

กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด เพื่อศึกษาความสามารถ
ในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ปริญญานิพนธ์
ของ
รุจิอาภา รุจิยาพนนท์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์
มีนาคม 2550
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด เพื่อศึกษาความสามารถ
ในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

บทคัดย่อ
ของ
รุจิอาภา รุจิยาพนนท์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์
มีนาคม 2550

รุจิอาภา รุจิยาพนนท์. (2550). *กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6*. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภาพร ศรีบุรินทร์ , ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชัย บวรกิตติวงศ์.

การวิจัยในครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างกิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภายหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเทศบาลวัดแหลมสุวรรณาราม (วัฒนรวมวิทยา) จังหวัดสมุทรสาคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 จำนวน 16 คน ที่สุ่มจากนักเรียนอาสาสมัครทั้งหมด 45 คน

ผู้วิจัยดำเนินการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นเวลา 11 วัน รวมเวลาทั้งหมด 22 ชั่วโมง ผู้วิจัยดำเนินการทดลองโดยให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม เริ่มจากการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มใหญ่ แล้วให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยเพื่อนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน หลังจากปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยเสร็จในแต่ละกิจกรรม ผู้วิจัยให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลแล้วบันทึกคะแนนในแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เมื่อปฏิบัติกิจกรรมครบทั้ง 10 กิจกรรมแล้วทำการทดสอบด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และสัมภาษณ์นักเรียน เพื่อวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ คะแนนที่ได้ทั้งหมดรวมเป็นคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งคิดเป็นคะแนนเต็ม 100% โดยแบ่งคะแนนแต่ละส่วน ดังนี้ คะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยคิดเป็น 10% ของคะแนนเต็ม คะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลคิดเป็น 15% ของคะแนนเต็ม คะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์คิดเป็น 70% ของคะแนนเต็ม คะแนนจากการสัมภาษณ์คิดเป็น 5% ของคะแนนเต็ม

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ระดับนัยสำคัญ .05

MATHEMATICS TEACHING AND LEARNING ACTIVITIES THROUGH OPEN – ENDED
PROBLEM SOLVING TO STUDY MATHEMATICAL CREATIVITY
IN PRATHOMSUKSA VI STUDENTS

AN ABSTRACT
BY
RUJIAPA RUJIYAPANON

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

March 2007

Rujiapa Rujiyapanon. (2007). *Mathematics Teaching and Learning Activities Through Open – Ended Problem Solving to Study Mathematical Creativity in Prathomsuksa VI Students*. Master thesis, M.Ed. (Mathematics). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Asst. Prof. Supaporn Sriburin, Asst. Prof. Apichai Bowarnkitiwong.

The purposes of this research were to create mathematics teaching and learning activities through open – ended problem solving for Prathomsuksa VI students and determine the effectiveness of mathematical creativity when used with student at Prathomsuksa VI level.

Sixteen Prathomsuksa VI students from Watlaemsuwannaram School (wattananarumwittaya) in Samutsakhon voluntarily took part in the study during the second semester of the 2005 academic year. They were taught by the researcher with using the activity package over 22 hours for the period of 11 days. The package was divided into 10 activities. At the end of each activity, the students were given individual activity. At the end of the experimentals, the students were given an achievement test and interview in mathematical creativity. The total score tests were divided as follows : 10% for ten group activity, 15% for ten individual activity, 70% for achievement test, and 5% for the interview.

An analysis of these combined scores at the .05 level of significance revealed that were not over 50% of the subject scored more than the criterion test of 60%.

กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด เพื่อศึกษาความสามารถ
ในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ปริญญานิพนธ์
ของ
รุจิอาภา รุจิยาพนนท์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์
มีนาคม 2550
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด เพื่อศึกษาความสามารถ
ในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ของ
รุจิอาภา รุจิยาพนนท์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
วันที่.....เดือน มีนาคม พ.ศ. 2550

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภาพร ศรีบุรินทร์)

.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ยงยุทธ ธนุกฤติ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชัย บวรกิตติวงศ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภาพร ศรีบุรินทร์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชัย บวรกิตติวงศ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วีวรรณ งามสันติกุล)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์อย่างสูงสุดจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุภาพร ศรีบุรินทร์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชัย บวรกิตวงศ์ ที่กรุณารับเป็นประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ พร้อมทั้งคอยดูแลและให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิด และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดีตลอดมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ยงยุทธ ธนุกฤติ และผู้ช่วยศาสตราจารย์วีวรรณ งามสันติกุล ที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบปริญญานิพนธ์ และให้ข้อแนะนำเพิ่มเติมทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณอาจารย์ปิยะ มิตรรักษ์ อาจารย์ชูศักดิ์ ดาวล้อม และอาจารย์ทองแท้ จุ้ยเจริญ ที่กรุณาตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบพระคุณอาจารย์ดารารัตน์ พรหมดี ที่กรุณาใช้เวลาตรวจแก้ไขบทคัดย่อ(Abstract) จนถูกต้องและสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนเทศบาลวัดแหลมสุวรรณาราม(วัฒนรวมวิทยา) และรองผู้อำนวยการ สมพร สุวรรณ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณชุตินา ดาวล้อม ที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำวิจัย และขอบคุณเพื่อนปริญญานิพนธ์ทุกคนที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆ

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและเป็นกำลังใจจนทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของบิดา มารดา ครู อาจารย์ ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัย และยกคุณความดีนี้ให้แก่ผู้มีพระคุณหรือเกี่ยวข้องในการทำปริญญานิพนธ์นี้ทุกท่าน

รุจิอาภา รุจิยาปนนท์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย.....	4
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	4
ตัวแปรที่ศึกษา.....	5
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย.....	5
ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
สมมติฐานทางการวิจัย.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	8
ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	8
แนวคิดที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	9
การพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	13
การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	14
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	21
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับปัญหาปลายเปิด.....	23
ความหมายของปัญหาปลายเปิด.....	23
การสร้างปัญหาปลายเปิด.....	23
การแก้ปัญหาลายเปิด.....	27
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาปลายเปิด.....	32
3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	34
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	34
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	34
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	35
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	42

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
3 (ต่อ)	
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	43
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	43
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	44
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	45
5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	53
สังเขปความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีการดำเนินการวิจัย.....	53
สรุปผลการวิจัย.....	55
อภิปรายผล.....	55
ข้อสังเกตจากงานวิจัย.....	56
ข้อเสนอแนะ.....	58
บรรณานุกรม.....	60
ภาคผนวก.....	64
ภาคผนวก ก คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	65
ภาคผนวก ข ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง.....	67
ภาคผนวก ค กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด เพื่อศึกษาความสามารถ ในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	74
ภาคผนวก ง รายนามผู้เชี่ยวชาญ.....	115
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	117

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความคิดคล่อง.....	41
2 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความคิดยืดหยุ่น.....	41
3 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความคิดริเริ่ม.....	42
4 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนรวม ที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรม รายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม การสัมภาษณ์ และแบบวัดความสามารถ ในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	46
5 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนจาก การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม	47
6. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนจาก การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม.....	47
7 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนจาก การสัมภาษณ์.....	48
8 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนจาก แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	49
9 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนน ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม จากแบบวัด ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	50
10 ค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนรวมจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม การสัมภาษณ์ และแบบวัด ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ของคะแนนเต็ม.....	51
11 การทดสอบนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนรวมจาก การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคล ทั้ง 10 กิจกรรม การสัมภาษณ์ และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ทางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม เป็นจำนวนมากกว่า ร้อยละ 50 ขึ้นไปของจำนวนนักเรียนทั้งหมด.....	52

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
12	ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของ แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	66
13	คะแนนของนักเรียนที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อย ทั้ง 10 กิจกรรม.....	68
14	คะแนนของนักเรียนที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคล ทั้ง 10 กิจกรรม.....	69
15	คะแนนของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ทางคณิตศาสตร์.....	70
16	คะแนนของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ทางคณิตศาสตร์ แยกตามคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม.....	71
17	คะแนนของนักเรียนที่ได้จากการสัมภาษณ์.....	72
18	คะแนนของนักเรียนที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อย การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคล แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ทางคณิตศาสตร์ การสัมภาษณ์ และคะแนนรวม.....	73

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1 การปรับขยายปัญหาปลายปิดเป็นปัญหาปลายเปิด.....	24
---	----

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในปัจจุบันความคิดสร้างสรรค์เข้ามามีบทบาทสำคัญทั้งในระดับโลก ระดับชาติ ระดับองค์กร ระดับสถาบันการศึกษา จนถึงระดับปัจเจกบุคคล โลกปัจจุบันเป็นโลกที่ต้องใช้ความคิดและเป็นความคิดที่มุ่งแก้ปัญหาสร้างงานที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อทุกฝ่าย รู้จักวิธีการแสวงหาวิธีการใช้ประโยชน์จากสิ่งที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ลักษณะของความคิดดังกล่าวคือลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ (ยุดา รักไทย. 2542 : 13) ความคิดสร้างสรรค์ช่วยให้เราแก้ปัญหาเดิมด้วยวิธีการใหม่ ซึ่งทำให้ได้สิ่งที่ดีกว่าเพราะในโลกความเป็นจริงไม่มีรูปแบบใดอยู่ในสภาพตายตัวตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นมิติของสถานที่หรือเวลาเพราะองค์ประกอบปลีกย่อยที่ผสมผสานแตกต่างกัน ความคิดสร้างสรรค์เกิดขึ้นจากองค์ประกอบหลายประการ เป็นสิ่งที่มาพร้อมกับคนทุกคนตั้งแต่กำเนิดโดยบุคคลสามารถส่งเสริมให้ความคิดสร้างสรรค์พัฒนาขึ้นได้ด้วยการฝึกอบรมอย่างถูกวิธี ดังนั้นการเรียนรู้แบบเป็นสูตรจึงไม่สามารถใช้ได้ผลทุกครั้ง ต้องเรียนรู้วิธีการยืดหยุ่นเพื่อสามารถปรับตัวเข้ากับบริบทที่แตกต่างกัน การเรียนรู้วิธีคิดสร้างสรรค์จึงจะสามารถช่วยให้เราคิดได้อย่างเหมาะสม (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. 2545 : 32-33)

ปัญหาของระบบการศึกษาปัจจุบันที่เกี่ยวกับการเรียนการสอน ส่วนหนึ่งเกิดจากการที่ไม่ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนานักเรียนให้มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซึ่งในความเป็นจริงนั้นมนุษย์ต่างมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์แต่ขาดการเรียนการอบรมและการฝึกฝนอย่างถูกวิธี ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนในระดับต่างๆจึงควรให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการใช้ความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนเป็นสำคัญจึงจะทำให้ระบบการศึกษามีประสิทธิภาพและผู้เรียนเกิดการพัฒนาศักยภาพในตัวเองมากขึ้น (ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์. 2546 : 40) ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา นักการศึกษาหลายท่านได้ตระหนักและวิพากษ์วิจารณ์เกี่ยวกับระบบการศึกษาไทยว่ากระบวนการเรียนการสอนที่ผ่านมาได้ทำลายศักยภาพสมองของเด็ก เพราะเป็นการท่องจำเพียงอย่างเดียวไม่ได้พัฒนากระบวนการคิด เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นคุณภาพการศึกษาของประเทศไทยยังด้อยกว่าหลายประเทศ ดังนั้นจึงเกิดการจัดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ผลักดันให้เกิดพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพ.ศ. 2542 ขึ้น โดยมีการจัดให้ใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ซึ่งถือเป็นหลักสูตรแกนกลาง ตามมาตรา 7 วรรคแรก แห่งพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพ.ศ. 2542 เพื่อกำหนดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ของแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้แตกต่างกันไปตามเป้าหมายและกระบวนการเรียนรู้ของแต่ละสาขาวิชา สำหรับสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้กำหนดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในแต่ละช่วงชั้นไว้ 6 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ สาระที่ 2 การวัด สาระที่ 3 เรขาคณิต สาระที่ 4 พีชคณิต สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น และสาระที่ 6 ทักษะ/กระบวนการทาง

คิดอย่างมีเหตุผลเป็นระบบระเบียบมีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผนตัดสินใจและแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม (กรมวิชาการ. 2545 : 1) และ ยุพิน พิพิธกุล ได้กล่าวไว้ว่า คณิตศาสตร์ช่วยสร้างให้คนมีเหตุผล มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ รู้จักทำงานเป็นระบบมีการวางแผนในการทำงาน (ยุพิน พิพิธกุล. 2530 : 3)

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการส่งเสริมให้นักเรียนเป็นคนที่มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์โดยฝึกให้นักเรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้การสอน โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นวิชาที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความคิดมนุษย์ และการจะส่งเสริมให้นักเรียนเป็นนักคิดริเริ่มสร้างสรรค์ได้นั้น ผู้สอนต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสและกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด สนุกกับการคิดจินตนาการที่มีเหตุผล และสิ่งที่เป็นเครื่องช่วยกระตุ้นความคิดที่ตัวอย่างหนึ่งคือปัญหา ซึ่งปัญหาที่มีลักษณะเปิดกว้างในการค้นหาคำตอบจะเป็นสิ่งที่ท้าทายความคิดของนักเรียนผลักดันให้นักเรียนได้คิดสิ่งใหม่ๆออกมาซึ่งเป็นการคิดสร้างสรรค์จากงานแปลเรื่องการทำงานของความคิดสร้างสรรค์เขียนโดยริชาร์ดส์ ทิวเดอร์ ซึ่งแปลโดย ประมวล บุญญโหดระ (ทิวเดอร์. 2535 : 23) ได้กล่าวถึงการทำงานของความคิดสร้างสรรค์ว่า ความคิดสร้างสรรค์มักจะเชื่อมโยงกับเรื่องของการแก้ปัญหา และการแก้ปัญหาแบบปลายเปิดจะมีช่องทางให้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ได้มาก การแก้ปัญหาปลายเปิดเป็นกระบวนการที่ต้องใช้สติปัญญา สืบสาวราวเรื่องเพื่อหาทางออกของปัญหาซึ่งอาจจัดกลุ่มของสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเพื่อฝึกกระบวนการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ได้ดังนี้

1. สถานการณ์ที่เป็นปัญหาท้าทายความคิดแบบง่ายๆแต่มีลู่วางหาคำตอบได้หลายแนวทาง
2. สถานการณ์ที่เป็นปัญหาที่ผู้ตอบจะต้องคิดโดยไม่ยึดติดอยู่ในกรอบของความคิดเดิมๆ หรือกฎเกณฑ์เดิม หรือความเคยชินเดิมมากเกินไป
3. สถานการณ์ที่ไม่สมบูรณ์คลุมเครือไม่ชัดเจนจะกระตุ้นให้ผู้ตอบคิดได้หลายแนวทาง (พงษ์เทพ บุญศรีโรจน์. 2543 : 35-38)

ในการตอบปัญหาแบบปลายเปิด นักเรียนจะต้องอธิบายการได้มาของคำตอบว่าคิดด้วยวิธีการใดและต้องบอกได้ว่าทำไมต้องใช้วิธีการที่นักเรียนเลือกแทนที่จะใช้อีกวิธีหนึ่ง คล้ายกับว่า ปัญหาแบบปลายเปิดเป็นสถานการณ์เชิงชวนเกมบังคับให้นักเรียนต้องแสดงเหตุผลและแนวคิด

ไม่เหมือนใครเป็นคำตอบเฉพาะของตัวเอง และด้วยสถานการณ์อย่างนี้จะช่วยสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนอยากที่จะแลกเปลี่ยนและเปรียบเทียบคำตอบของตนเองกับเพื่อนเป็นการเรียนรู้ร่วมกัน และจะนำมาซึ่งการพูดคุยสื่อสาร การยกเหตุผลเพื่อยืนยันและสนับสนุนคำตอบ หรือเกิดการอภิปรายในชั้นเรียนซึ่งอาจได้ความรู้ใหม่และปัญหาใหม่ด้วย เมื่อมีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกันเองและครูเกิดขึ้น การเรียนรู้ก็จะไม่น่าเบื่อและมีชีวิตชีวาและนักเรียนจะรู้สึกดีว่าเขามีเสรีภาพในการคิด (สุรชัย อินทสังข์. 2545 : 35) ซึ่งสอดคล้องกับที่ ปรีชา เนาว์เย็นผล ได้กล่าวไว้ว่าการแก้ปัญหาถือได้ว่าเป็นวิธีหนึ่งของวิธีการสอนสามารถนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมเพื่อแนะนำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ข้อเท็จจริงพื้นฐาน มโนคติ และกระบวนการเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ โดยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านบทเรียนการแก้ปัญหาซึ่งใช้ปัญหาเป็นศูนย์กลางให้นักเรียนได้สำรวจศึกษาและค้นพบด้วยตนเอง ปัญหาที่มีความเหมาะสมกับกิจกรรมลักษณะนี้คือ ปัญหาปลายเปิด (open – ended problem) ซึ่งเป็นปัญหาที่มีคำตอบเปิดกว้าง มีคำตอบที่ถูกต้องหลายคำตอบ มีวิธีหาคำตอบ หรือมีแนวทางเข้าสู่คำตอบของปัญหาได้หลายวิธี (ปรีชา เนาว์เย็นผล. 2543 : 29)

การจัดกิจกรรมการแก้ปัญหาลายเปิดนั้นควรจัดกิจกรรมให้สอดคล้องเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น ซึ่งปัญหาลายเปิดที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนต้องเป็นปัญหาที่ไม่ยากเกินความสามารถของนักเรียน ควรเป็นปัญหาที่นักเรียนสามารถหาคำตอบได้ จึงจะช่วยให้นักเรียนการศึกษารับรู้และช่วยเสริมสร้างให้นักเรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ จากการศึกษาค้นคว้าความคิดสร้างสรรค์โดย Union College Character Research Project ในปี ค.ศ.1957 ลิกอนได้ให้คำแนะนำว่า สำหรับเด็กที่มีช่วงอายุ 10 - 12 ปี ควรให้โอกาสเด็กได้สำรวจ ได้สร้าง ได้กระทำการต่างๆด้วยตนเองและให้เด็กได้สื่อสารกับเด็กคนอื่นๆเกี่ยวกับประสบการณ์ของตน เป็นช่วงเวลาสำหรับการสำรวจความสามารถและท้าทายให้พวกเขาได้เรียนรู้ถึงสิ่งที่ยากต่างๆ เด็กในวัยนี้ต้องการทดสอบความคิดและทักษะของเขาเองซึ่งเขาควรได้รับประสบการณ์ต่างๆ อย่างกว้างขวางเพื่อใช้ในการวางแผนกิจกรรมต่างๆและเพื่อใช้อภิปรายกับคนอื่น ๆ ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่า เด็กในวัยนี้จะสามารถแสดงความคิดและสื่อสารความคิดของตนออกมาให้ผู้อื่นเข้าใจได้แต่มีขาดความมั่นใจในผลงานของตนเอง ซึ่งอาจเป็นผลจากการเข้าสู่ระบบโรงเรียนและต้องทำตามกฎเกณฑ์ที่สังคมกำหนดทำให้ขาดโอกาสแสดงความคิดเห็น ดังนั้นหากโรงเรียนจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดอย่างอิสระจะทำให้นักเรียนกล้าคิดริเริ่มสร้างสรรค์และมีความมั่นใจในตนเองมากขึ้น (อารี รังสินันท์. 2527 : 54)

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาลายเปิดเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมให้นักเรียนมีโอกาสดูแลแนวคิดในการแก้ปัญหามากมาย มีโอกาสนำเสนอแนวคิดของตนเองอย่างมีเหตุผลบนพื้นฐานความรู้ทาง

คณิตศาสตร์ ซึ่งทำให้นักเรียนได้เล็งเห็นคุณค่าความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์และสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่าผลจากการวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อสร้างกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภายหลังการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้ชุดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนหรือจัดเป็นกิจกรรมเสริมให้กับนักเรียนที่สนใจกิจกรรมทางคณิตศาสตร์
2. ผลจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดเพื่อศึกษาคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ทำให้ได้แนวทางในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่สนับสนุนและส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ไปพร้อมๆ กับการเรียนรู้

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (ช่วงชั้นที่ 2) ของโรงเรียนเทศบาลวัดแหลมสุวรรณาราม (พัฒนารวมวิทยา) อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 3 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 102 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (ช่วงชั้นที่ 2) ของโรงเรียนเทศบาลวัดแหลมสุวรรณาราม (พัฒนารวมวิทยา) อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 จำนวน 16 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จากนักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนในงานวิจัยจำนวน 45 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด
2. ตัวแปรตาม คือ คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ออกแบบในรูปกิจกรรม 10 กิจกรรม แต่ละกิจกรรมจะเป็นการเสนอปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาที่เป็นปัญหาแบบปลายเปิด ซึ่งเชื่อมโยงกับบทเรียนคณิตศาสตร์และสามารถหาคำตอบของปัญหาได้ โดยใช้ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ไม่เกินกว่าระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (ช่วงชั้นที่ 2)

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 ใช้เวลาทดลอง 22 ชั่วโมง โดยดำเนินการทดลองนอกเวลาเรียนปกติ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **ปัญหาปลายเปิด** หมายถึง ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เปิดกว้างในการหาคำตอบ (มีคำตอบที่ถูกต้องหลายคำตอบ) หรือมีวิธีการหาคำตอบ มีแนวทางในการเข้าสู่คำตอบของปัญหาได้หลายวิธี

2. **กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด** หมายถึง กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยเน้นการใช้ปัญหาปลายเปิดเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินกิจกรรม ให้นักเรียนได้นำความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ไม่เกินระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มาใช้กำหนดแนวทางเพื่อหาคำตอบของปัญหา โดยการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นหรือเป็นกลุ่มย่อยและนักเรียนมีอิสระในการคิดหาคำตอบด้วยตนเอง ภายใต้การแนะนำ การช่วยขยายแนวคิด และการอำนวยความสะดวกของครู

3. **ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์** สำหรับการวิจัยครั้งนี้ หมายถึง ความสามารถทางการคิดของบุคคลที่จะนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่แปลกใหม่ ซึ่งสำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาความคิดสร้างสรรค์ 3 ลักษณะดังต่อไปนี้

3.1 **ความคิดคล่อง** หมายถึง ความสามารถทางการคิดของบุคคลในการคิดหาตอบได้อย่างถูกต้องรวดเร็วและต่อเนื่องและได้คำตอบในปริมาณมาก ๆ ในเวลาที่จำกัด

