ง. 105 หน่วย
- 35.



- จากรูปกำหนดให้ ABCD เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและมีพื้นที่ 196 ตารางเซนติเมตร วงกลมที่อยู่ข้างในจะมีพื้นที่กี่ตารางเซนติเมตร (กำหนด $\pi = \frac{22}{7}$)
 ก. 49 ตารางเซนติเมตร ข. 98 ตารางเซนติเมตร
 ค. 154 ตารางเซนติเมตร ง. 616 ตารางเซนติเมตร

36. ในการสอบวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษครั้งหนึ่งของ ด.ช.แดง และ ด.ช.ดำ สอบได้คะแนนดังตาราง

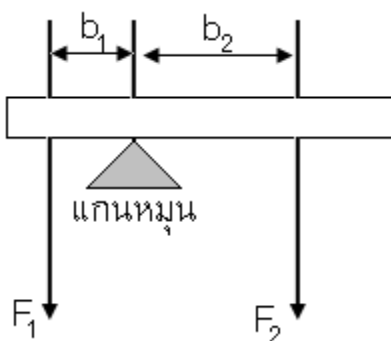
	คะแนนเต็ม	ด.ช.แดง สอบได้	ด.ช.ดำ สอบได้
วิชาคณิตศาสตร์	2a	65	a
วิชาภาษาอังกฤษ	70	$\frac{3}{2}a - 4$	1.3a

ถ้าคะแนนสอบทั้งสองวิชาของ ด.ช.แดง และ ด.ช.ดำ รวมกันเป็น 213 คะแนน แล้ว

ด.ช.แดง สอบวิชาภาษาอังกฤษได้กี่เปอร์เซ็นต์

- ก. 80% ข. 75% ค. 60% ง. 55%
37. ให้ D แทนความหนาแน่นของสารมีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร V แทนปริมาตรของสาร มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร และ M แทนมวลของสารมีหน่วยเป็นกรัม จะได้ $D = \frac{M}{V}$ ถ้าโซเดียมคลอไรด์ 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีมวล 75 กรัม โซเดียมคลอไรด์จะมีความหนาแน่นเท่าไร
- ก. 0.4 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ข. 4 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
ค. 2.5 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ง. 25 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

38.



จากภาพ ถ้ามีแรงลงล่าง 2 แรง คือ F_1 และ F_2 กระทำต่อคานเบาเหมือนกัน แล้วคานจะสมดุลรอบแกนหมุนก็ต่อเมื่อ $F_1b_1 = F_2b_2$ โดยที่ b_1 และ b_2 คือระยะทางของแรง F_1 และ F_2 จากแกนหมุนตามลำดับ ถ้า $F_1 = 20$ นิวตัน , $F_2 = 15$ นิวตัน และ $b_1 = 0.6$ เมตร ดังนั้นระยะทาง b_2 ที่ทำให้คานสมดุลมีค่าเท่ากับข้อใด

- ก. 0.5 เมตร ข. 0.8 เมตร ค. 1 เมตร ง. 1.2 เมตร
39. ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในหน่วยองศาฟาเรนไฮต์และองศาเซลเซียสเป็นไปตามสมการ

$$F = \frac{9}{5}C + 32$$

เมื่อ F เป็นอุณหภูมิในหน่วยองศาฟาเรนไฮต์

C เป็นอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส

ถ้าอุณหภูมิบนยอดดอยอินทนนท์ จ.เชียงใหม่ วันที่ 24 พฤศจิกายน 2552 เท่ากับ 48.2 องศาฟาเรนไฮต์ จะคิดเป็นอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสได้ตรงกับข้อใด

ก. 7 องศาเซลเซียส ข. 8 องศาเซลเซียส ค. 9 องศาเซลเซียส ง. 10 องศาเซลเซียส

40. จากข้อมูลของสถานีตรวจอากาศอุทกยานแห่งชาติในประเทศไทย พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของอุทกยานแห่งชาติ 4 แห่งเป็นดังนี้

อุทกยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า จังหวัดเพชรบูรณ์ มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 24 °C

อุทกยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 26 °C

อุทกยานแห่งชาติภูชี้ฟ้า จังหวัดเชียงราย มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 77 °F

อุทกยานแห่งชาติภูสอยดาว จังหวัดอุตรดิตถ์ มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 80.6 °F

ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในหน่วยองศาฟาเรนไฮต์และองศาเซลเซียส

เป็นไปตามสมการ

$$F = \frac{9}{5}C + 32$$

เมื่อ F เป็นอุณหภูมิในหน่วยองศาฟาเรนไฮต์ (°F)

C เป็นอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส (°C)

จากข้อมูลข้างต้นข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

- อุทกยานแห่งชาติภูหินร่องกล้ามีอากาศหนาวเย็นที่สุด
- อุทกยานแห่งชาติภูกระดึงมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีสูงกว่าอุทกยานแห่งชาติภูสอยดาว
- อุทกยานแห่งชาติภูหินร่องกล้ามีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีต่ำกว่าอุทกยานแห่งชาติภูชี้ฟ้า
- อุทกยานแห่งชาติภูสอยดาวมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีสูงที่สุด

.....(^_^)(^_^)(^_^)(^_^)(^_^)(^_^)(^_^)(^_^)(^_^)(^_^).....

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวอ้อมฤดี แซ่มอุปบล
วันเดือนปีเกิด	25 ธันวาคม 2524
สถานที่เกิด	อ.ตาคลี จ.นครสวรรค์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	79 ม. 1 ต.สะพานหิน อ.หนองมะโมง จ.ชัยนาท 17120
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครู คศ. 1
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนวัดสว่างอารมณ์ อ.วังน้อย จ.พระนครศรีอยุธยา
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2542	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2546	วิทยาศาสตร์บัณฑิต วิชาเอกคณิตศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2547	ประกาศนียบัตรบัณฑิต วิชาชีพครู จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2553	การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนคณิตศาสตร์) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