3.2 **ความคิดยืดหยุ่น** หมายถึง ความสามารถทางการคิดของบุคคลในการคิดหาคำตอบที่ถูกต้องได้หลายทาง หลายรูปแบบ และสามารถเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาได้ทันทีที่รู้ว่า

มีความจำเป็น

3.3 ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความสามารถทางการคิดของบุคคลในการคิดหาคำตอบ ที่ถูกต้องมีความแปลกใหม่และแตกต่างจากความคิดของผู้อื่น

ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 3 ลักษณะดังกล่าว ศึกษาจาก ความสามารถ 5 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการตั้งโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทาง สมongของบุคคลในการตั้งคำถามหรือโจทย์ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้คำตอบที่กำหนดให้เป็น แนวทางในการตั้งคำถามได้โดยไม่จำกัดจำนวน ซึ่งโจทย์ที่สร้างขึ้นมากเมื่อคำนวณแล้วได้ผลลัพธ์ ตรงกับคำตอบที่กำหนดให้

2. ความสามารถในการสร้างแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมongของบุคคลในการคิดหาคำตอบที่ถูกต้องหรือสร้างชุดคำตอบที่หลากหลาย จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ได้โดยไม่จำกัดจำนวน

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่ แปลกใหม่ หมายถึง ความสามารถทางสมongของบุคคลในการคิดวิธีแก้ปัญหาได้หลายวิธีและ สามารถเลือกวิธีที่เหมาะสมและแตกต่างจากวิธีเดิม หรือเป็นความสามารถในการเปลี่ยนแปลง วิธีการคิดเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

4. ความสามารถในการพิจารณาหรือประเมินปัญหาตลอดจนการคาดคะเนผลที่จะ เกิดขึ้นในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมongของบุคคลในการพิจารณา หรือประเมินปัญหาตลอดจนคาดคะเนเรื่องราวหรือทำนายเหตุการณ์ต่างๆในอนาคตได้อย่างถูกต้อง โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้กับ เหตุการณ์ในอนาคตตามเงื่อนไขที่เป็นไปได้

5. ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวเลข หรือรูปเรขาคณิต 2 มิติหรือ 3 มิติ หรือการดำเนินการ (Operation) ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมong ของบุคคลในการจัดกลุ่มจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยใช้เกณฑ์ หรือคุณสมบัติ หรือลักษณะบางอย่างที่ร่วมกันได้อย่างไม่จำกัดจำนวน

4. **แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์** หมายถึง แบบวัด ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 3 ลักษณะ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยศึกษาจากความสามารถ 5 ด้านดังกล่าว ในข้อ 3 หลังจากที่ได้ทำการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดจบ ทั้ง 10 กิจกรรมแล้ว

5. **แบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์** หมายถึง แบบสังเกต ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบบันทึกคะแนนปฏิบัติกิจกรรมในใบงานของนักเรียน โดยการ วิเคราะห์พฤติกรรมการคิดแก้ปัญหาในด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

6. คะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนแต่ละคนหลังจากที่ได้ทำการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้การแก้ปัญหา ปลายเปิดจบทั้ง 10 กิจกรรมแล้ว

7. คะแนนปฏิบัติการกิจกรรม หมายถึง คะแนนร้อยละ 30 ของคะแนนรวมทั้งหมดที่

ประเมินจากการปฏิบัติการกิจกรรมซึ่งได้จากแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

- การปฏิบัติการกิจกรรมกลุ่มย่อยร้อยละ 10 ของคะแนนทั้งหมด
- การปฏิบัติการกิจกรรมรายบุคคลร้อยละ 15 ของคะแนนทั้งหมด
- การสัมภาษณ์ ซึ่งให้คะแนนเป็นรายบุคคลร้อยละ 5 ของคะแนนทั้งหมด

8. คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง คะแนนรวมทั้งหมดซึ่งได้จาก

- คะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน คิดเป็นร้อยละ 70 ของคะแนนทั้งหมด
- คะแนนปฏิบัติการกิจกรรมของนักเรียนซึ่งเป็นกิจกรรมกลุ่มย่อย รายบุคคล และจากการสัมภาษณ์ ซึ่งคะแนนรวมทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 30 ของคะแนนทั้งหมด

9. เกณฑ์ หมายถึง ร้อยละ 60 ของคะแนนรวมทั้งหมด กล่าวคือ ถ้านักเรียนได้คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนทั้งหมด ถือว่าผู้นั้นสอบผ่านเกณฑ์

สมมติฐานทางการวิจัย

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้การแก้ปัญหา ปลายเปิด มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ เป็นจำนวนมากกว่า ร้อยละ 50 ขึ้นไปของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 1.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 1.2 แนวคิดที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 1.3 การพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 1.4 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับปัญหาปลายเปิด
 - 2.1 ความหมายของปัญหาปลายเปิด
 - 2.2 การสร้างปัญหาปลายเปิด
 - 2.3 การแก้ปัญหาลายเปิด
 - 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาลายเปิด

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

1.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

เกอร์ฮาร์ด (Gerhard. 1971 : 157) ได้นิยามความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นการสร้างหรือจัดระบบความคิดใหม่จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่นำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ริเริ่มแปลกใหม่ คาดไม่ถึง และมองเห็นผลผลิตในรูปแบบใหม่

รอย (Roy. 1982 : 143-147) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่ซับซ้อนแต่ก็สามารถสังเกตได้โดยการใช้เกณฑ์ในการพิจารณา คือ

1. ความสามารถในการสรุปเป็นหลักการทั่วไป
2. ความสามารถในการตีความหมาย
3. ความสามารถในการค้นพบเนื้อหาที่สำคัญ

เฮย์ลอค (Grinstein; & Lipsey. 2001 : 164 ; citing Haylock. 1987 : 59-74) กล่าวว่า นักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จะมีความคิดที่เป็นอิสระไม่ยึดติดกับขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบเดิมๆ พวกเขาต้องการและปรารถนาที่จะเผชิญกับสิ่งที่มีความหลากหลายทั้งทางด้านมุมมองและแนวคิดต่างๆ พวกเขาจะมีความสุขไปกับแนวความคิดใหม่ๆ และมองเห็นคุณค่าในการเรียนคณิตศาสตร์ และผลที่พวกเขาได้รับตามมาก็คือแนวความคิดใหม่ๆ นั้นเอง นักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มักมีความคิดรวบยอดในตนเองสูงและจะมีความวิตกในการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำ

ทิพย์บุปผา สาคร (2546 : 18) ได้ให้ความหมายของคำว่าความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดปัญหาคณิตศาสตร์ได้กว้างไกลหลายทิศทางด้วยการปรับปรุง ดัดแปลง ต่อเติม หาความสัมพันธ์ของสิ่งเร้าในแง่มุมต่างๆอันที่จะทำให้เกิดสิ่งใหม่

กชกร รุ่งหัวไฟ (2547 : 51) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ว่า หมายถึง ความสามารถในการคิดของนักเรียนที่นำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่แปลกใหม่ มีความยืดหยุ่น และมีความหลากหลาย โดยมีสถานการณ์ปัญหาต่างๆเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดสร้างสรรค์ออกมา

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ว่า หมายถึง ความสามารถในการคิดของบุคคลที่จะนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่แปลกใหม่ มีการดัดแปลง ต่อเติม หาความสัมพันธ์ของสิ่งเร้าในแง่มุมต่างๆ มีความยืดหยุ่นและความหลากหลาย โดยมีสถานการณ์ปัญหาต่างๆเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดสร้างสรรค์ออกมา ซึ่งผู้วิจัยสนใจศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่แสดงออกมา ซึ่งสามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ได้ 3 ลักษณะ คือ

1. ความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถในการคิดของบุคคลในการคิดหาตอบได้อย่างถูกต้องรวดเร็วและต่อเนื่องและได้คำตอบในปริมาณมากๆในเวลาจำกัด
2. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถในการคิดของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายทาง หลายรูปแบบ และสามารถเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาได้ทันทีที่รู้ว่ามีคำตอบ
3. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความสามารถในการคิดของบุคคลที่ถูกต้องมีความแปลกใหม่ในการหาคำตอบความคิดของผู้อื่น

1.2 แนวคิดที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในด้านต่างๆ ดังนี้

1.2.1 ด้านกระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ฮาดดามาร์ด (Busse; & Manfield. 1980 : 96 ; citing Hadamard :1945. unpagged.) นักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยกล่าวว่า กระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มี 4 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นขั้นตอนที่ได้รับปัญหาและบุคคลมีการกระทำต่อปัญหาในระดับที่รู้ตัว(Conscious) อย่างเป็นระบบ (Systematic) โดยวิธีการเชิงตรรก (Logical Approach) ซึ่งความพยายามในระดับที่รู้ตัวนี้จะเป็นการกระตุ้นให้เห็นแนวทางต่างๆไปในการแก้ปัญหา ซึ่งแนวทางดังกล่าวจะเข้าสู่กระบวนการคิดที่ไม่รู้ตัว
2. ขั้นครุ่นคิด (Incubation) เป็นขั้นตอนที่มีกระบวนการคิดที่ไม่รู้ตัว (Unconscious

Thinking Processes) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่เกิดจากการรวมกันของความคิดต่างๆแบบสุ่มและจะมีเพียงความคิดที่ดีเท่านั้นที่จะขึ้นสู่ระดับความรู้ตัว (Consciousness)

3. ขั้นรู้แจ้ง (Illumination) เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นในระดับรู้ตัว (Consciousness)

4. ขั้นตรวจสอบ เสนอผลงาน และการนำไปใช้ (Verification, Exposition, and Utilization of the Results) เป็นขั้นสุดท้ายของกระบวนการคิดสร้างสรรค์ที่เกิดขึ้นในระดับรู้ตัว

Guilford (กรมวิชาการ. 2535 : 16 ; อ้างอิงจาก Guilford. 1967) กล่าวว่า คนที่มีความคิดสร้างสรรค์จะต้องมีความฉับไวที่จะรับรู้ปัญหา มองเห็นปัญหา สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดใหม่ๆได้ง่าย มีความสามารถที่จะสร้างหรือแสดงความคิดเห็นใหม่ๆและปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น ซึ่งวิธีการคิดของคนเราเป็นตามลำดับขั้นดังนี้

1. การรู้และการเข้าใจ (Cognition) หมายถึง ความสามารถของสมองในการเข้าใจสิ่งต่างๆได้อย่างรวดเร็ว

2. การจำ (Memory) คือ ความสามารถของสมองในการสะสมข้อมูลต่างๆที่ได้เรียนรู้มาและสามารถระลึกออกมาได้ตามที่ต้องการ

3. การคิดแบบอนกนัย (Divergent thinking) หมายถึง ความสามารถของสมองในการให้การตอบสนองได้หลายอย่างจากสิ่งเร้าที่กำหนดให้โดยไม่จำกัดจำนวนคำตอบ

4. การคิดแบบเอกนัย (Convergent thinking) หมายถึง ความสามารถของสมองในการให้การตอบสนองที่ถูกต้องและดีที่สุดจากข้อมูลที่กำหนดให้

5. การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถของสมองในการตัดสินข้อมูลที่กำหนดให้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

1.2.2 ด้านองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

Guilford (กรมวิชาการ. 2535 : 16 ; อ้างอิงจาก Guilford. 1967) จัดวิธีการคิดแบบอนกนัยว่าเป็นความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งหมายถึง ความสามารถของบุคคลที่ใช้ในการแก้ปัญหาเป็นการคิดที่ก่อให้เกิดสิ่งต่างๆใหม่ๆ เป็นความสามารถของบุคคลที่จะประยุกต์ใช้กับงานหลายๆชนิด ซึ่งประกอบด้วยลักษณะดังต่อไปนี้

1. ความคิดริเริ่ม

2. ความคิดคล่อง

3. ความคิดยืดหยุ่น

4. ความคิดละเอียดลออ

ความคิดริเริ่ม หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่มเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาดัดแปลงและประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ขึ้น

เป็นลักษณะที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรกต้องอาศัยลักษณะความกล้าคิดกล้าลองเพื่อทดสอบความคิดของตน บ่อยครั้งต้องอาศัยความคิดจินตนาการหรือที่เรียกว่าความคิดจินตนาการประยุกต์ คือไม่ใช่คิดเพียงอย่างเดียวแต่จำเป็นต้องคิดสร้างและหาทางทำให้เกิดผลงานด้วย ความคิดริเริ่มนั้นสามารถอธิบายได้ตามลักษณะดังนี้คือ

1. ลักษณะทางกระบวนการ คือ เป็นกระบวนการคิดและสามารถแตกความคิดจากของเดิมไปสู่ความคิดแปลกใหม่ที่ไม่ซ้ำกับของเดิม
2. ลักษณะของบุคคล คือ บุคคลที่มีความคิดริเริ่มจะเป็นบุคคลที่มีเอกลักษณ์ของตนเอง เชื่อมั่นในตนเอง กล้าคิด กล้าลอง กล้าแสดงออก ไม่ขาดกลัวต่อความไม่แน่นอนหรือคลุมเครือแต่เต็มใจและยินดีที่จะเผชิญและเสี่ยงกับสภาพการณ์ดังกล่าว บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นบุคคลที่มีสุขภาพจิตดีด้วย
3. ลักษณะทางผลิตผล คือ ผลงานที่เกิดจากความคิดริเริ่มเป็นงานที่แปลกใหม่ไม่เคยปรากฏมาก่อนมีคุณค่าทั้งต่อตนเองและเป็นประโยชน์ต่อสังคมส่วนรวม คุณค่าของงานจึงมีตั้งแต่ระดับต้น เช่น ผลงานที่เกิดจากความต้องการแสดงความคิดอย่างอิสระซึ่งเกิดจากแรงจูงใจของตนเอง ทำเพื่อสนองความต้องการของตนเองโดยไม่คำนึงถึงคุณภาพของงานและค่อย ๆ พัฒนาขึ้นโดยเพิ่มทักษะบางอย่าง ต่อมาจึงเป็นขั้นงานประดิษฐ์ซึ่งเป็นสิ่งที่คิดค้นใหม่ไม่ซ้ำกับใคร นอกจากนั้นก็พัฒนางานประดิษฐ์ให้ดีขึ้นจนเป็นขั้นสูงสุด

ความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่วรวดเร็วและมีคำตอบในปริมาณที่มากในเวลาจำกัด แบ่งออกเป็น

1. ความคิดคล่องทางด้านถ้อยคำ (Word fluency) ซึ่งเป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่วนั่นเอง
2. ความคิดคล่องทางการโยงสัมพันธ์ (Associational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันหรือคล้ายกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลากำหนด
3. ความคล่องทางการแสดงออก (Expressional fluency) เป็นความสามารถในการใช้ลีลาหรือประโยค เป็นความสามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ
4. ความคล่องในการคิด (Ideational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เป็นความสามารถอันดับแรกในการที่จะพยายามเลือกเฟ้นให้ได้ความคิดที่ดีและเหมาะสมที่สุด จึงจำเป็นต้องคิดออกมาให้ได้มากหลายอย่างและแตกต่างกัน แล้วจึงนำเอาความคิดที่ได้ทั้งหมดมาพิจารณาเปรียบเทียบกันว่าความคิดอันใดจะเป็นความคิดที่ดีที่สุด

ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง แบ่งออกเป็น

1. ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous flexibility) เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายอย่าง อย่างอิสระ
2. ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง (Adaptive flexibility) เป็นความสามารถที่จะคิดได้หลากหลายและสามารถคิดดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้

ความคิดละเอียดลออ หมายถึง ความคิดในรายละเอียดที่แตกต่างหรือขยายความคิดหลักให้ได้ความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ความคิดละเอียดลออเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นยิ่งในการสร้างผลงานที่มีความแปลกใหม่ให้สำเร็จ พัฒนาการของความคิดละเอียดลออนั้นขึ้นอยู่กับ

1. อายุ เด็กที่มีอายุมากจะมีความสามารถทางด้านนี้มากกว่าเด็กอายุน้อย
2. เพศ เด็กหญิงจะมีความสามารถมากกว่าเด็กชายในด้านความคิดละเอียดลออ
3. ความสังเกต เด็กที่มีความสามารถด้านการสังเกตสูงจะมีความสามารถทางด้านความคิดละเอียดลออสูงด้วย

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า พฤติกรรมที่เป็นความคิดสร้างสรรค์นี้เป็นความสามารถด้านหนึ่งของเชาว์ปัญญา เป็นการคิดหลายทิศทาง (Divergent thinking) ที่ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

ทอร์เรนซ์ เป็นผู้ผู้นำแนวคิดและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ดมาใช้ศึกษาวิจัยในรูปแบบของการเรียนการสอน ซึ่งทอร์เรนซ์ได้สนใจที่จะศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยเน้นความคิดสร้างสรรค์ 3 องค์ประกอบ คือ

1. ความคิดคล่อง เป็นความสามารถในการผลิตความคิดได้หลากหลายเพื่อตอบสนองต่อคำถามปลายเปิดและคำถามอื่นๆไม่ว่าจะเป็นความคิดทางภาษาหรือท่าทาง เช่น ความสามารถทางคณิตศาสตร์ ดนตรี และศิลปะ เป็นต้น หรืออาจจะกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าเป็นความคิดคล่องทางด้านการโยงสัมพันธ์
2. ความคิดยืดหยุ่น เป็นความสามารถในการกระทำต่อปัญหาได้หลากหลาย คิดได้หลากหลาย และสามารถแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์ได้หลายๆด้าน
3. ความคิดริเริ่ม เป็นความคิดที่แปลกใหม่ที่แตกต่างไปจากความคิดธรรมดา หรือความคิดที่แตกต่างไปจากบุคคลอื่น หรือเป็นการรวมกันของความคิดที่ไม่มีความสัมพันธ์กันมาก่อน ทั้งในด้านความคิดหรือการกระทำ (Torrance. 1973 : 91-95)

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้สนใจศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยเน้นความคิดสร้างสรรค์ 3 ลักษณะ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

1.3 การพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สามารถพัฒนาและส่งเสริมให้เกิดขึ้นได้โดยจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งครูผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้ได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

1.3.1 การระดมสมอง (Brainstorming)

ออสเบอรน์ (สุวิทย์ มูลคำ; และ อรทัย มูลคำ. 2545 : 104-105 ; อ้างอิงจาก Osborn. 1963) นำเสนอหลักการของการแก้ปัญหาโดยวิธีการระดมสมอง ดังนี้

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

หัวใจของการแก้ปัญหาโดยวิธีการระดมสมอง คือ การไม่วิพากษ์วิจารณ์หรือตัดสินถูกผิด ทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสให้สมาชิกในกลุ่มได้เสนอความคิดเห็นอย่างเต็มที่ หลักการนี้จะทำให้ได้มาซึ่งข้อเสนอแนะมากมายในการแก้ปัญหา ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการแก้ปัญหาโดยวิธีการนี้แม้จะนั่งคิดคนเดียวก็สามารถหาวิธีการแก้ปัญหาที่มีคุณภาพได้

1.3.2 เทคนิคกอร์ดอน (The Gordon Technique)

กอร์ดอน (สุวิทย์ มูลคำ; และ อรทัย มูลคำ. 2545 : 105 ; อ้างอิงจาก Gordon. 1961) ได้เปลี่ยนแปลงวิธีการระดมสมองบางส่วนแล้วเพิ่มกระบวนการที่เรียกว่า ความคิดสร้างสรรค์เชิงปฏิบัติการขึ้นมา วิธีนี้แตกต่างจากวิธีระดมสมองตรงที่ว่าจะไม่มีการชี้แจงปัญหาอย่างละเอียดก่อนล่วงหน้า ปัญหาจะให้แนวทางกว้างๆ ในลักษณะนามธรรม (Abstract) เช่น ปัญหาคือเรื่องการหาที่จอดรถในตัวเมือง ประธานกลุ่มจะเริ่มต้นด้วยคำถามที่ว่าปัญหานี้เกี่ยวกับการเก็บสิ่งของเข้าที่เราสามารถจัดเก็บสิ่งของให้เข้าที่ได้กี่วิธี จากการทดลองใช้คำถามกับนักศึกษาในระดับอุดมศึกษา กอร์ดอนพบคำตอบมากมายดังนี้

1. เก็บใส่ถุง
2. กองไว้
3. วางไว้เป็นแถวๆ
4. ใส่กระป๋อง
5. แขนบนไม้แขวนเสื้อ
6. วางบนสายพานที่ลากไปยังที่เก็บ
7. ตัดออกเป็นชิ้นเล็กๆ
8. ฝัง

9. เอาใส่กระเป๋

10. เอาใส่กล่อง

เมื่อเวลาผ่านไปสักระยะหนึ่งประธานกลุ่มเริ่มตั้งคำถามให้แคลง เช่น พูดว่า “ของที่เราต้องการเก็บมีขนาดใหญ่” จากนั้นก็ให้ข้อจำกัดลงไปอีกว่า “สิ่งของที่พับไม่ได้หรือตัดออกเป็นชิ้นๆ ไม่ได้” คำถามอาจทำให้แคลงเท่าที่ต้องการ ทั้งนี้โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานความเชื่อว่าการเริ่มต้นด้วยคำถามที่กว้างมากๆ จะนำไปสู่คำตอบที่ตามปกติคนจะนึกไม่ถึง เช่น คำตอบที่ว่าเก็บโดยห้อยแขวน ซึ่งโดยปกติคงไม่มีใครนึกจะจอดรถเข้าที่ห้อยแขวน นอกจากนี้การเคลื่อนสิ่งของเพื่อเก็บเข้าที่โดยใช้สายพานก็สามารถเป็นจริงได้มาก

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยนำแนวคิดของเทคนิคการระดมสมองและเทคนิคการคิดนอกกรอบมาใช้ในการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็น และช่วยกันคิดแก้ปัญหาภายในกลุ่มย่อยแล้วจึงนำเสนอผลงานต่อกลุ่มใหญ่ต่อไป

1.4 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

บาลกา เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ วิทยาลัยเซนต์แมรี นอเตอร์ ดัม (Saint Mary's College, Notre Dame) รัฐอินเดียนา สหรัฐอเมริกา ได้สร้างเกณฑ์ที่ใช้วัดนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา 25 เกณฑ์ แล้วนำเกณฑ์ดังกล่าวไปสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 3 กลุ่ม ได้แก่ นักคณิตศาสตร์ นักวิชาการคณิตศาสตร์ และครูผู้สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษา แล้วคัดเลือกเกณฑ์ที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกัน 80% ขึ้นไป จากการสำรวจพบว่าได้เกณฑ์ที่ใช้วัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 6 ด้าน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ (กษกร รุ่งหัวไผ่. 2547 : 60-63 ; อ้างอิงจาก Balka. 1974 : 633-636)

1. ความสามารถในการวางหลักการหรือกฎเกณฑ์ ในลักษณะเหตุและผลจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการนำข้อมูลหรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้มาสรุปเป็นหลักการทั่วไปหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยการหาความสัมพันธ์ทางตรรกศาสตร์
2. ความสามารถในการกำหนดแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดหาคำตอบที่ถูกต้อง หรือสร้างชุดคำตอบที่หลากหลายจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ได้โดยไม่จำกัดจำนวน
3. ความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่แปลกใหม่ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดวิธีแก้ปัญหาได้หลายวิธีและสามารถเลือกวิธีการที่เหมาะสมและแตกต่างจากวิธีเดิม หรือเป็นความสามารถในการเปลี่ยนแปลงวิธีการคิดเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

4. ความสามารถในการพิจารณาหรือประเมินปัญหาตลอดจนการคาดคะเนถึงผลที่จะเกิดขึ้นในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคาดคะเนเรื่องราวหรือทำนายเหตุการณ์ต่างๆในอนาคตได้อย่างถูกต้อง โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้กับเหตุการณ์ในอนาคตตามเงื่อนไขที่เป็นไปได้

5. ความสามารถในการค้นหาข้อผิดพลาดหรือสิ่งที่ขาดหายไปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการตรวจสอบหาข้อผิดพลาดหรือสิ่งที่ขาดหายไปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้และสามารถคิดหาคำตอบที่ถูกต้องได้

6. ความสามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยๆที่เจาะจงได้ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการจับประเด็นสำคัญของปัญหาและการคิดวิธีแก้ปัญหา โดยการแยกแยะปัญหาย่อยๆเพื่อนำไปคิดหาคำตอบตามลำดับขั้นตอนจนได้คำตอบที่ถูกต้อง

หลังจากได้เกณฑ์ที่ใช้วัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แล้ว บาลกาได้นำเกณฑ์ดังกล่าวมาสร้างเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย ใช้สำหรับทดสอบนักเรียนเกรด 6 เกรด 7 และเกรด 8 แล้วจึงนำแบบทดสอบดังกล่าวไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางคณิตศาสตร์ตรวจพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขจนได้เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (Creative Ability in Mathematics Test : CAMT)

บาลกาได้นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นและแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของมินเนโซตา (Minnesota Test of Creative Thinking) ไปทดสอบกับนักเรียนเกรด 6 เกรด 7 และเกรด 8 จำนวน 500 คน แล้วนำมาตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ 3 ลักษณะ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม แล้วนำคะแนนมาวิเคราะห์ผลโดยการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มๆ โดยใช้คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และคะแนนจากแบบวัดเชาว์ปัญญาของทางโรงเรียนเป็นเกณฑ์ ผลการวิจัยพบว่าแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว ประกอบด้วย การคิด 2 ลักษณะ คือ การคิดแบบอเนกนัย ได้แก่ ด้านที่ 1, 4, 5 และ 6 และความคิดแบบเอกนัย ได้แก่ ด้านที่ 2 และ 3 และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เชาว์ปัญญา และความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป

ตัวอย่างข้อสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของบาลกาในด้านที่ 3, 4 และ 5 มีดังต่อไปนี้

ด้านที่ 3 ความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่แปลกใหม่

ตัวอย่าง สมมติให้นักเรียนมีน้ำอยู่ 1 บาร์เรลและมีกระป๋องขนาด 7 ถ้วยตวงและ 8 ถ้วยตวงอย่างละ 1 ใบ นักเรียนจะมีวิธีตวงน้ำด้วยกระป๋อง 2 ใบนี้ เพื่อให้ได้น้ำประมาณ 9 ถ้วยตวงได้อย่างไร จงอธิบายขั้นตอนวิธีการตวง

ข้อสอบดังตัวอย่าง เป็นข้อสอบสำหรับนักเรียนที่อยู่ในระดับชั้นที่สูงกว่าระดับ ประถมศึกษา และจากการทำข้อสอบของนักเรียนพบว่า นักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์ต่ำ จะตอบว่าเป็นไปไม่ได้ที่จะตวงได้ 9 ถ้วยพอดี แต่จะมีนักเรียนบางส่วนตอบว่า สามารถตวงได้ 9 ถ้วยตวงพอดีและสามารถบรรยายลำดับขั้นตอนการตวงถูกต้องตามลำดับขั้นตอน เพียง 4 ขั้นตอนนี้

ขั้นที่ 1 ตวงน้ำใส่กระป๋องขนาด 8 ถ้วยตวง

ขั้นที่ 2 เทน้ำออกจากกระป๋องขนาด 8 ถ้วยตวงใส่ในกระป๋องขนาด 7 ถ้วยตวงจะเหลือน้ำ อยู่ในกระป๋องเดิม 1 ถ้วยตวง

ขั้นที่ 3 เทน้ำจากกระป๋องขนาด 7 ถ้วยตวงกลับไปในภาชนะเดิมที่ใส่น้ำอยู่ แล้วเทน้ำที่ เหลือ 1 ถ้วยตวงจากกระป๋องขนาด 8 ถ้วยตวงใส่ในกระป๋องขนาด 7 ถ้วยตวง

ขั้นที่ 4 ใช้กระป๋องขนาด 8 ถ้วยตวงตวงน้ำใหม่อีกครั้งแล้วนำมารวมกับ 1 ถ้วยตวง ที่มีอยู่แล้ว รวมเป็น 9 ถ้วยตวง

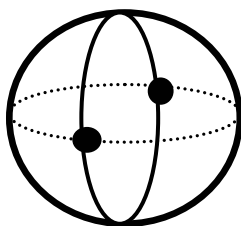
จากแนวคิดที่นักเรียนตอบมาจะเห็นได้ว่านักเรียนคนนี้ไม่เทน้ำทิ้งแต่กลับเทคืนภาชนะ เดิม ซึ่งแสดงถึงการเห็นความสำคัญของทรัพยากร ถือได้ว่าเป็นนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์สูง และมีนักเรียนบางคนตอบได้แบบเดียวกันแต่แบ่งขั้นตอนได้มากกว่านี้ หรือบาง คนเทน้ำทิ้งโดยลืมนึกไปว่าถ้าสิ่งนั้นมีค่ามากกว่าน้ำจะเป็นอย่างไร เป็นต้น

ด้านที่ 4 ความสามารถในการพิจารณาหรือประเมินปัญหาตลอดจนการคาดคะเนถึงผล ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

ตัวอย่าง มีลูกบอล 1 ลูก ถ้านักเรียนไม่มีเครื่องมือที่ช่วยในการเขียนรูปเรขาคณิต นักเรียนสามารถ เขียนรูปเรขาคณิต เช่น เส้นตรง สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม วงกลมหรือรูปหลายเหลี่ยมบนพื้นผิวของ ลูกบอลได้หรือไม่อย่างไร จงอธิบาย

นักเรียนบางคนตอบว่าไม่สามารถเขียนรูปดังกล่าวได้แต่สามารถเขียนรูปที่บิดเบี้ยวและ รูปที่เป็นรูปอิสระ ซึ่งถือว่านักเรียนกลุ่มนี้จัดเป็นนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์ค่อนข้างต่ำ แต่นักเรียนบางส่วนที่ตอบแตกต่างจากคนอื่น เช่น

- สามารถเขียนเส้นตรงสองเส้นบนลูกบอลให้ผ่านจุดตัดเดียวกัน 2 จุดได้ ดังรูป



- สามารถเขียนรูปเรขาคณิตได้ง่ายขึ้นถ้าลูกบอลนั้นมีขนาดเล็กลง เป็นต้น

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล บาลกาได้อภิปรายผลว่าคะแนนความคิดคล่องสูงเพียงอย่างเดียวไม่สามารถที่จะเป็นตัวชี้ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงได้ แต่คะแนนความคิดคล่องสูงรวมกับคะแนนความคิดยืดหยุ่นสูงสามารถเป็นตัวชี้วัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงได้ และนักเรียนที่มีคะแนนความคิดยืดหยุ่นสูงจะเป็นนักเรียนที่มีความเข้าใจปัญหา และมีความสามารถในการปรับและเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้แล้วตอบสนองต่อสภาพปัญหานั้นได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

ด้านที่ 5 ความสามารถในการค้นหาข้อผิดพลาดหรือสิ่งที่หายไปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

ตัวอย่าง จากรายงานของกระทรวงเกษตร ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าครอบครัวชาวอเมริกันต้องใช้จ่ายเงินในการซื้อของชำเป็นเงินโดยเฉลี่ย 30 ดอลลาร์ต่อสัปดาห์และค่าใช้จ่ายดังกล่าวเป็นค่าวัสดุที่ใช้บรรจุของชำนั้นๆเป็นเงิน 9 เหรียญ โดยในแต่ละรัฐจะมีขยะย่อยสลาย 577 ปอนด์ และในหนึ่งปีจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะมูลฝอยเกือบ 50 ดอลลาร์ต่อคนต่อปี โดยเฉลี่ยแล้วชาวอเมริกันทิ้งขยะ 5.3 ปอนด์ต่อวัน รัฐบาลสหรัฐอเมริกาต้องใช้งบประมาณ 4.5 พันล้านดอลลาร์ต่อปีในการกำจัดขยะและของเน่าเสียสำหรับประชากรของรัฐจำนวน 200,000,000 คน

จากข้อมูลที่กำหนดให้ข้างต้น ให้นักเรียนเขียนประโยคคำถามที่เกี่ยวกับสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์เท่าที่นักเรียนสามารถจะเขียนได้โดยสามารถใช้ข้อมูลที่กำหนดให้เป็นคำตอบ ซึ่งตัวอย่างคำถามที่นักเรียนเขียน เช่น

1. ในหนึ่งปีครอบครัวชาวอเมริกันต้องเสียค่าใช้จ่ายสำหรับซื้อของชำโดยเฉลี่ยเป็นเงินเท่าไร
2. ในเวลาหนึ่งปีครอบครัวชาวอเมริกันต้องเสียค่ากำจัดขยะมูลฝอยโดยเฉลี่ยเป็นเงินเท่าไร
3. ในหนึ่งเดือนครอบครัวชาวอเมริกันแต่ละครอบครัวต้องเสียค่าวัสดุที่ใช้ในการบรรจุหีบห่อของชำเป็นเงินเท่าไร เป็นต้น

ซึ่งจากข้อสอบดังกล่าว ต้องการให้นักเรียนพิจารณาจากข้อมูลที่กำหนดให้แล้วตั้งเป็นคำถามให้ได้มากที่สุด เพื่อวัดความสามารถในการค้นหาสิ่งที่ขาดหายไปของข้อมูล แต่จะต้องเป็นคำถามที่สามารถหาคำตอบได้โดยใช้ข้อมูลที่กำหนดให้มาคิดหาคำตอบ

สุภาวดี ตั้งบุบผา (2533 : 153-158) ได้สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2532 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร แบบทดสอบที่สร้างวัดเกี่ยวกับความสามารถของบุคคลที่แสดงความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง และความคิดยืดหยุ่น จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย 7 ด้าน ดังนี้

1. ความสามารถในการตั้งโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการตั้งคำถาม หรือโจทย์ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ได้โดยไม่จำกัดจำนวน ซึ่งโจทย์ปัญหาที่สร้างขึ้นมาเมื่อคำนวณแล้วได้ผลลัพธ์ตรงกับคำตอบที่กำหนดให้

ตัวอย่างแบบทดสอบ ให้นักเรียนตั้งโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่คำนวณแล้วได้ผลลัพธ์เท่ากับ 36 (หน่วยอะไรก็ได้)

ตัวอย่างคำตอบ 1) สนามแห่งหนึ่งมีด้านยาว ยาวกว่าด้านกว้าง 5 เมตรและถ้าวัดโดยรอบสนามนี้ ยาว 26 เมตร สนามแห่งนี้มีพื้นที่เท่าไร

2) อีก 10 ปีข้างหน้านายดำจะมีอายุ 50 ปี เมื่อ 4 ปีที่แล้วนายดำมีอายุกี่ปี

2. ความสามารถในการสร้างแบบรูปทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการสร้างชุดคำตอบจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยไม่จำกัดจำนวน

ตัวอย่างแบบทดสอบ ให้นักเรียนหาตัวเลขมาใส่ในตารางแล้วทำให้ผลบวกตามแนวนอนเท่ากับ ผลบวกตามแนวตั้งและเท่ากับผลบวกตามแนวเส้นทแยงมุมโดยใช้ตัวเลขไม่ซ้ำกัน

ตัวอย่างคำตอบ

10	11	6
5	9	13
12	7	8

8	1	6
3	5	7
4	9	2

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในทางสมองของบุคคลในการคิดวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างไปจากวิธีการเดิมจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยไม่จำกัดจำนวน

ตัวอย่างแบบทดสอบ ชาย 2 คนต้องการแบ่งน้ำจากกระป๋องคนละครึ่งซึ่งในกระป๋องมีน้ำอยู่ 8 ลิตร แต่เขามีภาชนะที่ใช้แบ่งน้ำ 2 ขนาด คือ ขนาดจุ 5 ลิตรกับขนาดจุ 3 ลิตรดังนั้นชาย 2 คนจะมีวิธีการแบ่งน้ำกันอย่างไร

ตัวอย่างคำตอบ ขั้นที่ 1 เทน้ำในกระป๋อง 8 ลิตรใส่ในภาชนะขนาดบรรจุ 5 ลิตรจนเต็ม แล้วเทน้ำจากภาชนะ 5 ลิตรไปใส่ภาชนะ 3 ลิตร ดังนั้นจะเหลือน้ำในภาชนะ 5 ลิตรอยู่ 2 ลิตร นำไปเก็บไว้ต่างหาก

ขั้นที่ 2 เทน้ำจากภาชนะ 3 ลิตรใส่คืนกระป๋องจะทำให้ในกระป๋องมีอยู่ 6 ลิตร เทน้ำจากกระป๋องใส่ภาชนะ 5 ลิตรแล้วเทน้ำจากภาชนะ 5 ลิตรใส่ภาชนะ 3 ลิตรจะทำให้เหลือน้ำในภาชนะ 5 ลิตรอยู่ 2 ลิตร นำน้ำ 2 ลิตรไปรวมกับน้ำที่ได้ในขั้นที่ 1 จะได้น้ำ 4 ลิตร

4. ความสามารถในการคาดคะเนถึงผลที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคาดคะเนเรื่องราวทำนายเหตุการณ์ต่างๆ จากความสัมพันธ์ที่ได้ในการเปรียบเทียบเหตุการณ์ครั้งนั้น แล้วขยายความไปสู่เหตุการณ์หรือเรื่องราว

ในอนาคตได้อย่างถูกต้องจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ในปริมาณที่เป็นไปตามเงื่อนไข

ตัวอย่างแบบทดสอบ ใช้ตารางข้างล่างนี้ตอบคำถาม

ตารางแสดงปริมาณข้าวที่ปลูกได้ในภาคทั้งสี่ของประเทศไทย(น้ำหนักคิดเป็นหน่วยล้านตัน)

ภาค ปี พ.ศ.	กลาง	ตะวันออก เฉียงเหนือ	เหนือ	ใต้
2529	178	163	150	186
2530	195	183	150	150
2531	199	225	150	143

ถ้าในปี พ.ศ. 2535 รัฐส่งเสริมให้ชาวนาได้ทำนาปีละสองครั้งส่วนสภาพอื่นๆคล้ายคลึงกันกับ พ.ศ. 2531 ถ้ามานักเรียนจะสามารถคาดคะเนอะไรได้บ้างเกี่ยวกับปริมาณของข้าวที่จะปลูก

ตัวอย่างคำตอบ 1) ในปี พ.ศ. 2535 ภาคเหนือคาดว่าจะได้ปริมาณข้าว 2 X 150 ล้านตัน

2) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะยังคงเป็นภาคที่ได้ปริมาณข้าวมากที่สุด

5. ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบและวิธีการคิด หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดหาคำตอบ โดยที่สามารถตรวจสอบวิธีการคิดและคำตอบที่ถูกต้องได้จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ในปริมาณที่เป็นไปตามเงื่อนไข

ตัวอย่างแบบทดสอบ ให้นักเรียนแสดงวิธีคิดหาคำตอบที่เกิดจากเงื่อนไขต่อไปนี้

1) เป็นจำนวนนับสองจำนวนใดๆ

2) ผลบวกของสองจำนวนเท่ากับ 14

3) ผลคูณของสองจำนวนมีค่ามากกว่า 10

ตัวอย่างคำตอบ ผลรวมของจำนวนทั้งสอง ผลคูณของจำนวนทั้งสอง

1. $7 + 7$

7×7

2. $1 + 13$

1×13

6. ความสามารถในการนำหลักการหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ไปใช้เป็นกรณีทั่วไป หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการให้ข้อมูลที่เป็นคำตอบจากการนำหลักการหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ไปใช้ได้อย่างไม่จำกัดจำนวน

ตัวอย่างแบบทดสอบ กรณีที่ 1 ถ้าเรานิยามเครื่องหมาย @ แทนการบวก เช่น

$a @ b$ หมายความว่า $a + b$ แต่ผลลัพธ์ไม่คิดหลักสิบ (ให้ใส่เฉพาะหลักหน่วยเท่านั้น)

เช่น $5 @ 7 = 2$

กรณีที่ 2 ถ้าเรานิยามเครื่องหมาย * แทนการลบ เช่น

$a * b$ หมายความว่า $a - b$ แต่ผลลัพธ์ไม่ติดลบ (ให้ใส่เฉพาะหลักหน่วยเท่านั้น)

เช่น $5 * 6 = 1$

ให้นักเรียนใช้เครื่องหมาย @ และ * และใช้ตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 9 เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ในรูปของสมการให้มากที่สุด

ตัวอย่างคำตอบ 1) $9 @ 8 = 7$

2) $4 * 1 = 3$

7. ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวเลข หรือเรขาคณิต หรือรูปเรขาคณิต 2 มิติ หรือ 3 มิติ หรือการจัดกระทำทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการจัดกลุ่มจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยใช้กฎเกณฑ์หรือสมบัติ หรือลักษณะบางอย่างที่ร่วมกันได้อย่างไม่จำกัด

ตัวอย่างแบบทดสอบ ให้นักเรียนจัดกลุ่มจำนวนที่กำหนดให้ตามกฎเกณฑ์ หรือสมบัติ หรือลักษณะบางอย่างร่วมกันให้ได้มากที่สุดโดยที่แต่ละกลุ่มต้องมีจำนวนตั้งแต่ 3 จำนวนขึ้นไปพร้อมทั้งระบุกฎเกณฑ์ในการจัดแต่ละกลุ่มด้วย

	12	15	17	18	19	23	27	32
<u>ตัวอย่างคำตอบ</u>			กลุ่ม				เกณฑ์	

1. 12 15 18 27 หารด้วย 3 ลงตัว

2. 12 18 32 หารด้วย 2 ลงตัว

3. 17 19 23 เป็นจำนวนเฉพาะ

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ดังที่กล่าวมาข้างต้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สนใจสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เพียง 5 ด้านโดยผู้วิจัยเลือกสร้างให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้มากที่สุด ดังนี้

1. ความสามารถในการตั้งโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการตั้งคำถามหรือโจทย์ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้คำตอบที่กำหนดให้เป็นแนวทางในการตั้งคำถามได้โดยไม่จำกัดจำนวน ซึ่งโจทย์ที่สร้างขึ้นมาเมื่อคำนวณแล้วได้ผลลัพธ์ตรงกับคำตอบที่กำหนดให้

2. ความสามารถในการสร้างแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดหาคำตอบที่ถูกต้อง หรือสร้างชุดคำตอบที่หลากหลายจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ได้โดยไม่จำกัดจำนวน

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่แปลกใหม่ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดวิธีแก้ปัญหาได้หลายๆวิธีและสามารถเลือกวิธีที่เหมาะสมและแตกต่างจากวิธีเดิม หรือเป็นความสามารถในการเปลี่ยนแปลงวิธีการคิดเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

4. ความสามารถในการพิจารณาหรือประเมินปัญหาตลอดจนการคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการพิจารณาหรือประเมินปัญหาตลอดจนคาดคะเนเรื่องราวหรือทำนายเหตุการณ์ต่างๆในอนาคตได้อย่างถูกต้อง โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้กับเหตุการณ์ในอนาคตตามเงื่อนไขที่เป็นไปได้

5. ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวเลข หรือรูปเรขาคณิต 2 มิติ หรือ 3 มิติ หรือการดำเนินการ (Operation) ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการจัดกลุ่มจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยใช้เกณฑ์หรือคุณสมบัติ หรือลักษณะบางอย่างที่ร่วมกันได้อย่างไม่จำกัดจำนวน

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังนี้

บาลกา (Balka. 1974 : 633-636) ได้ศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์โดยการสำรวจเกณฑ์ที่จะนำมาสร้างแบบทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญ 3 กลุ่ม ได้แก่ ครูผู้สอน นักวิชาการทางคณิตศาสตร์ และนักคณิตศาสตร์ ซึ่งคัดเลือกเกณฑ์ที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน 80% ขึ้นไปมาสร้างเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยซึ่งมีทั้งหมด 6 ด้าน แล้วนำไปทดสอบกับนักเรียนเกรด 6 เกรด 7 และเกรด 8 จำนวน 500 คน จากนั้นนำมาตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม แล้วนำคะแนนมาวิเคราะห์ผลโดยการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มๆ โดยใช้คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และคะแนนจากแบบวัดเชาว์ปัญญาของทางโรงเรียนเป็นเกณฑ์ในการวัด ผลจากการวิจัยพบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวประกอบด้วยความคิด 2 ลักษณะ คือ ความคิดแบบเอกนัยและความคิดอเนกนัย และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เชาว์ปัญญา และความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป

สุพัตรา ฤกษ์ปาย (2544 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยโดยการเปรียบเทียบผลของการใช้เทคนิคแบบร่วมมือและการใช้สัญญาเงื่อนไขซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อฝึกความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และมีการทำสัญญาเป็นลายลักษณ์อักษรระหว่างผู้วิจัยและนักเรียนเพื่อเป็นการเสริมแรงให้มีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีเชาว์ปัญญาระดับปานกลางและมีสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไปตามเกณฑ์ของกรมวิชาการ และมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 ลงมา ผลจากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือและใช้สัญญาเงื่อนไขเป็นกลุ่มมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นหลังจากทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ที่ระดับ .01 และนักเรียนที่ใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือและใช้สัญญาเงื่อนไขเป็นรายบุคคลมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นหลังจากการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนที่ใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือและใช้สัญญาเงื่อนไขเป็นกลุ่มมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไม่ต่างจากนักเรียนที่ใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือและใช้สัญญาเงื่อนไขเป็นรายบุคคล

กชกร รุ่งหัวไฟ (2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry Method) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 30 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย ดำเนินการทดลองสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษาเกี่ยวกับเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จะเห็นได้ว่าความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่สามารถส่งเสริมและพัฒนาขึ้นโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับการเสริมสร้างกระบวนการคิดจนกระทั่งพัฒนาเป็นความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นครูควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมมากที่สุด ซึ่งอาจสามารถทำได้โดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมแสดงความคิดเห็นต่อเพื่อนในกลุ่มการแลกเปลี่ยนแนวคิดและการที่นักเรียนได้ค้นหาคำตอบด้วยตนเองในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดซึ่งนักเรียนจะมีโอกาสในการหาคำตอบได้หลากหลายตามความสามารถ ความรู้ และความเข้าใจของนักเรียน โดยนักเรียนได้นำเสนอแนวคิดของตนเองรวมทั้งรับฟังแนวคิดของเพื่อนคนอื่น ๆ จนกระทั่งมีการอภิปรายเกี่ยวกับคำตอบที่เกิดขึ้นซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนได้รับการเสริมสร้างกระบวนการคิดและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างเต็มที่

2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับปัญหาปลายเปิด

2.1 ความหมายของปัญหาปลายเปิด

เบกเกอร์และชิมาดะ (Becker; & Shimada. 1997 : 1) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับปัญหาปลายเปิดว่า ปัญหาปลายเปิดหรือปัญหาไม่สมบูรณ์เป็นปัญหาที่สร้างขึ้นให้มีคำตอบที่ถูกต้องหลายคำตอบซึ่งมักพบอยู่เสมอในการสอนในชั้นเรียนเมื่อครูใช้ถามนักเรียนโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความหลากหลายของวิธีการหรือแนวทางเข้าสู่คำตอบของปัญหาที่กำหนด

ทาคาฮาชิ (Takahashi. 2004 : Online) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาปลายเปิดว่าเป็นกระบวนการในการสร้างให้เกิดความสนใจและกระตุ้นเร้าให้เกิดกิจกรรมคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ให้แก่นักเรียนในชั้นเรียน

การแก้ปัญหาปลายเปิดที่ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่นเป็นกระบวนการสร้างให้นักเรียนเกิดความสนใจและกระตุ้นให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ผ่านกิจกรรมและการทำงานร่วมกับผู้อื่น การเรียนการสอนที่ใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดจะเน้นกระบวนการแก้ปัญหา มากกว่าจะสนใจคำตอบ

ทาคาฮาชิ ได้แบ่งลักษณะของปัญหาปลายเปิดออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

ลักษณะที่ 1 เป็นปัญหาที่มีคำตอบเดียวแต่มีวิธีการในการหาคำตอบหรือแนวทางในการหาคำตอบได้หลายวิธี

ลักษณะที่ 2 เป็นปัญหาที่มีคำตอบที่ถูกต้องได้หลายคำตอบ

แฮนค็อก (Hancock. 1995 : 496) ได้ให้ความหมายของปัญหาปลายเปิดว่าเป็นปัญหาที่มีคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าหนึ่งคำตอบ

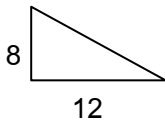
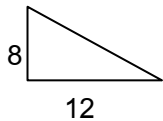
ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544 : 27) ได้ให้ความหมายของปัญหาปลายเปิดว่า เป็นปัญหาที่สร้างขึ้นให้มีคำตอบเปิดกว้าง มีคำตอบที่ถูกต้องหลายคำตอบ หรือมีวิธีการหรือแนวทางหาคำตอบได้หลายวิธี

จากการให้ความหมายของปัญหาปลายเปิดดังกล่าวข้างต้น สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้ความหมายของปัญหาปลายเปิดว่า ปัญหาปลายเปิดเป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เปิดกว้างในการหาคำตอบ(มีคำตอบที่ถูกต้องหลายคำตอบ) มีแนวทางเข้าสู่คำตอบของปัญหาได้หลายวิธี

2.2 การสร้างปัญหาปลายเปิด

โจทย์ปัญหาที่เป็นแบบฝึกหัดซึ่งนักเรียนทำอยู่เป็นประจำที่เป็นปัญหาปลายปิดซึ่งมีคำตอบและวิธีการหาคำตอบอย่างเฉพาะเจาะจงสามารถพัฒนาปรับปรุงให้เป็นงานที่มีกระบวนการและท้าทายยิ่งขึ้นกว่าเดิมโดยปรับเปลี่ยนขยายให้เป็นปัญหาปลายเปิด โดยมีวิธีการ เช่น ตัดเงื่อนไขบางประการออกไป การย้ายคำถาม การเพิ่มข้อมูลที่ไม่จำเป็นเข้าไปในปัญหา (ปรีชา เนาว์เย็นผล.2543 : 30-34) ดังตัวอย่างการปรับขยายปัญหาปลายปิดเป็นปัญหาปลายเปิด ใน

ภาพประกอบ 1

ปัญหาปลายปิด	ปรับขยายเป็นปัญหาปลายเปิด
1. $(2+6) - 3 = []$ 2. $3 \times 5 = []$ 3. จงหาจำนวนต่อไปของลำดับ 1,2,4... 4. จงหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม  5. มีมะม่วง 12 ผล จัดใส่ถุง ถุงละ 4 ผล ได้กี่ถุง 6. จงเรียงลำดับ 8.061 , 8.106 และ 8.016 จากน้อยไปหามาก 7. เราเรียกรูปที่มีห้าด้านว่ารูปอะไร 8. จงเขียนกราฟของ 1) $y = 3x+5$ 2) $y = 2x-1$ 3) $y = 7-x$	1. สร้างจำนวนใดได้บ้าง จาก 2,3 และ 6 2. จงสร้างคำถามให้มีคำตอบเป็น 15 3. จงอธิบายว่า จำนวนต่อไปของลำดับ 1,2,4,... ควรจะเป็นจำนวนใด 4. จงสร้างรูปสามเหลี่ยมให้มีพื้นที่เท่ากับพื้นที่ของรูปนี้  5. มีมะม่วง 12 ผล จัดใส่ถุง ถุงละเท่าๆกัน จัดได้อย่างไรบ้าง 6. จงยกตัวอย่างจำนวนที่อยู่ระหว่าง 8.060 และ 8.107 มา 3 จำนวนโดยเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก 7. เราสามารถสร้างรูปเรขาคณิตอะไรได้บ้าง จากส่วนของเส้นตรง 5 เส้น 8. จงสำรวจศึกษากราฟของ $y = ax + b$ สำหรับค่าต่าง ๆ ของ a และ b

ภาพประกอบ 1 การปรับขยายปัญหาปลายปิดเป็นปัญหาปลายเปิด

ที่มา : ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2543, กันยายน). กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ โดยใช้ การแก้ปัญหาลายเปิด. วารสารคณิตศาสตร์ ฉบับพิเศษ : 30-31

โดยทั่วไปเป็นการยากในการพัฒนาปัญหาให้เป็นปัญหาปลายเปิดที่ดีและเหมาะสมสำหรับนักเรียนในระดับชั้นที่แตกต่างกัน มีข้อเสนอแนะบางประการสำหรับการสร้างปัญหาปลายเปิดในกิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ดังนี้

1. เตรียมสถานการณ์เชิงกายภาพที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรเชิงปริมาณซึ่งสามารถสังเกตความสัมพันธ์ได้

2. แทนที่จะถามนักเรียนให้พิสูจน์ทฤษฎีบทเหมือนกับ “ถ้า P แล้ว Q ” เปลี่ยนปัญหานี้เป็น “ถ้า P แล้วความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆที่นักเรียนค้นพบมีอะไรบ้าง” ทั้งนี้ต้องกำหนดขอบเขตของคำว่า “สิ่งต่างๆ” ให้เฉพาะเจาะจงขึ้น

3. ในการสอนเกี่ยวกับทฤษฎีบท บทเรียนควรเริ่มต้นด้วยตัวอย่างที่สอดคล้องกับทฤษฎีบทหลายๆตัวอย่าง เช่น ในเรขาคณิตควรเริ่มด้วยการแสดงรูปเรขาคณิตที่สอดคล้องกับทฤษฎีบทหลายๆรูป แล้วให้นักเรียนสร้างข้อความคาดการณ์จากรูปเองซึ่งจะนำไปสู่ข้อความตามทฤษฎีบท

4. แสดงรายการที่เป็นลำดับหรือตารางของข้อมูลต่างๆ ให้นักเรียนค้นความสัมพันธ์หรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์

5. แสดงตัวอย่างของข้อเท็จจริงที่แสดงให้เห็นแนวคิดกว้างๆกับนักเรียน ครูยกตัวอย่างข้อเท็จจริงในด้านหนึ่งให้นักเรียนอธิบายข้อปลีกย่อยอื่นๆ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับตัวอย่าง

6. แสดงตัวอย่างของแบบฝึกหัดหรือปัญหาที่คล้ายคลึงกันหลายๆตัวอย่างให้นักเรียนหาคำตอบ แล้วให้หาสมบัติที่ร่วมกันเท่าที่เป็นไปได้ของปัญหาเหล่านี้ เช่น ปัญหาจัดการแข่งขันฟุตบอล การหาจำนวนคู่สายโทรศัพท์ การหาจำนวนเส้นทแยงมุมของรูปหลายเหลี่ยม

7. แสดงสถานการณ์เชิงกึ่งคณิตศาสตร์ (quasi-mathematics) ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่สามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยอธิบายได้ เช่น ปัญหาการอยู่กันอย่างจัดกระจายของกลุ่มก้อนหินในลักษณะต่างๆ ให้นักเรียนอธิบายว่ากลุ่มใดมีการกระจายมากที่สุดเพราะเหตุใด ให้หาวิธีการแก้ปัญหาโดยนำคณิตศาสตร์มาใช้อธิบาย

ในการสร้างแผนการสอนและพัฒนาให้เป็นแผนการสอนที่ดี ครูควรดำเนินการในประเด็นต่อไปนี้

1. ทำรายการสิ่งที่คาดหวังว่านักเรียนจะตอบสนองต่อปัญหา

นักเรียนแต่ละคนมีพื้นฐานความรู้และประสบการณ์แตกต่างกัน เมื่อเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาก็จะนำความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองมีอยู่มาใช้ทำความเข้าใจปัญหาและกำหนดวิธีการแก้ปัญหาที่มีความหมายในแนวของแต่ละคน ดังนั้นครูจะต้องจัดทำรายการเกี่ยวกับวิธีการคิดหรือยุทธวิธีการแก้ปัญหาที่คาดว่านักเรียนจะนำมาใช้เตรียมพร้อมไว้ด้วย การสอนของครูที่อยู่บนพื้นฐานความคิดของนักเรียนเป็นการส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ที่อยู่บนพื้นฐานของความเข้าใจที่มีอยู่ก่อนแล้วย่อมเป็นแรงผลักดันให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งมั่นคง แม้ว่าวิธีการของนักเรียนอาจดูไม่เป็นแบบแผนสวยงามแต่ครูสามารถสอนต่อและคอยประคับประคองให้อยู่ในแนวทางที่ชัดเจนรัดกุมยิ่งขึ้น

2. ทำจุดประสงค์ของการนำปัญหามาใช้ให้ชัดเจน

ครูควรเข้าใจบทบาทของปัญหาในแผนการสอนโดยตลอด ปัญหาสามารถใช้เป็นประเด็นอิสระ ใช้แนะนำโมติใหม่ๆ หรือใช้เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนแสดงการใช้ผลรวมของการเรียนรู้ในการแก้ปัญหา ปัญหาปลายเปิดมักใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการแนะนำหรือใช้เป็น

บทสรุปโมโนติและประมวลความรู้ สิ่งที่มีคุณค่าอีกประการหนึ่งของปัญหาปลายเปิดคือ การเปิดโอกาสให้มีวิธีคิดที่หลากหลายในการแก้ปัญหา ดังนั้นครูสามารถใช้เป็นสื่อในการแนะนำ ยุทธวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะต้องกำหนดไว้ในจุดประสงค์ให้ชัดเจน

3. ศึกษาวิธีการเสนอปัญหาเพื่อที่จะได้ช่วยให้นักเรียนเข้าใจความหมายของปัญหา หรือเข้าใจในสิ่งที่คาดหวังได้อย่างง่าย ๆ

ปัญหาจำต้องแบ่งและขยายออกเพื่อที่นักเรียนจะได้เข้าใจได้ง่ายขึ้นและมองเห็น แนวทางที่จะแก้ปัญหา ปัญหาบางปัญหามีความซับซ้อนแม้ว่าครูจะต้องการให้นักเรียนได้คิด แก้ปัญหาด้วยตนเองอย่างอิสระแต่นักเรียนอาจมีประสบการณ์น้อยไม่เพียงพอที่จะแก้ปัญหาได้ นักเรียนอาจสับสนและเลิกแก้ปัญหา ซึ่งครูจะต้องหาวิธีนำเสนอปัญหาให้ง่ายขึ้นเพื่อเป็นแนวทาง ให้กับนักเรียน

4. ทำปัญหาให้ดึงดูดความสนใจเท่าที่จะทำได้

ปัญหาจะต้องทำให้เห็นได้ชัดๆและเป็นที่ยึดเหนี่ยวของนักเรียน ควรสร้างแง่มุมที่กระตุ้น ความอยากรู้อยากเห็นอยากลองคิด เพราะว่าการแก้ปัญหาปลายเปิดต้องใช้เวลาในการคิดและ ไตร่ตรอง ปัญหาต้องดึงดูดความสนใจเพียงพอที่จะทำให้นักเรียนเอาใจจดจ่ออยู่กับการแก้ปัญหา วัสดุอุปกรณ์ รูปแบบ แผนภาพ และสื่ออื่นๆที่คล้ายคลึงกันนี้สามารถใช้เป็นสื่อช่วยเพียงทำความ เข้าใจปัญหาและช่วยให้การแก้ปัญหาเป็นไปด้วยความถูกต้อง

5. ต้องยอมให้ใช้เวลาเพียงพอที่จะสำรวจศึกษาปัญหาอย่างเต็มที่ในกลุ่มของนักเรียน

บางครั้งต้องใช้เวลาตั้งแต่การเสนอปัญหา การอภิปรายเพื่อหาทางแก้ปัญหา การได้คำตอบ และการสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ ครูต้องให้เวลาอย่างเพียงพอกับนักเรียน บทเรียนหนึ่งๆ ควรใช้เวลาประมาณ 2 คาบ คาบละ 40-50 นาทีเพราะนักเรียนต้องใช้เวลาในการศึกษาทำความเข้าใจปัญหาร่วมกันอภิปรายเพื่อค้นหาสาระสำคัญ กำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งต้องใช้เวลา ไม่น้อยกว่า 1 คาบภายในกลุ่ม เวลาที่เหลือเป็นการนำเสนอข้อความรู้หรือข้อค้นพบของกลุ่มและ การอภิปรายระหว่างกลุ่มร่วมกันทั้งชั้นและการให้ข้อเสนอแนะของครู

ในกรณีทั่วไปเมื่อเป็นการสอนโดยใช้ปัญหาปลายเปิด ครูจะต้องจัดการและจัดสรร เวลาอย่างระมัดระวังเพราะนักเรียนอาจนำเสนอหรืออภิปรายกันในเรื่องที่ทั้งคาดหวังและไม่คาดหวัง ควรให้เวลากับนักเรียนในการแก้ปัญหาอย่างเพียงพอ ปัญหาบางปัญหาอาจต้องใช้ความรู้ที่ นอกเหนือไปจากบทเรียนที่กำลังเรียน บางปัญหาต้องใช้เวลามากสำหรับการไตร่ตรอง

6. เลือกปัญหาให้เหมาะสมกับยุทธวิธีแก้ปัญหาที่จะแนะนำ

สิ่งหนึ่งที่นักเรียนต้องกระทำเมื่อเผชิญกับปัญหาคือการเลือกและประยุกต์ยุทธวิธีที่เหมาะสมมาใช้ในการแก้ปัญหา ครูต้องเลือกสถานการณ์ปัญหาให้เหมาะสมกับความรู้พื้นฐานทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียนและให้เหมาะสมกับยุทธวิธีแก้ปัญหาที่จะแนะนำ ครูสามารถแนะนำยุทธวิธี แต่ละอย่างและช่วยนักเรียนในการเรียนรู้ เมื่อนักเรียนมีความพร้อมมากขึ้นเมื่อเผชิญกับปัญหา นักเรียนจะเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมด้วยตนเอง

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างปัญหาปลายเปิดข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีแนวทางในการสร้างปัญหาปลายเปิดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งการสร้างปัญหาปลายเปิดสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างปัญหาปลายเปิดในสองลักษณะ คือ ปัญหาปลายเปิดที่ใช้สำหรับนำเข้าสู่กิจกรรมซึ่งมีโครงสร้างไม่ซับซ้อนนักและปัญหาปลายเปิดที่ใช้สำหรับขั้นประกอบกิจกรรมซึ่งเป็นปัญหาหลักที่มีโครงสร้างซับซ้อนกว่า

2.3 การแก้ปัญหาลายเปิด

นักการศึกษาได้กำหนดกระบวนการแก้ปัญหาวงคณิตศาสตร์ไว้หลายกระบวนการ แต่กระบวนการแก้ปัญหาวงคณิตศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายและผู้วิจัยนำมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาลายเปิด ได้แก่ กระบวนการแก้ปัญหาลายเปิดของโพลยา (Polya. 1985 : 34-35) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา เป็นการมองไปที่ตัวปัญหาพิจารณาว่าปัญหาต้องการอะไร ปัญหากำหนดอะไรให้บ้าง มีสาระความรู้ใดที่เกี่ยวข้องบ้าง คำตอบของปัญหาจะอยู่ในรูปแบบใด การทำความเข้าใจปัญหาอาจใช้วิธีการต่างๆช่วย เช่น การเขียนรูป เขียนแผนภูมิ การเขียนสาระของปัญหาด้วยถ้อยคำของตนเอง

2. วางแผน เป็นขั้นตอนสำคัญที่จะต้องพิจารณาว่าจะแก้ปัญหาวงด้วยวิธีใด จะแก้ได้อย่างไร ปัญหาที่กำหนดให้มีความสัมพันธ์กับปัญหาที่เคยมีประสบการณ์ในการแก้มาก่อนหรือไม่ ขั้นตอนวางแผนเป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาคิดพิจารณาความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆในปัญหามาสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาวงที่ผู้แก้ปัญหามีอยู่ กำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาวงและเลือกยุทธวิธีแก้ปัญหาวง

3. ดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนที่ลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียดต่างๆของแผนให้ชัดเจนแล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้หรือค้นพบวิธีการแก้ปัญหาวงใหม่

4. ตรวจสอบ เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหามองย้อนกลับไปขั้นตอนต่างๆที่ผ่านมาเพื่อพิจารณาความถูกต้องของคำตอบและวิธีการแก้ปัญหาวง พิจารณามีคำตอบหรือมีวิธีแก้ปัญหาวงอย่างอื่นอีกหรือไม่ พิจารณาปรับปรุงแก้ไขวิธีแก้ปัญหาวงให้กระชับรัด ชัดเจน เหมาะสมขึ้นกว่าเดิม ขั้นตอนนี้ครอบคลุมถึงการมองไปข้างหน้าโดยใช้ประโยชน์จากวิธีการแก้ปัญหาวงที่ผ่านมาขยายแนวคิดในการแก้ปัญหาวงให้กว้างขวางขึ้นกว่าเดิม

เทราท์แมนและลิซเทินเบิร์กได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหาวงขึ้น โดยได้แนวคิดพื้นฐานจากกระบวนการแก้ปัญหาลายเปิดของโพลยา ดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา ผู้แก้ปัญหาวงไม่เพียงแต่ต้องทำความเข้าใจสิ่งต่างๆที่ปรากฏในปัญหาวงเท่านั้นแต่ต้องมีความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่างๆในปัญหาวง สิ่งหนึ่งที่สำคัญในการทำทำความเข้าใจปัญหาวงคือการตั้งคำถามถามตนเองเพื่อให้เข้าใจปัญหาวงได้อย่างลึกซึ้ง

2. กำหนดแผนในการแก้ปัญหา โดยกำหนดอย่างน้อยที่สุดหนึ่งแผน การกำหนดแผนในการแก้ปัญหามากมายแผนเป็นสิ่งที่มีความหมายเพราะสามารถเปรียบเทียบและเลือกใช้แผนที่ดีกว่าน่าจะมีประสิทธิภาพที่สุด การกำหนดแผนเป็นการกำหนดยุทธวิธีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

3. ดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาลงมือทำตามแผนที่กำหนดไว้ ซึ่งมีข้อแนะนำให้ทำงานเป็นกลุ่มเพราะถ้าแต่ละคนดำเนินงานตามแผนของตนคำตอบที่ได้สามารถนำมาตรวจสอบเปรียบเทียบกันและได้เรียนรู้สิ่งที่แปลกใหม่จากเพื่อน ๆ ถ้าทุกคนในกลุ่มใช้แผนการแก้ปัญหาเดียวกันทั้งกลุ่มก็จะมีโอกาสช่วยเหลือกันแก้ปัญหาอย่างรอบคอบ สำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อน เมื่อวางแผนแบ่งงานได้เป็นส่วน ๆ ผู้แก้ปัญหาก็สามารถแบ่งกันทำงานตามแผนคนละส่วนแล้วนำมาประกอบกันจะทำให้งานลุล่วงเร็วและมีความสมบูรณ์

4. ประเมินแผนและคำตอบ ในขั้นตอนนี้ดำเนินการโดย (1) พิจารณาว่าคำตอบมีความเป็นไปได้หรือมีความสมจริงหรือไม่ (2) ตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้มีความสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดในปัญหาหรือไม่ (3) ลองแก้ปัญหาใหม่โดยการวางแผนใช้วิธีการอื่นแล้วเปรียบเทียบผลที่ได้ (4) เปรียบเทียบคำตอบของตนเองกับคำตอบของเพื่อน ๆ คนอื่น ๆ

5. ขยายปัญหา ผู้แก้ปัญหาก็ต้องค้นหาแบบรูปทั่วไปของคำตอบของปัญหาซึ่งต้องเข้าใจโครงสร้างของปัญหาอย่างชัดเจนจึงจะสามารถขยายปัญหาได้ การขยายปัญหาก็จะช่วยสร้างทักษะในการแก้ปัญหา การขยายปัญหาทำได้โดย (1) เขียนปัญหาที่คล้ายกับปัญหาเดิม (2) เสนอปัญหาใหม่ เพื่อที่ว่าผู้แก้ปัญหาก็จะค้นหารูปแบบทั่วไป กฎ หรือสูตรในการหาคำตอบ

6. บันทึกการแก้ปัญหา นักแก้ปัญหาก็ควรจะจดบันทึกการทำงานของเขเอาไว้เพื่อจะได้รื้อฟื้นหรือทบทวนความพยายามของเขาได้ การจดบันทึกอาจจะเก็บข้อมูลจากการร่วมกันคิดร่วมกันทำซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาต่อไป สิ่งที่ต้องจดบันทึกได้แก่ (1) แหล่งของปัญหา (2) ตัวปัญหาที่กำหนด (3) แนวคิดในการแก้ปัญหาหรือแบบแผนการคิดอย่างคร่าว ๆ (4) ยุทธวิธีแก้ปัญหาที่นำมาใช้หรือสามารถจะนำมาใช้ได้และ (5) ข้อแนะนำเกี่ยวกับการขยายผลของการแก้ปัญหา (Troutman; & Lichtenberg. 1995 : 4-7)

การแก้ปัญหามองทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับปัญหานั้นเป็นสิ่งสำคัญ ครูสามารถแนะนำวิธีการให้กับนักเรียนเพื่อให้ นักเรียนสามารถสร้างข้อตัดสินใจในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ด้วยตัวเองและได้รับการจุดประกายความคิด ทำให้นักเรียนมีกำลังใจและมีความสุขในการแก้ปัญหา ยุทธวิธีการแก้ปัญหาก็มีความสำคัญและเป็นสิ่งที่นักเรียนควรรู้ ซึ่งปรีชา เนาว์เย็นผล (ปรีชา เนาว์เย็นผล. 2544 : 22-26) ได้แบ่งยุทธวิธีการแก้ปัญหาก็สำคัญได้ 14 ยุทธวิธี ดังนี้

1. ยุทธวิธีเดาและตรวจสอบ

การแก้ปัญหามองทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการเดาและตรวจสอบเป็นการพิจารณาข้อมูลและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ปัญหามีกำหนดให้ผสมผสานกับประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องมาใช้เป็นกรอบ ในการเดาคำตอบของปัญหาแล้วตรวจสอบความถูกต้อง ถ้าไม่ถูกต้องก็คาดเดาใหม่โดยอาศัยประโยชน์

2. ยุทธวิธีประมาณคำตอบ

ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการคิดคำนวณในการหาคำตอบอาจใช้การประมาณค่าจำนวนต่างๆ ให้มีค่าใกล้เคียงจำนวนเต็มหน่วย จำนวนเต็มสิบ จำนวนเต็มร้อย หรือจำนวนเต็มอื่นๆ แล้วแต่กรณี แล้วประมาณคำตอบจากการคิดคำนวณอย่างคร่าวๆ ซึ่งสามารถดำเนินการได้ค่อนข้างรวดเร็วเร็วกว่าการคิดคำนวณตรงๆ บันทึกคำตอบที่ได้จากการประมาณนี้ไว้ คำตอบที่ได้จากการประมาณ จะช่วยให้มองเห็นภาพของคำตอบที่ต้องการและสามารถนำมาเปรียบเทียบกับคำตอบที่ได้จากการคิดคำนวณตามปกติเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของคำตอบ และในปัญหาบางปัญหามาจากการประมาณคำตอบสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการหาคำตอบที่ต้องการได้

3. ยุทธวิธีเขียนภาพหรือแผนภาพ

ศักยภาพในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่มีข้อจำกัดจนกระทั่งเมื่อนักเรียนคุ้นเคยกับภาษา และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เด็กเล็กค่อนข้างจะมีความยากลำบากในการใช้สัญลักษณ์เพื่อแก้ปัญหา ทางเลือกที่ดีทางหนึ่งที่เป็นรูปธรรมกว่าคือการใช้ภาพและแผนภาพ สำหรับเด็กเล็กสามารถใช้ปัญหาที่แทนด้วยรูปภาพในการบันทึกข้อสนเทศเกี่ยวกับการแก้ปัญหา เมื่อเด็กมีวุฒิภาวะขึ้นสิ่งที่แทนด้วยรูปภาพและแผนภาพจะเปลี่ยนไปเป็นตัวเลขและนิพจน์อย่างอื่นทางคณิตศาสตร์ การเขียนภาพหรือแผนภาพช่วยให้เข้าใจปัญหาได้ง่ายขึ้นและบางครั้งสามารถหาคำตอบของปัญหาได้โดยตรงจากเขียนภาพหรือแผนภาพนั้น

4. ยุทธวิธีสร้างตัวแบบ

ตัวแบบพบอยู่มากมายในคณิตศาสตร์ บางทีก็ใช้เป็นตัวแทนของมโนคติและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ตัวแบบเหล่านี้มีประโยชน์ในการแนะนำสาระใหม่ในการช่วยให้นักเรียนเข้าใจมโนคติ ตัวแบบมีประโยชน์สำหรับการแก้ปัญหาที่คุ้นเคยและไม่คุ้นเคย นักเรียนควรจะได้รับ การกระตุ้นให้ใช้ตัวแบบที่เหมาะสมในการทำความเข้าใจและกำหนดแนวคิดในการแก้ปัญหา เราสามารถใช้สิ่งต่างๆ ในการสร้างตัวแบบของสถานการณ์ปัญหา

5. ยุทธวิธีลงมือปฏิบัติ

การลงมือทำเป็นยุทธวิธีแก้ปัญหาประเภทหนึ่งที่เป็นไปตามธรรมชาติ โดยปกติอาจทำคร่าวๆ ก่อนไม่เน้นความละเอียดและประณีตเพื่อให้เห็นภาพรวมของงานที่ทำ เป็นยุทธวิธีที่ดีที่ทำให้ให้นักเรียนได้คิดผ่านการกระทำและทำให้มองเห็นภาพของสถานการณ์ที่เป็นรูปธรรมเข้าใจง่าย

6. ยุทธวิธีแจกแจงรายการ

การแจกแจงรายการเป็นการนำเสนอสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาได้แก่ ข้อมูลที่กำหนดกรณีต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่กำหนด โดยนำเสนอให้เป็นระบบมีระเบียบครบถ้วนเป็นหมวดหมู่

ป้องกันการเสนอซ้ำซ้อน อาจนำเสนอในรูปแบบตารางเพื่อให้การพิจารณาใช้ประโยชน์จากข้อมูลทำได้สมบูรณ์ การแจกแจงรายการอาจนำเสนออย่างครบถ้วนทุกประเด็นเมื่อมีกรณีต่างๆที่จะนำเสนอมีจำนวนจำกัดหรืออาจนำเสนอเพียงบางรายการที่จำเป็นและเพียงพอต่อการหาคำตอบของปัญหา

7. ยุทธวิธีสร้างตาราง

การสร้างตารางเป็นการจัดกระทำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาให้เป็นระบบระเบียบ โดยนำมาเขียนลงในตารางเพื่อช่วยให้มองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลซึ่งนำไปสู่การหาคำตอบที่ต้องการ การใช้วิธีสร้างตารางในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีประเด็นที่ควรพิจารณา ดังนี้

7.1 สร้างตารางเพื่อแสดงกรณีต่างๆที่เป็นไปได้ทั้งหมด

7.2 สร้างตารางเพื่อแสดงกรณีที่เป็นไปได้บางกรณี

7.3 สร้างตารางเพื่อค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด(หรือมากกว่า)

7.4 สร้างตารางเพื่อค้นหานัยทั่วไปของความสัมพันธ์

การสร้างตารางสามารถใช้ร่วมกับการแก้ปัญหาอย่างอื่น เช่น การเดา และการตรวจสอบ การค้นหาแบบรูป

8. ยุทธวิธีค้นหาแบบรูป

แบบรูปเป็นสิ่งที่ปรากฏอยู่แล้วในธรรมชาติและเป็นเรื่องที่มนุษย์สร้างขึ้น การค้นหาและการใช้แบบรูปสามารถประยุกต์ได้อย่างกว้างขวางในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เด็กเล็กสามารถค้นหาและพรรณนาแบบรูปได้จากการร้อยลูกปัดการเล่นไม้บล็อกและแม้กระทั่งการเล่นตีกลอง ระดับประถมศึกษาเด็กสามารถค้นหาและอธิบายแบบรูปของจำนวน (number pattern) เช่น 2, 4, 6, 8,... ; 30, 27, 24, 21,... นักเรียนที่มีวุฒิภาวะสูงกว่าจะทำกิจกรรมเกี่ยวกับแบบรูปที่เป็นนามธรรมและมีความซับซ้อนได้มากกว่า

9. ยุทธวิธีเปลี่ยนมุมมอง

การเปลี่ยนมุมมองเป็นเป็นแนวทางของการคิดมากกว่าที่จะเป็นยุทธวิธีบางที่เรียกวิธีนี้ว่า “หยุดคิดก่อน” (breaking out) เพราะผู้แก้ปัญหาต้องหยุดคิดมองปัญหาให้รอบด้าน หาวิธหามุมมองของปัญหาใหม่อาจแปลกแยกไปกว่าวิธีปกติธรรมดา

10. ยุทธวิธีนึกถึงปัญหาที่คล้ายกัน

เมื่อเผชิญกับปัญหาอย่างหนึ่งที่เราควรทำคือพิจารณาว่าปัญหานี้คล้ายกับปัญหาที่เคยแก้มาก่อนหรือไม่ ถ้าคล้ายกับปัญหาที่เคยแก้มาก่อนหรือมีบางส่วนของปัญหาล้ายกับปัญหาที่เคยแก้มาก่อน ผู้แก้ปัญหาต้องคิดทบทวนถึงวิธีการหรือยุทธวิธีที่เคยใช้แล้วพิจารณาเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่

11. ยุทธวิธีทำปัญหาให้ง่ายหรือแบ่งเป็นปัญหาย่อย

บางปัญหาคือเหมือนเป็นปัญหาใหญ่อาจเป็นเพราะขนาดของจำนวนหรือความซับซ้อนของปัญหา การทำปัญหาให้ง่ายลงจะช่วยทำให้สามารถกำหนดแนวคิดในการแก้ปัญหาและสามารถนำแนวคิดนั้นมาใช้กับปัญหาที่กำหนดได้ วิธีการหนึ่งในการทำให้ง่ายคือ การแบ่งปัญหา

ออกเป็นส่วนๆหรือเริ่มต้นปัญหาที่มีระดับความซับซ้อนน้อยลง การทำปัญหาให้ง่ายสามารถนำมาใช้เพื่อให้สามารถค้นหาแบบรูปของคำตอบได้

12. ยุทธวิธีใช้ตัวแปร

การแก้ปัญหาวีธีนี้กระทำโดยสมมติตัวแปรแทนจำนวนที่ไม่ทราบค่าสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆตามเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดกับตัวแปรที่สมมติขึ้น แล้วพิจารณาหาคำตอบของปัญหาจากความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้น ปัญหาบางปัญหาสามารถสร้างความสัมพันธ์ในรูปสมการที่สอดคล้องกับปัญหาได้ การแก้ปัญหาลักษณะนี้ทำโดยการแก้สมการแล้วพิจารณาความเป็นไปได้จากคำตอบของสมการนั้น

13. ยุทธวิธีให้เหตุผล

การให้เหตุผลในการแก้ปัญหาวีธีนี้กระทำโดยการใช้ข้อมูลต่างๆที่กำหนดในปัญหามาผนวกกับข้อความรู้ที่ทราบมาก่อนเป็นเหตุบังคืบนำไปสู่ผลซึ่งเป็นคำตอบของปัญหา ยุทธวิธีให้เหตุผลมักใช้ร่วมกับยุทธวิธีอื่นๆ

14. ยุทธวิธีทำย้อนกลับ

เป็นยุทธวิธีเฉพาะซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาบางปัญหาที่แก้ปัญหโดยเริ่มต้นจากสิ่งที่ปัญหากำหนดให้แล้วหาความเชื่อมโยงไปสู่สิ่งที่ปัญหาต้องการ ทำได้ค่อนข้างยากแต่ว่าการเริ่มต้นพิจารณาสี่ที่ปัญหาต้องการแล้วหาความเชื่อมโยงกลับไปสู่สิ่งที่ปัญหากำหนดให้ทำได้ง่ายกว่า เป็นยุทธวิธีที่มีคุณค่าสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้ เป็นวิธีการที่ฉลาดในการช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการให้เหตุผล เป็นยุทธวิธีที่ใช้การคิดวิเคราะห์จากผลไปหาเหตุ

จากที่กล่าวข้างต้นจะพบว่ามียุทธวิธีที่หลากหลายในการคิดหาคำตอบหากนักเรียนรู้ยุทธวิธีในการหาคำตอบเหล่านี้และมีแนวคิดในการคิดแก้ปัญหาย่างเป็นลำดับขั้นตอน จะทำให้นักเรียนสนุกกับการเรียนและการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนรู้วิธีการในการเข้าสู่คำตอบได้ง่ายมากยิ่งขึ้น สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้สอดแทรกกระบวนการแก้ปัญหาลำดับขั้นตอนของโพลยาให้กับนักเรียนและให้คำแนะนำแก่นักเรียนเกี่ยวกับการนำยุทธวิธีทั้ง 14 ยุทธวิธี มาใช้ในการแก้ปัญหในกิจกรรมช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ซึ่งเป็นช่วงที่ช่วยให้นักเรียนรู้จักและคุ้นเคยกับปัญหาปลายเปิดรวมทั้งกระบวนการแก้ปัญหซึ่งในการแก้ปัญหของนักเรียนแต่ละคน นักเรียนอาจใช้ยุทธวิธีใดยุทธวิธีหนึ่งหรือหลายยุทธวิธีเพื่อช่วยในการหาคำตอบซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถแสดงแนวคิดออกมาได้มากขึ้นชัดเจนขึ้นและช่วยให้นักเรียนรู้จักการคิดแก้ปัญหาย่างเป็นระบบ

ชาวาดะ (Sawada. 1997 : Online) ได้กล่าวถึงสิ่งดี 5 ข้อที่นักเรียนจะได้รับจากการแก้ปัญหาลายเปิด ดังนี้

1. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้นและได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็น
2. นักเรียนจะมีวิธีการที่ดีมากยิ่งขึ้นในการสร้างมโนคติโดยใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์
3. นักเรียนทุกคนสามารถตอบปัญหาได้ตามความเข้าใจและวิธีการของแต่ละคน

4. ในการเรียนการสอนสามารถเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงเหตุผลตามประสบการณ์ของตนทำให้นักเรียนได้ให้เหตุผลสำหรับคำตอบของตนซึ่งทำให้นักเรียนได้รับการคิดเชิงคณิตศาสตร์

5. เป็นการช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ในการค้นพบและได้รับการยอมรับจากเพื่อนนักเรียนด้วยกัน

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาปลายเปิด

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาปลายเปิดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังนี้

เบกเกอร์และชิมาดะ (Becker; & Shimada. 1997 : 1) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสอนที่ใช้ปัญหาปลายเปิดเป็นศูนย์กลางของกิจกรรมการเรียนการสอน ผลการวิจัยพบว่าการสอนโดยใช้ปัญหาปลายเปิดเป็นศูนย์กลางมีศักยภาพในการพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนมีประสบการณ์การเรียนรู้ที่แตกต่างไปจากเดิม เป็นการหาคำตอบของปัญหาซึ่งต้องใช้ความรู้ที่มีมาก่อน ทักษะ และวิธีการคิดมาบูรณาการเข้าด้วยกัน เบกเกอร์เชื่อว่าการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดจะช่วยส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์และทำให้นักเรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยวิธีปฏิบัติซึ่งอาจจะช่วยลดช่องว่างระหว่างการสอนจริงกับมุมมองของหลักสูตร

คอนเวย์ (Conway. 1999 : Online) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาปลายเปิด โดยสามารถทราบความสามารถในการแก้ปัญหาปลายเปิดได้จากการวัดลักษณะการคิด 3 ลักษณะได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม รวมทั้งพิจารณาจากการแสดงกลุ่มหรือหมวดหมู่ของคำตอบที่เป็นไปได้จากการแก้ปัญหาปลายเปิด ซึ่งผู้วิจัยสามารถวัดความสามารถในการแก้ปัญหาปลายเปิดได้จากกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน จากการวิจัยพบว่าสามารถวัดทักษะในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้จากลักษณะการคิดทั้ง 3 ลักษณะ คอนเวย์เชื่อว่าสามารถใช้การคิดทั้ง 3 ลักษณะนี้ช่วยในการส่งเสริมให้นักเรียนรู้สึกภูมิใจกับความสามารถในการแก้ปัญหาของตน และผู้ที่เป็นนักแก้ปัญหาที่ดีและประสบความสำเร็จจะต้องเป็นผู้ที่สามารถประยุกต์และมีวิธีการหลากหลายในการแก้ปัญหา

ณัฐจักร ถนอมตน (2536 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลของการใช้คำถามปลายเปิดแบบเร้าที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ของเด็กอนุบาล ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของเด็กอนุบาลกลุ่มที่ได้รับการจัดประสบการณ์โดยใช้คำถามปลายเปิดแบบเร้าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดประสบการณ์โดยใช้การสอนตามแผนการจัดประสบการณ์ชั้นเด็กเล็ก สังกัดกรุงเทพมหานคร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออของเด็กอนุบาลกลุ่มที่ได้รับการจัดประสบการณ์โดยใช้คำถามปลายเปิดแบบเร้าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดประสบการณ์โดยใช้การสอนตามแผนการจัดประสบการณ์ชั้นเด็กเล็ก สังกัด กรุงเทพมหานคร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การพัฒนา

การจัดประสบการณ์ โดยใช้คำถามปลายเปิดแบบเร้าหลังการทดลองสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาว่าเมื่อใช้กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นจะส่งผลอย่างไรต่อนักเรียนในด้านความสามารถในการแก้ปัญหา พฤติกรรมการคิดแก้ปัญหา เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา ค 101 คณิตศาสตร์ 1 ผู้วิจัยพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหา ปลายเปิด ในลักษณะเป็นชุดกิจกรรมแก้ปัญหา แบ่งเป็น 15 กิจกรรมใช้เวลาปฏิบัติกิจกรรมละ 100 นาที โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาสี่ขั้นตอนของโพลยาและการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตเป็นกรอบความคิดในการสร้างคำถามกระตุ้นให้นักเรียนแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 ก่อนเรียนนักเรียนในกลุ่มทดลองส่วนใหญ่มีความสามารถในการแก้ปัญหาค่อนข้างต่ำ ในระหว่างเรียนนักเรียนค่อยๆมีการพัฒนาขึ้นและในระยะสุดท้ายนักเรียนส่วนใหญ่สามารถวางแผน ในการกำหนดแนวคิดในการแก้ปัญหาเองได้อย่างอิสระ สำหรับด้านพฤติกรรมการคิดแก้ปัญหา ก่อนเรียนนักเรียนทุกคนในกลุ่มทดลองอยู่ในระดับต้องแก้ไข หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ มีพฤติกรรมการคิดแก้ปัญหาอยู่ในระดับดีถึงดีมาก ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเกณฑ์ปกติของ โรงเรียน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาปลายเปิด จะเห็นได้ว่าการนำปัญหา ปลายเปิดมาใช้ในการจัดกิจกรรมเรียนการสอนคณิตศาสตร์จะทำให้นักเรียนมีประสบการณ์ การเรียนรู้ที่แตกต่างไปจากเดิมโดยนักเรียนสามารถหาคำตอบที่ถูกต้องได้หลายวิธีจากการ บูรณาการความรู้ ทักษะและวิธีการคิดแก้ปัญหา นอกจากนี้ยังเป็นการเสริมสร้างให้นักเรียนเป็นคน มีเหตุผล มีความคิดสร้างสรรค์ เป็นนักคิดและนักแก้ปัญหาที่ดี ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะจัดกิจกรรม การเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (ช่วงชั้นที่ 2) ของโรงเรียนเทศบาลวัดแหลมสุวรรณาราม (พัฒนารวมวิทยา) อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 3 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 102 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (ช่วงชั้นที่ 2) ของโรงเรียนเทศบาลวัดแหลมสุวรรณาราม (พัฒนารวมวิทยา) อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 จำนวน 16 คนซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จากนักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนของการวิจัย จำนวน 45 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดที่ผู้วิจัยเรียบเรียงขึ้นประกอบด้วย

- 1.1 แผนการจัดการเรียนรู้
- 1.2 เอกสารเสริมสำหรับครู
2. แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
3. แบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด

ผู้วิจัยดำเนินการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์ในระดับชั้นประถมศึกษา (ช่วงชั้นที่ 1 และช่วงชั้นที่ 2) เพื่อให้ทราบถึงกรอบเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้

1.1 เอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (กรมวิชาการ. 2545)

1.2 เอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน คู่มือการจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (กรมวิชาการ. 2546)

2. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ดังนี้

2.1 เอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน คู่มือการจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (กรมวิชาการ. 2546)

2.2 เสริมสร้างสติปัญญาทุก ๆ วัน (ชัยมวัร. 2546)

2.3 Helping Children Learn Mathematics (Reys. 1995)

2.4 Reasoning and Problem Solving (Krulik; & Rudnick. 1993)

2.5 Teaching Elementary School Mathematics (Riedesel. 1990)

3. สร้างกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ดังนี้

3.1 การกำหนดกรอบความคิดสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด

3.1.1 การเตรียมบทเรียน เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ ขอบข่ายของเนื้อหา คณิตศาสตร์ และวิธีแก้ปัญหาที่จะแนะนำแก่นักเรียน แล้วสร้างปัญหาปลายเปิดเชื่อมโยงกับเนื้อหาบทเรียนคณิตศาสตร์ เพื่อให้ นักเรียนสามารถหาคำตอบได้โดยใช้ความรู้คณิตศาสตร์ไม่เกินระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งประกอบด้วย

3.1.1.1 ปัญหำนำเข้าสู่กิจกรรม เป็นปัญหาปลายเปิดที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนนัก จำนวน 1-2 ปัญหา เพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนแก้ปัญหาพร้อมกันเป็นกลุ่มใหญ่ทั้งชั้นเรียนเมื่อเริ่มต้นบทเรียน

3.1.1.2 ปัญหาในชั้นประกอบกิจกรรม เป็นปัญหาปลายเปิดที่เป็นปัญหาหลักซึ่งมีความต่อเนื่องกับปัญหำนำแต่ซับซ้อนมากกว่าจำนวน 2-3 ปัญหา เพื่อให้ นักเรียนร่วมแก้ปัญหา

3.1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

3.1.2.1 การแก้ปัญหาพร้อมกันเป็นกลุ่มใหญ่ทั้งชั้นเรียน ครูเป็นผู้นำเสนอปัญหา ทบทวนความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและให้นักเรียนกำหนดแนวทางแก้ปัญหา ร่วมกันนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาตลอดจนวิธีการในการหาคำตอบ เพื่อให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน โดยครูเป็นผู้ช่วยเหลือและสรุปประเด็นที่นักเรียนเสนอและอธิบายเพิ่มเติมให้ชัดเจน

3.1.2.2 การแก้ปัญหาพร้อมกันในกลุ่มย่อย แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อยกลุ่มละ 4 คน ครูนำเสนอปัญหากับนักเรียนในกลุ่มต่างๆโดยใช้ใบกิจกรรม ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อหาคำตอบและวิธีแก้ปัญหา ขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก หมุนเวียนให้ความช่วยเหลือนักเรียนแต่ละกลุ่มและใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้เกิดการอภิปราย ครูคอยสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาและการแสดงความคิดเห็นของนักเรียนเพื่อบันทึกพฤติกรรมการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จากนั้นให้นักเรียนนำเสนอคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหากลุ่มใหญ่ โดยครูคอยสรุปและให้คำแนะนำ

3.1.2.3 การปฏิบัติกิจกรรมเป็นรายบุคคล ให้นักเรียนฝึกแก้ปัญหาเป็นรายบุคคลในเวลาที่เหลือ หรือให้นักเรียนฝึกแก้ปัญหเป็นรายบุคคลนอกเวลาเรียนตามความเหมาะสม หลังจากนั้นครูเป็นผู้ตรวจให้คะแนนจากใบกิจกรรมที่ให้นักเรียนฝึกแก้ปัญหเป็นรายบุคคล โดยให้คะแนนตามเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

3.2 การสร้างกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาลายเปิด ผู้วิจัยได้สร้างกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาลายเปิดโดยแบ่งเป็น 10 กิจกรรม ใช้เวลาปฏิบัติกิจกรรมละ 2 ชั่วโมง แต่ละกิจกรรมประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้และเอกสารเสริมสำหรับครู โดยแบ่งระยะของแผนการจัดกิจกรรมเป็น 4 ช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1 ใช้เวลา 4 ชั่วโมงดำเนินกิจกรรมที่ 1-2 เน้นให้นักเรียนคุ้นเคยกับกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาลายเปิดโดยการนำเสนอปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาทั้งในส่วนที่เป็นการแก้ปัญหากลุ่มใหญ่ทั้งชั้นเรียน การแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย และ การนำเสนอคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญห ปัญหาที่ครูนำเสนอในช่วงที่ 1 นี้เป็นปัญหาที่ไม่ซับซ้อนมาก ซึ่งจะถูกแยกเป็นปัญหาย่อยๆให้นักเรียนตอบคำถามย่อยๆซึ่งจะนำไปสู่การแก้ปัญหในที่สุด

ช่วงที่ 2 ใช้เวลา 4 ชั่วโมง ดำเนินกิจกรรมที่ 3-4 กิจกรรมในช่วงนี้เริ่มสอดแทรกแนะนำขั้นตอนของการแก้ปัญหา ครูจะเสนอกับนักเรียนโดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแก้ปัญหาย่อยเป็นขั้นตอน โดยสร้างคำถามตามขั้นตอนของการแก้ปัญหาเพื่อให้นักเรียนสามารถกำหนดแนวคิดหรือวิธีทำได้ด้วยตนเอง

ช่วงที่ 3 ใช้เวลา 8 ชั่วโมงดำเนินกิจกรรมที่ 5-8 เป็นช่วงที่นำเสนอกิจกรรม เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนแก้ปัญหด้วยวิธีการที่หลากหลายใช้แนวคิดหรือวิธีทำที่แตกต่างจากการเรียน

ในชั้นเรียนปกติ ให้นักเรียนคุ้นเคยกับการใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาหลาย ๆ อย่างซึ่งเป็นเครื่องมือที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ในวิชาคณิตศาสตร์และในชีวิตประจำวันได้

ช่วงที่ 4 ใช้เวลา 4 ชั่วโมงดำเนินกิจกรรมที่ 9-10 เป็นการใช้กิจกรรมเพื่อแก้สถานการณ์ปัญหาที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงปัญหาหนึ่ง ๆ อาจต้องนำความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์หลายเนื้อหา มาช่วยในการหาคำตอบและใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาหลากหลายวิธี

4. จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ของกิจกรรมการเรียนการสอนแต่ละกิจกรรมซึ่งในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย

- 4.1 ชื่อกิจกรรม
- 4.2 เวลาที่ใช้
- 4.3 บทนำ
- 4.4 จุดประสงค์
- 4.5 ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้
- 4.6 สื่อ/อุปกรณ์
- 4.7 แนวการจัดกิจกรรม
- 4.8 การประเมินผล
- 4.9 ใบกิจกรรม

5. จัดทำเอกสารเสริมสำหรับครู เป็นการนำเสนอเนื้อหาและความรู้เพิ่มเติมจากเนื้อหาในกิจกรรมของนักเรียนที่ครูควรทราบพร้อมทั้งอธิบายการดำเนินกิจกรรมโดยละเอียด ตัวอย่างคำถามที่ใช้ถามกระตุ้นให้นักเรียนสามารถแสดงแนวคิดกล้าแสดงแนวคิดแปลกใหม่และกำหนดแนวทางแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและนำความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์ได้

6. นำกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาลายเปิดเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทฯ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 1 ท่านและครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 2 ท่านเพื่อตรวจปรับปรุงแก้ไขพิจารณาความเหมาะสมและชี้แนะข้อบกพร่อง

7. นำกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาลายเปิดมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทฯ ผู้เชี่ยวชาญ และครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

8. นำกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาลายเปิดที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทฯ และผู้เชี่ยวชาญพิจารณาอีกครั้งแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขให้เรียบร้อย

9. นำกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาลายเปิดไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 8 คนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างโดยทดลองใช้กับนักเรียนเป็นกลุ่มกลุ่มละ 4 คนจำนวน 2 กลุ่มเพื่อดูความเหมาะสมกับเนื้อหา ความยากง่ายของกิจกรรม ภาษาที่ใช้ และเวลาในการทดลอง

10. นำกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดมาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง แล้วเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทและผู้ที่เชี่ยวชาญพิจารณาอีกครั้งแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขให้เรียบร้อย

11. นำกิจกรรมที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

เป็นแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

3 ลักษณะ ได้แก่

1. ความคิดคล่อง
2. ความคิดยืดหยุ่น
3. ความคิดริเริ่ม

โดยทดสอบหลังจากที่นักเรียนได้เรียนกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดจบทั้ง 10 กิจกรรมแล้ว มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ ใช้เวลา 1 ชั่วโมง ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ศึกษาหลักการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จาก

เอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1.1 การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สุภาวดี ตั้งบุบผา. 2533)

1.2 Using Research in Teaching Creative Ability in Mathematics (Balka. 1974)

2. วิเคราะห์กิจกรรมและจุดประสงค์การเรียนรู้ของกิจกรรม

3. สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัยที่ใช้วัดความสามารถ 3 ลักษณะ ได้แก่

1. ความคิดคล่อง
2. ความคิดยืดหยุ่น
3. ความคิดริเริ่ม

โดยวัดจากความสามารถทางคณิตศาสตร์ 5 ด้าน ด้านละ 2 ข้อรวมทั้งหมด 10 ข้อให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ของกิจกรรมทั้ง 10 กิจกรรม ซึ่งความสามารถที่ต้องการวัดทั้ง 5 ด้าน ได้แก่

1. ความสามารถในการตั้งโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์
2. ความสามารถในการสร้างแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์
3. ความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่

แปลกใหม่

4. ความสามารถในการพิจารณาหรือประเมินปัญหาตลอดจนการคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

5. ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวเลข หรือเรขาคณิต 2 มิติ หรือ 3 มิติ หรือการดำเนินการ (Operation) ทางคณิตศาสตร์

นำแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อ คณะกรรมการควบคุมปริญญาโทและปริญญาตรีและผู้เชี่ยวชาญ ให้พิจารณาตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรง เชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ความสอดคล้องกับจุดประสงค์และลักษณะของข้อสอบที่สามารถวัดความสามารถได้ทั้งหมด 5 ด้านดังกล่าวข้างต้น โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มี เกณฑ์ ดังนี้

คะแนน +1	สำหรับแบบวัดความสามารถที่สอดคล้องกับจุดประสงค์
คะแนน 0	สำหรับแบบวัดความสามารถที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์
คะแนน -1	สำหรับแบบวัดความสามารถที่ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์

4. นำแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป และข้อคำถามที่ปรับปรุงแล้วไปหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยนำไป ทดลองกับนักเรียนจำนวน 8 คน ซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกับที่ใช้ทดลองกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้ การแก้ปัญหาปลายเปิด แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) 0.2-0.8 และค่าอำนาจ จำแนก (r) 0.2 ขึ้นไป ให้ได้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่วัดความสามารถทั้ง 5 ด้าน ด้านละ 1 ข้อ รวมทั้งหมด 5 ข้อ

5. นำแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ที่ผ่านการคัดเลือกในข้อ 4 มาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 0.94

6. กำหนดเกณฑ์การตรวจให้คะแนนของแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์โดยใช้แนวคิดจากเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ (กรม วิชาการ. 2543 : 57 ; อ้างอิงจาก Torrance. 1969. unpagged.) ซึ่งเป็นการให้คะแนน ความสามารถทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านจากทั้งหมด 5 ด้าน โดยในแต่ละด้านมีวิธีการตรวจให้ คะแนนดังนี้

1. คะแนนความคิดคล่อง ให้คะแนนตามจำนวนคำตอบทั้งหมดที่นักเรียนตอบได้ ถูกต้อง คำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าคำตอบนั้นเป็นคำตอบที่ซ้ำกับคำตอบเดิมจะให้คะแนนคำตอบนั้น เพียงครั้งเดียว

2. คะแนนความคิดยืดหยุ่น ให้คะแนนโดยนับจากจำนวนกลุ่มหรือทิศทางของคำตอบ กล่าวคือ นำคำตอบทั้งหมดในแต่ละข้อที่ให้คะแนนความคิดคล่องไปแล้วมาจับกลุ่ม คำตอบใดที่มี คำตอบทิศทางเดียวกันหรือความหมายอย่างเดียวกันจัดเข้ากลุ่มเดียวกัน เมื่อจัดกลุ่มเรียบร้อยแล้ว ให้นับจำนวนกลุ่มให้กลุ่มละ 1 คะแนน

3. คะแนนความคิดริเริ่ม พิจารณาคำตอบที่เป็นความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างจาก ของผู้อื่น คะแนนความคิดริเริ่มนี้จะพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่ปฏิบัติกิจกรรมหรือ เข้าสอบพร้อมกัน การพิจารณาจะดูจากความถี่ของคำตอบถูกต้องที่ซ้ำกันโดยเกณฑ์การให้คะแนน

ผู้วิจัยศึกษาจากเกณฑ์ของกรมวิชาการ (กรมวิชาการ. 2543 : 57) แล้วปรับให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยนี้ซึ่งมี 16 คน ได้เกณฑ์การวัดความคิดริเริ่มดังนี้

จำนวนคนตอบซ้ำ	คะแนน
4 คนขึ้นไป	0
3 คน	1
2 คน	2
1 คน	3

จากนั้นนำคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มของแต่ละด้านมารวมกันถือเป็นคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในด้านนั้นๆ

แบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

แบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นแบบสังเกตที่ใช้สำหรับบันทึกผลการวิเคราะห์พฤติกรรมความคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการสร้างดังนี้

1. ศึกษาวิธีสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาของ ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544 : 73-74) แล้วนำมาปรับเพื่อให้สอดคล้องกับการสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 3 ลักษณะได้แก่

1. ลักษณะความคิดคล่อง
2. ลักษณะความคิดยืดหยุ่น
3. ลักษณะความคิดริเริ่ม

2. วิเคราะห์กิจกรรมและจุดประสงค์การเรียนรู้ของกิจกรรม กำหนดพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการศึกษา 3 ลักษณะได้แก่ ลักษณะความคิดคล่อง ลักษณะความคิดยืดหยุ่น และลักษณะความคิดริเริ่ม

3. สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยสร้างเป็นลักษณะแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาจากการปฏิบัติกิจกรรม ดังต่อไปนี้

- 3.1 การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อย
- 3.2 การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคล
- 3.3 การสัมภาษณ์ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคล

ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความคิดริเริ่ม โดยใช้แนวทางเกณฑ์การให้คะแนนความคิดริเริ่มสร้างสรรค์จากเอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน คู่มือการจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (กรมวิชาการ. 2546 : 139) และเกณฑ์การให้คะแนนความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่นจากเกณฑ์การให้คะแนนของ ปรีชา เนาว์เย็นผล (2547 : 317-318) ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 1 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความคิดคล่อง

คะแนน/ความหมาย	การแสดงการแก้ปัญหาที่ปรากฏให้เห็น
3 ดีมาก	แสดงวิธีคิดแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ถูกต้อง 5 คำตอบขึ้นไป
2 ดี	แสดงวิธีคิดแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ถูกต้อง 3-4 คำตอบ
1 พอใช้	แสดงวิธีคิดแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ถูกต้อง 1-2 คำตอบ
0 ต้องปรับปรุง	ตอบไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบ / ไม่แสดงวิธีคิดแก้ปัญหา

ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความคิดยืดหยุ่น

คะแนน/ความหมาย	การแสดงการแก้ปัญหาที่ปรากฏให้เห็น
3 ดีมาก	แสดงแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมหรือแสดงแนวคิดในการหาคำตอบของปัญหาได้มากกว่าหนึ่งแนวคิด และครบสมบูรณ์
2 ดี	แสดงแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมหรือแสดงแนวคิดในการหาคำตอบของปัญหาได้หนึ่งแนวคิด และครบสมบูรณ์
1 พอใช้	มีความพยายามที่จะแสดงแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมหรือแสดงวิธีหาคำตอบของปัญหาได้หนึ่งวิธี แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์
0 ต้องปรับปรุง	ไม่มีผลงาน หรือไม่แสดงแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา หรือไม่แสดงแนวคิดในการหาคำตอบของปัญหาที่เหมาะสม

ตาราง 3 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความคิดริเริ่ม

คะแนน/ความหมาย	การแสดงการแก้ปัญหาที่ปรากฏให้เห็น
3 ดีมาก	แสดงวิธีคิดแก้ปัญหาที่แปลกใหม่เป็นของตนเอง แสดงถึงความเป็นต้นแบบในการคิดแก้ปัญหาและสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้
2 ดี	นำแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้มา มาพัฒนาให้อยู่ในแนวทางของตนเองและสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้
1 พอใช้	มีบางสิ่งแสดงให้เห็นแนวคิดในการแก้ปัญหา
0 ปรับปรุง	ไม่ปรากฏแนวคิดในการแก้ปัญหา

4. นำแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไปให้คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านคณิตศาสตร์และครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับผู้ที่ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์พิจารณาตรวจสอบคุณภาพของแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

5. นำแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 8 คน กลุ่มเดียวกับที่ใช้ทดลองกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงแก้ไขแล้วนำเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ก่อนนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยทำการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ทั้ง 10 กิจกรรม ซึ่งสอนนอกเวลาเรียนปกติ โดยแบ่งระยะของการจัดกิจกรรมออกเป็น 4 ช่วงดังกล่าวไว้ในข้อ 3.2 รวมใช้เวลา 22 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 11 วัน

2. ในระหว่างการดำเนินกิจกรรม ผู้วิจัยได้บันทึกพฤติกรรมของนักเรียนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลได้จากการพูดคุย การแก้ปัญหา การนำเสนอผลงานของนักเรียนต่อกลุ่มย่อย การนำเสนอผลงานต่อกลุ่มใหญ่ และผลงานจากการปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคล

3. ตรวจสอบให้คะแนนพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรมจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อย และการปฏิบัติกิจกรรม

รายบุคคลหลังจากการดำเนินกิจกรรมทุกครั้ง

4. เมื่อสิ้นสุดการสอนทั้ง 10 กิจกรรม ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ ใช้เวลาทดสอบ 1 ชั่วโมง

5. เลือกแบบทดสอบอัตนัย 1 ข้อจากทั้งหมด 5 ข้อมาใช้เป็นคำถามสำหรับสัมภาษณ์นักเรียนทั้งหมด โดยสัมภาษณ์ทีละคนเพื่อทราบแนวคิดและวิธีการคิดของนักเรียนในการหาคำตอบ โดยใช้เวลาในการสัมภาษณ์ประมาณ 1 ชั่วโมง ในระหว่างการสัมภาษณ์เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยจัดขึ้น เพื่อเก็บรวบรวมความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสำหรับเป็นข้อมูลในการอภิปรายผลการทดลองต่อไป

6. ตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน

7. นำคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มาหาค่าสถิติพื้นฐาน และทดสอบสมมติฐานของการวิจัย

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนรวมที่ได้จากการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และแบบวัดพฤติกรรมการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ทดสอบสมมติฐานที่ว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไปของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยใช้การทดสอบทวินาม (Binomial Test)

6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. สถิติที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ค่า IOC ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach)
3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ การทดสอบทวินาม (Binomial Test)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนรวมที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม การสัมภาษณ์ และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

2. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม

3. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม

4. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนจากการสัมภาษณ์

5. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

6. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม จากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

7. ค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนรวมจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม การสัมภาษณ์ และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม

8. การทดสอบนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนรวมจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม การสัมภาษณ์ และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไปของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์คือคะแนนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างซึ่งประกอบด้วยคะแนนจาก 2 ส่วน ส่วนแรก คือ คะแนนปฏิบัติกิจกรรมซึ่งได้จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม และการสัมภาษณ์ ส่วนที่ 2 คือ คะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนรวมที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม การสัมภาษณ์ และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

คะแนนรวมที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม การสัมภาษณ์ และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งคิดเป็นคะแนนเต็ม 100 คะแนน โดยแบ่งคะแนนแต่ละส่วน ดังนี้

1. คะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม รวมเป็น 10% ของคะแนนเต็ม หรือ 10 คะแนน
 2. คะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรมรวมเป็น 15% ของคะแนนเต็ม หรือ 15 คะแนน
 3. คะแนนจากการสัมภาษณ์คิดเป็น 5% ของคะแนนเต็ม หรือ 5 คะแนน
 4. คะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์คิดเป็น 70% ของคะแนนเต็ม หรือ 70 คะแนน แบ่งเป็น
 - 4.1 คะแนนความคิดคล่อง 37 คะแนน
 - 4.2 คะแนนความคิดยืดหยุ่น 18 คะแนน
 - 4.3 คะแนนความคิดริเริ่ม 15 คะแนน
- ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏผลในตาราง 4

ตาราง 4 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนรวมที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม การสัมภาษณ์ และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน นักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม (คะแนน)	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S)
นักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6	16	100	68.23	13.40

จากตาราง 4 แสดงให้เห็นว่าผลการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนเป็น 68.23 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 13.40 คะแนน

คะแนนรวมของนักเรียนที่มาจากคะแนน 2 ส่วน ส่วนแรก คือ คะแนนปฏิบัติกิจกรรมซึ่งได้จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม และการสัมภาษณ์ ส่วนที่ 2 คือ คะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ คิดเป็นคะแนนเต็ม 100 คะแนน เมื่อวิเคราะห์คะแนนในแต่ละส่วน จะปรากฏรายละเอียดในหัวข้อที่ 2 - 5 ตั้งแต่ตาราง 5 - 8 ดังนี้

2. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม ปรากฏผลในตาราง 5

ตาราง 5 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน นักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม (คะแนน)	ค่าเฉลี่ย เลขคณิต ($\bar{X}$)	ค่าเฉลี่ยเลข คณิตคิดเป็น ร้อยละของ คะแนนเต็ม	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน (S)
นักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6	16	10	8.56	85.62	0.62

จากตาราง 5 แสดงให้เห็นว่าคะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรมของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนเป็น 8.56 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.62 ของคะแนนเต็ม และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนเป็น 0.62 คะแนน

3. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม ปรากฏผลในตาราง 6

ตาราง 6 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน นักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม (คะแนน)	ค่าเฉลี่ย เลขคณิต ($\bar{X}$)	ค่าเฉลี่ยเลข คณิตคิดเป็น ร้อยละของ คะแนนเต็ม	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน (S)
นักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6	16	15	10.70	71.33	0.94

จากตาราง 6 แสดงให้เห็นว่าคะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรมของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนเป็น 10.70 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 71.33 ของคะแนนเต็ม และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนเป็น 0.94 คะแนน

4. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนจากการสัมภาษณ์ ปรากฏผลในตาราง 7

ตาราง 7 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนจากการสัมภาษณ์

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน นักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม (คะแนน)	ค่าเฉลี่ย เลขคณิต ($\bar{X}$)	ค่าเฉลี่ยเลข คณิตคิดเป็น ร้อยละของ คะแนนเต็ม	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน (S)
นักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6	16	5	4.09	81.80	0.72

จากตาราง 7 แสดงให้เห็นว่าคะแนนจากการสัมภาษณ์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนเป็น 4.09 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.80 ของคะแนนเต็ม และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนเป็น 0.72 คะแนน

5. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ปรากฏผลในตาราง 8

ตาราง 8 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน นักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม (คะแนน)	ค่าเฉลี่ย เลขคณิต ($\bar{X}$)	ค่าเฉลี่ยเลข คณิตคิดเป็น ร้อยละของ คะแนนเต็ม	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน (S)
นักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6	16	70	44.88	64.11	13.82

จากตาราง 8 แสดงให้เห็นว่าคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนเป็น 44.88 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 64.11 ของคะแนนเต็ม และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนเป็น 13.82 คะแนน

**6. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนความคิด
คล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม จากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์
ทางคณิตศาสตร์ ปรากฏผลในตาราง 9**

ตาราง 9 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของคะแนนความคิดคล่อง
ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม จากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทาง
คณิตศาสตร์

ความสามารถ ในการคิด สร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์	จำนวน นักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม (คะแนน)	ค่าเฉลี่ย เลขคณิต ($\bar{X}$)	ค่าเฉลี่ยเลข คณิตคิด เป็นร้อยละ ของคะแนน เต็ม	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน (S)	สัมประสิทธิ์ การแปรผัน (C.V.)
ความคิดคล่อง		37	26.50	71.62	9.54	0.36
ความคิดยืดหยุ่น	16	18	11.56	64.22	3.71	0.32
ความคิดริเริ่ม		15	6.81	45.40	2.76	0.41

จากตาราง 9 แสดงให้เห็นว่าคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทาง
คณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนความคิดคล่องเป็น 26.50
คะแนน คิดเป็นร้อยละ 71.62 ของคะแนนเต็ม มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนความคิดยืดหยุ่นเป็น
11.56 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 64.22 ของคะแนนเต็ม มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนความคิดริเริ่ม
เป็น 6.81 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 45.40 ของคะแนนเต็ม และสัมประสิทธิ์การแปรผันของคะแนน
ความคิดคล่องเป็น 0.36 คะแนน สัมประสิทธิ์การแปรผันของคะแนนความคิดยืดหยุ่นเป็น 0.32
คะแนน สัมประสิทธิ์การแปรผันของคะแนนความคิดริเริ่มเป็น 0.41 คะแนน

7. ค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนรวมจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม การสัมภาษณ์ และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม ปรากฏผลในตาราง 10

ตาราง 10 ค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนรวมจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม การสัมภาษณ์ และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน นักเรียน (คน)	จำนวนนักเรียนที่ได้คะแนน ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ของคะแนนเต็ม (คน)	ค่าร้อยละของจำนวนนักเรียน ที่ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ของคะแนนเต็ม
นักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6	16	11	68.75

จากตาราง 10 แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม มีจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 68.75 ของนักเรียนทั้งหมด

8. การทดสอบนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนรวมจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม การสัมภาษณ์ และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไปของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรากฏผลในตาราง 11

ตาราง 11 การทดสอบนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนรวมจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม การสัมภาษณ์ และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไปของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน นักเรียน (คน)	จำนวนนักเรียนที่ได้ คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม (คน)	ค่าสัดส่วนของจำนวน นักเรียนที่ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 60 ขึ้นไป ของคะแนนเต็ม	p - value
นักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6	16	11	0.69	0.105

จากตาราง 11 แสดงให้เห็นว่าจำนวนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีคะแนนรวมจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยทั้ง 10 กิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลทั้ง 10 กิจกรรม การสัมภาษณ์ และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ($p - \text{value} > .05$) ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สังเขปความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีการดำเนินการวิจัย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภายหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด

สมมติฐานของการวิจัย

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไปของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (ช่วงชั้นที่ 2) ของโรงเรียนเทศบาลวัดแหลมสุวรรณาราม (พัฒนารวมวิทยา) อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 จำนวน 16 คนซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จากนักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้การสอนของการวิจัยจำนวน 45 คน
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
 - 2.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดที่ผู้วิจัยเรียบเรียงขึ้นประกอบด้วย
 - 2.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้
 - 2.1.2 เอกสารเสริมสำหรับครู
 - 2.2 แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 2.3 แบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ผู้วิจัยทำการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีทั้งหมด 10 กิจกรรม ใช้เวลาสอนนอกเวลาเรียนปกติ โดยแบ่งระยะของการจัดกิจกรรมออกเป็น 4 ช่วงดังกล่าวไว้ในหน้า 36 - 37 รวมใช้เวลา 22 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 11 วัน

3.2 ในระหว่างการดำเนินกิจกรรม ผู้วิจัยได้บันทึกพฤติกรรมของนักเรียนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลได้จากการพูดคุย การแก้ปัญหา การนำเสนอผลงานของนักเรียนต่อกลุ่มย่อย การนำเสนอผลงานต่อกลุ่มใหญ่ และผลงานจากการปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคล

3.3 ตรวจให้คะแนนปฏิบัติกิจกรรมจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยและการปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลหลังจากการดำเนินกิจกรรมทุกครั้ง

3.4 เมื่อสิ้นสุดการสอนทั้ง 10 กิจกรรม ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ ใช้เวลาทดสอบ 1 ชั่วโมง

3.5 เลือกแบบทดสอบอัตนัย 1 ข้อจากทั้งหมด 5 ข้อมาใช้เป็นคำถามสำหรับสัมภาษณ์นักเรียนทั้งหมด โดยสัมภาษณ์ทีละคนเพื่อทราบแนวคิดและวิธีการคิดของนักเรียนในการหาคำตอบเพื่อให้คะแนน โดยใช้เวลาในการสัมภาษณ์ประมาณ 1 ชั่วโมง ในระหว่างการสัมภาษณ์เปิดโอกาสให้นักเรียนที่รอสัมภาษณ์ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยจัดขึ้นเพื่อเก็บรวบรวมความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสำหรับเป็นข้อมูลในการอภิปรายผลการทดลองต่อไป

3.6 ตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนจากการปฏิบัติกิจกรรมในใบงาน ทั้งกิจกรรมกลุ่มย่อยและกิจกรรมรายบุคคล และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

3.7 นำคะแนนที่ได้ในข้อ 3.5 และข้อ 3.6 มาหาค่าสถิติพื้นฐาน และทดสอบสมมติฐานของการวิจัยที่ว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไปของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

สรุปผลการวิจัย

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์คะแนนรวมตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนทั้งหมด เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยที่พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

1. การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งเกณฑ์สำหรับผู้สอบผ่านเกณฑ์ไว้ที่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนรวมทั้งหมด และเกณฑ์ของผู้สอบผ่านมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งเกณฑ์คะแนนดังกล่าวอยู่ในระดับสูงเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำของกระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งกำหนดไว้ที่ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม (กระทรวงศึกษาธิการ. 2535 : 18) ประกอบกับนักเรียนส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยกับการแก้ปัญหาปลายเปิด ดังนั้นจึงอาจมีผลทำให้จำนวนผู้สอบผ่านเกณฑ์ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แต่ถ้าเปลี่ยนเกณฑ์การวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นตั้งแต่ร้อยละ 50 ของคะแนนรวมทั้งหมด จะพบว่าจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ มีมากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ระดับนัยสำคัญ .05 ($p - \text{value} = .0261 < .05$) (ภายใต้เกณฑ์ของคะแนนที่สอบผ่าน ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ประเมินของกระทรวงศึกษาธิการ)

2. นักเรียนในกลุ่มทดลองบางคน มีความบกพร่องในความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ จึงทำให้ขาดความสนใจในการปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของเบกเกอร์และชิมาดา (Becker; & Shimada. 1997 : 1) ที่พบว่าการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดเป็นศูนย์กลาง เป็นการหาคำตอบของปัญหาซึ่งต้องใช้ความรู้ที่มีมาก่อน ทักษะ และวิธีการคิดมาบูรณาการเข้าด้วยกัน แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีความกระตือรือร้นในการปฏิบัติกิจกรรม เนื่องจากผู้วิจัยได้จัดกลุ่มแบบละความสามารถ ดังนั้นการทำงานเป็นกลุ่มจึงช่วยแก้ความแตกต่างระหว่างบุคคล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมเดช บุญประจักษ์ (2540 : 102) ที่พบว่า การแก้ปัญหาในกลุ่มย่อยจะทำให้นักเรียนรู้สึกสบาย ไม่เครียด และลดความวิตกกังวลว่าจะทำไม่ได้ เพราะมีเพื่อนช่วยคิด ภายหลังการจัดกิจกรรมจบแต่ละกิจกรรม ผู้วิจัยจะนำผลงานจากการปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลของนักเรียนแสดงบนป้ายนิเทศ ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เห็นแนวคิดในการแก้ปัญหาที่หลากหลายมากขึ้น และเกิดความภูมิใจในผลงานของตน ซึ่งในภายหลังพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนค่อยๆพัฒนาขึ้น สามารถแก้ปัญหาด้วยวิธีที่หลากหลายมากขึ้น

3. นักเรียนบางคนขาดทักษะในการอ่านและทำความเข้าใจปัญหา ประกอบกับปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมเป็นลักษณะปัญหาปลายเปิดซึ่งนักเรียนไม่คุ้นเคยในช่วงต้นๆของการวิจัย จึงทำให้ตอบไม่ตรงคำถาม และไม่สามารถแสดงการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับ อุษณีย์ โพธิ์สุข และคนอื่นๆ (2544 : 36) ได้กล่าวถึงอุปสรรคในด้านการรับรู้ที่มีผลต่อการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า การที่คนเราไม่สามารถมองเห็นปัญหาที่แท้จริงได้ เป็นเหตุให้การแก้ปัญหานั้นดำเนินไปโดยปราศจากเป้าหมายที่ชัดเจนและแน่นอน อย่างไรก็ตามจากการสัมภาษณ์พบว่า เมื่อนักเรียนเข้าใจปัญหา นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องหลากหลายวิธี ถึงแม้ว่าบางวิธีอาจไม่ถูกต้องสมบูรณ์

ในภาพรวมพบว่า นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ เป็นนักเรียนที่มีความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์ได้ช้ากว่านักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ แต่เมื่อทำการทดลองไปได้ระยะหนึ่งพบว่านักเรียนมีความสนใจในการปฏิบัติกิจกรรมมากขึ้น กล้าแสดงความคิดเห็น มีวิธีคิดหาคำตอบที่หลากหลายมากขึ้น และมีความภูมิใจในผลงานของตนเอง เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในกลุ่มทดลอง พบว่าถ้าลดคะแนนผ่านเกณฑ์ลงมาเป็นร้อยละ 50 ของคะแนนรวมทั้งหมด จะมีนักเรียนสอบผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่ากิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถส่งเสริมความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

ข้อสังเกตจากงานวิจัย

จากการทดลองโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้พบข้อสังเกตบางประการ ดังนี้

1. การฝึกให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น จะทำให้นักเรียนเป็นคนกล้าแสดงออก มีความมั่นใจในตนเอง และได้รับการฝึกความคิดสร้างสรรค์ตลอดเวลาที่ทำกิจกรรม
2. การฝึกให้นักเรียนต่อยอดความคิดของเพื่อน หรือคิดดัดแปลงคำตอบให้แตกต่างออกไปแต่ยังคงไว้ซึ่งความถูกต้องของคำตอบ จะทำให้นักเรียนเป็นคนที่ยินดีรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และเกิดลักษณะความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

3. จากการทำแบบทดสอบพบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยด้านความคิดคล่องคิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็มมากที่สุด รองลงมาคือความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของคะแนนความคิดริเริ่มมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือความคิดคล่อง และ

4. นักเรียนสามารถแสดงความคิดในการแก้ปัญหาได้หลายวิธี และต่อยอดความคิดของเพื่อนๆ ได้ แต่ขาดความสามารถในการคิดริเริ่มหาวิธีใหม่ๆ ในการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนได้คะแนนความคิดริเริ่มน้อยที่สุดจากการทำแบบทดสอบ

5. จากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนไม่กล้าคิดหาวิธีแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่แปลกใหม่ เพราะกังวลว่าจะทำผิด และเห็นว่าเสียเวลาในการคิดหาวิธีใหม่ๆ เมื่อวิธีการเดิมสามารถแก้ปัญหาได้ จึงเลือกใช้วิธีการเดิมแต่ปรับเปลี่ยนวิธีหาคำตอบบ้างเล็กน้อย เพื่อให้สามารถหาวิธีแก้ปัญหาได้หลายวิธี จึงทำให้นักเรียนได้คะแนนความคิดคล่องมากกว่าคะแนนความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม

6. ความคิดยืดหยุ่นเป็นตัวเสริมให้ความคิดคล่องมีความแปลกแตกต่างออกไป จึงทำให้คะแนนความคิดคล่องสูงกว่าคะแนนความคิดสร้างสรรค์ด้านอื่นๆ ดังที่ อาร์ รังสินันท์ (2527 : 33) ได้กล่าวว่า ความคิดยืดหยุ่นเป็นตัวเสริมให้ความคิดคล่องมีความแปลกแตกต่างออกไป ช่วยเพิ่มคุณภาพความคิดด้วยการจัดหมวดหมู่ความคิดที่เกิดจากความคิดคล่อง ดังนั้นจึงพบว่านักเรียนได้คะแนนความคิดคล่องสูงกว่าคะแนนความคิดยืดหยุ่น

7. การฝึกให้นักเรียนแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหา จะทำให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาได้ดีขึ้น ส่งผลให้นักเรียนเกิดการคิดที่เป็นระบบ ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องมากขึ้น

8. ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดช่วยให้นักเรียนตั้งข้อคาดการณ์ สำรวจ สังเกต ตรวจสอบหาเหตุผล ได้หลากหลาย ทำให้นักเรียนมีข้อมูลเพื่อช่วยในการแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธีมากขึ้น

9. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยการสอดแทรกคำถามลักษณะปลายเปิดที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหาด้วยวิธีที่หลากหลาย ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนคุ้นเคยกับการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนเกิดความมั่นใจในการคิดแก้ปัญหาด้วยวิธีที่แปลกใหม่ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเรียนคณิตศาสตร์ให้ประสบความสำเร็จ

10. การจัดแสดงผลงานนักเรียนบนป้ายนิเทศ ทำให้นักเรียนเกิดความภูมิใจในผลงานของตน และยอมรับชื่นชมในผลงานของเพื่อน ทำให้นักเรียนเห็นคุณค่ากันและกัน รักการทำงานเป็นทีม และเกิดความกระตือรือร้นในการเรียน

11. การใช้กิจกรรมกลุ่มในการเรียนการสอน โดยจัดแบบคณะความสามารถ ช่วยให้นักเรียนแต่ละคน ได้แสดงความสามารถและช่วยเหลือสนับสนุนซึ่งกันและกัน

12.การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในงานวิจัยครั้งนี้ ได้ฝึกนักเรียนให้เป็นคนช่างคิด และคิดอย่างสมเหตุสมผล กล้าแสดงความคิดเห็นออกมา และรู้จักพัฒนาแนวคิดหรือวิธีคิดให้มีความหลากหลาย ตลอดจนสามารถคิดริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งใหม่เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 เนื่องจากหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้กำหนดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในแต่ละช่วงชั้นไว้ 6 สาระ ซึ่งในสาระที่ 6 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 5 มาตรฐาน หนึ่งในนั้น คือ มาตรฐาน ค 6.5 ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ดังนั้น กิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นอาจใช้เป็นตัวอย่างหรือแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หรือระดับอื่นๆได้

1.2 ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด นอกเวลาเรียนปกติโดยอาศัยชั่วโมงอิสระหรือชุมนุมคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมด้วยความสนุกสนาน ไม่ต้องกังวลกับคะแนนสอบหรือระดับผลการเรียน และเนื่องจากกิจกรรมแต่ละกิจกรรมมีความเป็นอิสระต่อกัน ไม่ได้เน้นเนื้อหาเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ แต่เป็นการนำความรู้ที่เรียนมาช่วยแก้สถานการณ์ปัญหา และฝึกคิดแก้ปัญหาเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ดังนั้นการใช้เวลานอกเวลาเรียนปกติจึงเป็นเวลา เวลาหนึ่ง ที่เหมาะสมสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งนักเรียนจะสามารถปฏิบัติกิจกรรมด้วยความสนุกสนาน ไม่ต้องกังวลกับคะแนนสอบหรือระดับผลการเรียน

1.3 ครูมีบทบาทในการส่งเสริมความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เช่น ในขณะที่ปฏิบัติกิจกรรม เมื่อนักเรียนแสดงวิธีคิดที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง หรือไม่สมเหตุสมผล ครูผู้สอนควรอธิบายให้นักเรียนทราบด้วยว่าเหตุใดวิธีคิดของนักเรียนจึงไม่ถูกต้องหรือไม่สมเหตุสมผล ครูต้องอธิบายให้นักเรียนเข้าใจว่าแม้การแก้ปัญหาปลายเปิดจะสามารถมีวิธีแก้ปัญหาได้หลายวิธี แต่วิธีแก้ปัญหานั้นต้องสมเหตุสมผลด้วยจึงจะสามารถนำไปแก้ปัญหาได้จริง

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

2.1 ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการสอนและเวลาที่เหมาะสมในการจัดกิจกรรม เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

2.2 ควรวิจัยศึกษาเกี่ยวกับความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละครั้ง เพราะถ้าใช้เวลามากเกินไป นักเรียนจะหมดความสนใจในการปฏิบัติกิจกรรม ทำให้ผลของการทดลองที่ได้อาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

2.3 ควรวิจัยศึกษาเกี่ยวกับเนื้อหาที่เหมาะสม เพื่อนำไปสร้างกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

2.4 ควรมีการพัฒนาเกี่ยวกับการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนในแต่ละช่วงชั้น

2.5 ควรทำการวิจัยเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ในเวลาเรียนปกติ และควรทำการทดลองในทุกระดับช่วงชั้น

2.6 ควรวิจัยศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด โดยคำนึงถึง เพศ พื้นฐานทางสังคม และครอบครัว

2.7 ควรมีการวัดเจตคติของนักเรียนหลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2535). *ความคิดสร้างสรรค์ หลักการ ทฤษฎี การเรียนการสอน การวัดผลประเมินผล*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงฯ.
- . (2543). *การเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์การศาสนา กรมศาสนา.
- . (2545). *เอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและครุภัณฑ์.
- . (2546). *เอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและครุภัณฑ์.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2535). *คู่มือการประเมินผลการเรียนตามหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533)*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: กรุงเทพมหานคร.
- กชกร รุ่งหัวไฟ. (2547). *ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่มีต่อความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการประยุกต์ 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ช่วงชั้นที่3)*. ปรินญาณพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2545). *การคิดเชิงสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ชัดเชดมีเดีย.
- ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์. (2546). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยมัวร์, เดล. (2546). *เสริมสร้างสติปัญญาทุกๆวัน*. แปลโดย พิสงค์ อิทธิวัฒนกุล. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.
- ณัฐฐากร ถนอมตน. (2536). *ผลของการใช้คำถามปลายเปิดแบบเร้าที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ของเด็กอนุบาล*. วิทยานิพนธ์ คม. (ประถมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ทิพย์บุบผา สาคร. (2546). *การศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ฝึกด้วยแบบฝึกคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ในแต่ละผลผลิตตามแนวทฤษฎีของกิลฟอร์ดของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่1*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ทิวดอร์, ริชาร์ด. (2535). *การทำงานของความคิดสร้างสรรค์*. แปลโดย ประมวล บุญยไทรระ. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2543). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด. วารสารคณิตศาสตร์ฉบับพิเศษ. หน้า 29-34.
- . (2544). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พงษ์เทพ บุญศรีโรจน์. (2543, เมษายน-มิถุนายน). ปฏิรูปการเรียนรู้อยู่วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ : บทบาทของ สสวท. วารสาร สสวท. 28(109) : 35-38.
- ยุดา รักไท. (2542). คนฉลาดคิด. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: เอ็กสเปอร์เน็ท.
- ยุพิน พิพิธกุล. (2530). การสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: บริษัทการพิมพ์.
- สมเดช บุญประจักษ์. (2540). การพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการใช้การเรียนแบบร่วมมือ. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุพัตรา ฤกษ์ปาย. (2544). ผลการใช้เทคนิคการเรียนแบบร่วมมือและการใช้สัญญาเงื่อนไขที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนไทยนิยมสงเคราะห์ สำนักงานเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (จิตวิทยาการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุภาวดี ตั้งบุบผา. (2533). การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กรุงเทพมหานคร. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุรพันธ์ อินทสังข์. (2545, พฤษภาคม-ธันวาคม). ปลายเปิด : ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ไม่คุ้นเคย. การศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี. 31(121) : 35-37.
- สุวิทย์ มูลคำ; และ อรทัย มูลคำ. (2545). วิธีจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการ. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- อารี รังสินนท์. (2527). ความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: ชนะการพิมพ์.
- อุษณีย์ โพธิสุข และคนอื่นๆ. (2544). สร้างสรรค์นักคิด : คู่มือการจัดการศึกษาสำหรับผู้ที่มีความสามารถพิเศษด้านทักษะความคิดระดับสูง. กรุงเทพฯ: รัตนพรชัย.
- Becker, Jerry P.; & Shimada, ShiGeru. (1997). *The Open-Ended Approach : A New Proposal for Teaching Mathematics*. Virginia: National Council of Teacher of Mathematics.
- Busse, Thomas V.; & Mansfield, Richard S. (1980). Theories of the Creative Process : A Review and a Perspective. *Journal of Creative Behavior*. 14(12) : 96.

- Conway, Kathleen D. (1999). *Assessing Open-Ended Problems*. Retrieved September 10, 2004, from <http://wilson.txt.hwwilson.com/pdfhtml/05891/2QVB6/USJ.htm>.
- Gerhard, Muriel. (1971). *Effective Teaching Strategies with the Behavioral Outcomes Approach*. New York: Paker.
- Grinstein, Louise S.; & Lipsey, Selly I. (2001). *Encyclopedia at Mathematics Education*. New York: Routledge Falmer.
- Hancock, Lynn C. (1995). Enhancing Mathematics Learning with Open-Ended Questions. *Mathematics Teacher*. 88(6) : 496.
- Krulik, Stephen.; & Rudnick Jesse A. (1993). *Reasoning and Problem Solving : A Handbook for Elementary School Teacher*. Boston: Allyn and Bacon.
- Polya, George. (1985). *How to Solve It : A New Aspect of Mathematical Method*. England: Penguin Books.
- Reys, Robert E. (1995). *Helping Children Learn Mathematics*. 4th ed. Boston: Allyn and Bacon.
- Riedesel, Alan C. (1990). *Teaching Elementary School Mathematics*. 6th ed. USA: Allyn and Bacon.
- Roy, S. (1982). Mathematical Creativity-C It Be Taught at an Early Age?. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 13(12) : 143-147.
- Savada. (1997). *Open-Ended Problem Solving Enriched by the Internet*. Retrieved September 24, 2004, from http://www.mste.uiuc.edu/users/aki/open_ended.
- Takahashi, Akihiko. (2004). *Open-Ended Problem Solving Enriched by the Internet*. Retrieved September 24, 2004, from http://www.mste.uiuc.edu/users/aki/open_ended.
- Torrance, Poul E. (1973). *Encouraging Creativity in the Classroom*. 4th ed. Iowa: Wm. C. Brown Company Publisher.
- Troutman, Andria P.; & Lichtenberg, Betty K. (1995). *Mathematics a Good Beginning*. California: Brooks/cole.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด
ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ตาราง 12 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.58	0.80
2	0.56	0.60
3	0.50	1.00
4	0.56	0.60
5	0.50	0.60

ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ คำนวณโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.94

ภาคผนวก ข

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

- คะแนนของนักเรียนที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อย ทั้ง 10 กิจกรรม
- คะแนนของนักเรียนที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคล ทั้ง 10 กิจกรรม
- คะแนนของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
- คะแนนของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ แยกตามคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม
- คะแนนของนักเรียนที่ได้จากการสัมภาษณ์
- คะแนนของนักเรียนที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อย การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคล แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ การสัมภาษณ์ และคะแนนรวม

ตาราง 13 คะแนนของนักเรียนที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อย ทั้ง 10 กิจกรรม

นักเรียนคนที่	คะแนนเต็ม 10 คะแนน
1	9.10
2	9.10
3	9.10
4	9.10
5	8.50
6	8.50
7	8.50
8	8.50
9	9.05
10	9.05
11	9.05
12	9.05
13	7.60
14	7.60
15	7.60
16	7.60

หมายเหตุ คะแนนเต็มของการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อยเป็น 90 คะแนน โดยคะแนนที่แสดงในตาราง 2 ได้จากการปรับให้เป็น 10% ของคะแนนรวม ซึ่งคิดเป็น 10 คะแนน

ตาราง 14 คะแนนของนักเรียนที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคล ทั้ง 10 กิจกรรม

นักเรียนคนที่	คะแนนเต็ม 15 คะแนน
1	11.83
2	11.60
3	11.30
4	10.16
5	12.60
6	12.00
7	10.50
8	10.00
9	10.83
10	10.30
11	9.50
12	9.30
13	10.50
14	10.00
15	10.83
16	10.00

หมายเหตุ คะแนนเต็มของการปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลเป็น 90 คะแนน โดยคะแนนที่แสดงในตาราง 3 ได้จากการปรับให้เป็น 15% ของคะแนนรวม ซึ่งคิดเป็น 15 คะแนน

ตาราง 15 คะแนนของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

นักเรียนคนที่	คะแนนเต็ม
	70
	คะแนน
1	28
2	49
3	48
4	32
5	26
6	14
7	43
8	47
9	55
10	58
11	36
12	60
13	59
14	53
15	58
16	52

ตาราง 16 คะแนนของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
แยกตามคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

นักเรียนคนที่	คะแนนความคิดคล่อง (คะแนนเต็ม 37 คะแนน)	คะแนนความคิด ยืดหยุ่น (คะแนนเต็ม 18 คะแนน)	คะแนนความคิดริเริ่ม (คะแนนเต็ม 15 คะแนน)
1	11	11	6
2	30	12	7
3	25	12	11
4	17	8	7
5	12	7	7
6	9	4	1
7	32	8	3
8	32	12	3
9	33	12	10
10	33	18	7
11	20	10	6
12	37	15	8
13	30	18	11
14	33	12	8
15	37	13	8
16	33	13	6

ตาราง 17 คะแนนของนักเรียนที่ได้จากการสัมภาษณ์

นักเรียนคนที่	คะแนนเต็ม 5 คะแนน
1	3.30
2	5.00
3	4.40
4	5.00
5	3.80
6	3.30
7	4.40
8	5.00
9	4.40
10	3.80
11	3.30
12	5.00
13	3.80
14	2.70
15	4.40
16	3.80

หมายเหตุ คะแนนของการสัมภาษณ์ได้จากการสัมภาษณ์นักเรียนจากแบบวัดความสามารถในการ
คิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ข้อ คะแนนเต็ม 9 คะแนน และเมื่อปรับเป็นคะแนนเต็ม
5 คะแนน จะได้คะแนนของกลุ่มตัวอย่างเป็นดังตาราง

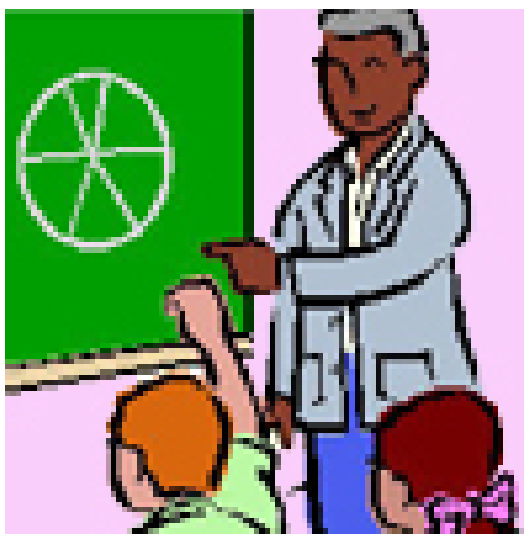
ตาราง 18 คะแนนของนักเรียนที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อย การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคล
แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ การสัมภาษณ์ และคะแนนรวม

นักเรียน คนที่	คะแนนจากการ ปฏิบัติกิจกรรม กลุ่มย่อย ทั้ง 10 กิจกรรม (คะแนนเต็ม 10 คะแนน)	คะแนนจากการ ปฏิบัติกิจกรรม รายบุคคล ทั้ง 10 กิจกรรม (คะแนนเต็ม 15 คะแนน)	คะแนนจาก แบบวัด ความสามารถ ในการคิด สร้างสรรค์ ทางคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 70 คะแนน)	คะแนน จาก การสัมภาษณ์ (คะแนนเต็ม 15 คะแนน)	คะแนน รวม 100 คะแนน
1	9.10	11.83	28	3.30	52.23
2	9.10	11.60	49	5.00	74.70
3	9.10	11.30	48	4.40	72.80
4	9.10	10.16	32	5.00	56.26
5	8.50	12.60	26	3.80	50.90
6	8.50	12.00	14	3.30	37.80
7	8.50	10.50	43	4.40	66.40
8	8.50	10.00	47	5.00	70.50
9	9.05	10.83	55	4.40	79.28
10	9.05	10.30	58	3.80	81.15
11	9.05	9.50	36	3.30	57.85
12	9.05	9.30	60	5.00	83.35
13	7.60	10.50	59	3.80	80.90
14	7.60	10.00	53	2.70	73.30
15	7.60	10.83	58	4.40	80.83
16	7.60	10.00	52	3.80	73.40

ภาคผนวก ค

กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด
เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหา
ปลายเปิด เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์
ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6



จัดทำโดย

รุจิอาภา รุจิยาพนนท์

นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตร์

หมายเหตุ กิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่นำเสนอในที่นี้ จะนำเสนอเพียง 2 แผนการจัดการเรียนรู้ นอกจากนั้นได้นำเสนอ แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ แบบสัมภาษณ์ และแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ถ้าหากผู้ใดสนใจแผนการจัดการเรียนรู้อื่น ๆ ที่เหลือ กรุณาติดต่อผู้วิจัยได้โดยตรง

แผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรมที่ 1

ชื่อกิจกรรม ปฐมนิเทศ กล้าคิดสร้างสรรค์

เวลา 2 ชั่วโมง

กิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมปฐมนิเทศ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ นักเรียนได้ทำความเข้าใจและทราบข้อตกลงร่วมกันในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด ซึ่งนักเรียนจะได้ทราบวัตถุประสงค์ของการจัดกิจกรรมภาพรวมทั้งหมดเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมให้นักเรียนเข้าใจบทบาทของตนเองในการปฏิบัติกิจกรรม การเรียนรู้ร่วมกับผู้อื่นในกลุ่มย่อยและในชั้นเรียน กิจกรรมนี้จะชี้แนะให้นักเรียนเห็นแนวทางในการคิดและกระตุ้นให้นักเรียนคิดออกมาในเชิงสร้างสรรค์ กล้าคิดออกนอกกรอบความคิดเดิมๆ ฝึกการรับฟังความคิดของผู้อื่น การต่อยอดความคิดของผู้อื่นเพื่อให้เป็นแนวคิดที่แปลกใหม่ นอกจากนี้นักเรียนจะได้มีโอกาสทบทวนความรู้คณิตศาสตร์เกี่ยวกับเรื่องพื้นที่ของวงกลม การบวกและคูณจำนวนเต็ม ตลอดจนการฝึกอภิปรายในกลุ่มโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

จุดประสงค์ ให้นักเรียนสามารถ

1. แสดงความคิดหรือแนวความคิดในเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งประกอบด้วยการคิด 3 ลักษณะ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม
2. หาผลบวกของจำนวนที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง และสามารถสร้างโจทย์ขึ้นเองได้

ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

จำนวนและตัวเลข การบวกจำนวนเต็ม สูตรการหาพื้นที่ของรูปวงกลม

สื่อ / อุปกรณ์

1. ใบเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
2. ใบกิจกรรมที่ 1 “สมาชิกในกลุ่ม”
3. ใบกิจกรรมที่ 2 “กล้าคิดสร้างสรรค์”
4. ใบกิจกรรมที่ 3 “ผลรวมของจำนวน”
5. ใบกิจกรรมที่ 4 “กิจกรรมรายบุคคล”

แนวการจัดกิจกรรม

1. ครูแนะนำตนเอง แล้วให้นักเรียนทั้ง 16 คนแนะนำตนเองพร้อมทั้งบอกเหตุผลการสมัครเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด จากนั้นครูกล่าวถึงภาพรวมของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดว่า กิจกรรมทุกกิจกรรมจะเริ่มต้นด้วยปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาที่เรียกว่าปัญหาปลายเปิด ซึ่งเป็นปัญหาที่มีคำตอบที่ถูกต้องหลายคำตอบ และ/หรือ มีวิธีการหาคำตอบได้หลายวิธี นักเรียนมีอิสระในการเสนอแนวคิดในการหาคำตอบได้อย่างกว้างขวาง จากนั้นครูยกตัวอย่างลักษณะของปัญหาที่แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างปัญหาปลายเปิดและปัญหาปลายปิด เช่น ลักษณะของปัญหาปลายปิดจะถามว่า 12 หร 48 ลงตัวหรือไม่ ส่วนลักษณะของปัญหาปลายเปิดจะถามว่า มีจำนวนใดบ้างที่หาร 48 ได้ลงตัว จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมว่า สำหรับบางกิจกรรมครูอาจเริ่มต้นกิจกรรมด้วยปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคยซึ่งอาจเป็นปัญหาปลายปิดบ้างเพื่อให้นักเรียนเข้าใจลักษณะของกิจกรรม จากนั้นจึงนำเข้าสู่ปัญหาหรือสถานการณ์ปลายเปิด โดยในบางปัญหาอาจให้นักเรียนช่วยแก้ปัญหาเป็นกลุ่มใหญ่ทั้งชั้นเรียน บางปัญหาอาจช่วยกันแก้ปัญหาเป็นกลุ่มย่อยและบางปัญหาอาจให้แก้ปัญหาเป็นรายบุคคล

2. ครูอธิบายถึงหลักเกณฑ์การให้คะแนนซึ่งพิจารณาการสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 3 ลักษณะได้แก่ ลักษณะความคิดคล่อง ลักษณะความคิดยืดหยุ่น ลักษณะความคิดริเริ่ม จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อย การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคล การสัมภาษณ์ และจากแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จากนั้นครูแจกเกณฑ์การให้คะแนนรวมทุกวิชาที่ผ่านมาซึ่งได้จากการจัดลำดับในชั้นเรียน

3. ครูจัดกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 4 คนจากนักเรียนทั้งหมด 16 คนซึ่งสามารถจัดได้ 4 กลุ่ม โดยสมาชิกในกลุ่มเป็นนักเรียนที่มีความสามารถคล่องกัน ซึ่งพิจารณาได้จากผลการเรียนคณิตศาสตร์และคะแนนรวมทุกวิชาที่ผ่านมาซึ่งได้จากการจัดลำดับในชั้นเรียน

4. ให้สมาชิกในกลุ่มเลือกประธานและเลขานุการกลุ่ม โดยให้นักเรียนศึกษาบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มตามเอกสารคำชี้แจงที่ครูแจกให้ จากนั้นให้นักเรียนตั้งชื่อกลุ่มแล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1

5. ครูแจกใบกิจกรรมที่ 2 “กล่าวดิสร้างสรรค์” ครูอธิบายให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จากนั้นครูถามนักเรียนในกลุ่มใหญ่ว่า ถ้านักเรียนต้องการแบ่งพื้นที่ของรูปวงกลมออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน นักเรียนจะสามารถแบ่งพื้นที่ของวงกลมออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกันได้อย่างไร ครูให้นักเรียนทั้งหมดช่วยกันหาคำตอบ ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นสร้างสรรค์ออกมา จากนั้นสรุปคำตอบทั้งหมดที่นักเรียนคิดได้

6. ครูแจกใบกิจกรรมที่ 3 “ผลรวมของจำนวน” ให้นักเรียนกลุ่มละ 1 ใบ พร้อมทั้งกระดาดทอด ให้นักเรียนปฏิบัติตามใบกิจกรรมที่ 3 โดยให้นักเรียนหารูปแบบของคำตอบให้ได้มากที่สุด ครูเดินดูตามกลุ่มต่างๆ เพื่อแนะนำและตอบคำถามนักเรียนแต่ละคนเท่าที่จำเป็น หากมีกลุ่มใดที่ปฏิบัติ

7. ครูสรุปคำตอบและวิธีคิดทั้งหมดอีกครั้งและแนะนำวิธีคิดแก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนมุมมองปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่แตกต่างจากเดิม และวิธีการเดาและตรวจสอบเพื่อให้ทราบคำตอบของปัญหา ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าเมื่อนักเรียนสลบที่ตัวเลขในแต่ละช่อง คำตอบที่ได้จะเท่ากับคำตอบเดิม เนื่องจากการบวกมีสมบัติการสลับที่ จากนั้นครูแจกใบกิจกรรมที่ 4 “กิจกรรมรายบุคคล” ให้นักเรียนนำไปคิดหาคำตอบเป็นรายบุคคลแล้วนำมาส่งครูในการปฏิบัติกิจกรรมครั้งต่อไป
8. ให้นักเรียนนำผลงานของนักเรียนในแต่ละกลุ่มจัดแสดงบนป้ายนิเทศ

การประเมินผล

ประเมินจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มและการปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคล

ใบเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

เกณฑ์การให้คะแนนจากแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

โดยพิจารณาให้คะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อย การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคล และการสัมภาษณ์ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความคิดคล่อง

คะแนน/ความหมาย	การแสดงผลการแก้ปัญหาที่ปรากฏให้เห็น
3 ดีมาก	แสดงวิธีคิดแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ถูกต้อง 5 คำตอบขึ้นไป
2 ดี	แสดงวิธีคิดแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ถูกต้อง 3-4 คำตอบ
1 พอใช้	แสดงวิธีคิดแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ถูกต้อง 1-2 คำตอบ
0 ต้องปรับปรุง	ตอบไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบ / ไม่แสดงวิธีคิดแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความคิดยืดหยุ่น

คะแนน/ความหมาย	การแสดงผลการแก้ปัญหาที่ปรากฏให้เห็น
3 ดีมาก	แสดงแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมหรือแสดงแนวคิดในการหาคำตอบของปัญหาได้มากกว่าหนึ่งแนวคิด และครบสมบูรณ์
2 ดี	แสดงแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมหรือแสดงแนวคิดในการหาคำตอบของปัญหาได้หนึ่งแนวคิด และครบสมบูรณ์
1 พอใช้	มีความพยายามที่จะแสดงแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมหรือแสดงวิธีหาคำตอบของปัญหาได้หนึ่งวิธี แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์
0 ต้องปรับปรุง	ไม่มีผลงาน หรือไม่แสดงแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา หรือไม่แสดงแนวคิดในการหาคำตอบของปัญหาที่เหมาะสม

เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความคิดริเริ่ม

คะแนน/ความหมาย	การแสดงการแก้ปัญหาที่ปรากฏให้เห็น
3 ดีมาก	แสดงวิธีคิดแก้ปัญหาที่แปลกใหม่เป็นของตนเอง แสดงถึงความเป็นต้นแบบในการคิดแก้ปัญหาและสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้
2 ดี	นำแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้มา มาพัฒนาให้อยู่ในแนวทางของตนเองและสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้
1 พอใช้	มีบางสิ่งแสดงให้เห็นแนวคิดในการแก้ปัญหา
0 ต้องปรับปรุง	ไม่ปรากฏแนวคิดในการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนนจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นแบบทดสอบอัตนัยที่ใช้วัดความสามารถ 5 ด้าน ได้แก่

1. ความสามารถในการตั้งโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์
2. ความสามารถในการสร้างแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์
3. ความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่

แปลกใหม่

4. ความสามารถในการพิจารณาหรือประเมินปัญหาตลอดจนการคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

5. ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวเลข หรือเรขาคณิต 2 มิติ หรือ 3 มิติ หรือการดำเนินการ (Operation) ทางคณิตศาสตร์

มีวิธีการตรวจให้คะแนนสำหรับความสามารถในแต่ละด้าน ดังนี้

1. คะแนนความคิดคล่อง ให้คะแนนตามจำนวนคำตอบทั้งหมดที่นักเรียนตอบได้ถูกต้อง คำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าคำตอบนั้นเป็นคำตอบที่ซ้ำกับคำตอบเดิมจะให้คะแนนคำตอบนั้นเพียงครั้งเดียว

2. คะแนนความคิดยืดหยุ่น ให้คะแนนโดยนับจากจำนวนกลุ่มหรือทิศทางของคำตอบ กล่าวคือ นำคำตอบทั้งหมดในแต่ละข้อที่ให้คะแนนความคิดคล่องไปแล้วมาจับกลุ่ม คำตอบใดที่มีคำตอบทิศทางเดียวกันหรือความหมายอย่างเดียวกันจัดเข้ากลุ่มเดียวกัน เมื่อจัดกลุ่มเรียบร้อยแล้ว ให้นับจำนวนกลุ่มให้กลุ่มละ 1 คะแนน

3. คะแนนความคิดริเริ่ม พิจารณาคำตอบที่เป็นความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างจากของผู้อื่น คะแนนความคิดริเริ่มนี้จะพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่ปฏิบัติกิจกรรมหรือเข้าสอบพร้อมกัน การพิจารณาจะดูจากความถี่ของคำตอบถูกต้องที่ซ้ำกันแล้วแยกให้คะแนนดังนี้

จำนวนคนตอบซ้ำ	คะแนน
4 คนขึ้นไป	0
3 คน	1
2 คน	2
1 คน	3

จากนั้นนำคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มมารวมกันถือเป็นคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้าน

คะแนนที่ได้จากผลรวมของคะแนนจากแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ถือเป็นคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน

ใบกิจกรรมที่ 1

สมาชิกในกลุ่ม

กลุ่มที่ ชื่อกลุ่ม.....

1. ชื่อประธานกลุ่ม.....

2. ชื่อเลขานุการ.....

3. ชื่อสมาชิก.....

4. ชื่อสมาชิก.....

บทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม

1. ประธานกลุ่ม เป็นผู้กระตุ้นให้สมาชิกในกลุ่มแสดงความคิดเห็น สรุปผลการอภิปราย ดูแลให้สมาชิกทุกคนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมและรับผิดชอบตามหน้าที่ของตน และนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน

2. เลขานุการ เป็นผู้บันทึกผลการอภิปราย ผลการแสดงแนวคิดและวิธีทำ ในการหาคำตอบ

3. สมาชิก เป็นผู้ช่วยอภิปราย คอยช่วยเหลือสนับสนุน หาข้อมูล/อุปกรณ์เพิ่มเติม

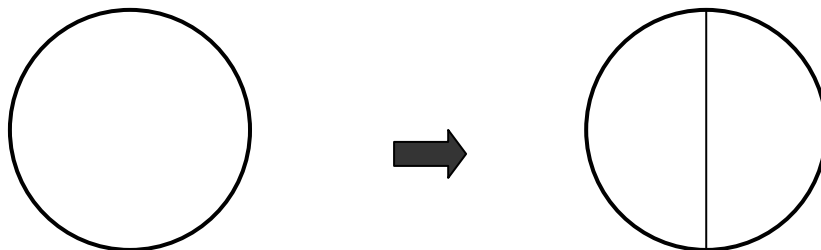
หมายเหตุ นักเรียนทุกคนในกลุ่มจะต้องสับเปลี่ยนบทบาทหน้าที่และผลัดกันออกมานำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน และแลกเปลี่ยนผลงานกับกลุ่มอื่น

ใบกิจกรรมที่ 2

กล้าคิดสร้างสรรค์ (กิจกรรมกลุ่มใหญ่)

1. นักเรียนมีวิธีแบ่งพื้นที่ของวงกลมที่กำหนดให้ออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกันได้อย่างไรบ้าง

ตัวอย่าง



2. นักเรียนมีวิธีการ แบ่งพื้นที่ของวงกลมออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกันแบบอื่นๆอีกได้หรือไม่

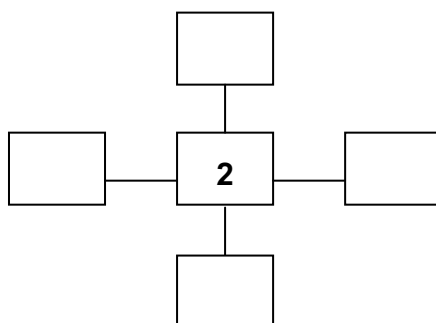
3. ถ้าต้องการแบ่งพื้นที่ของวงกลมออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆกัน นักเรียนมีวิธีแบ่งพื้นที่ได้อย่างไรบ้าง

ใบกิจกรรมที่ 3

ผลรวมของจำนวน (กิจกรรมกลุ่มย่อย)

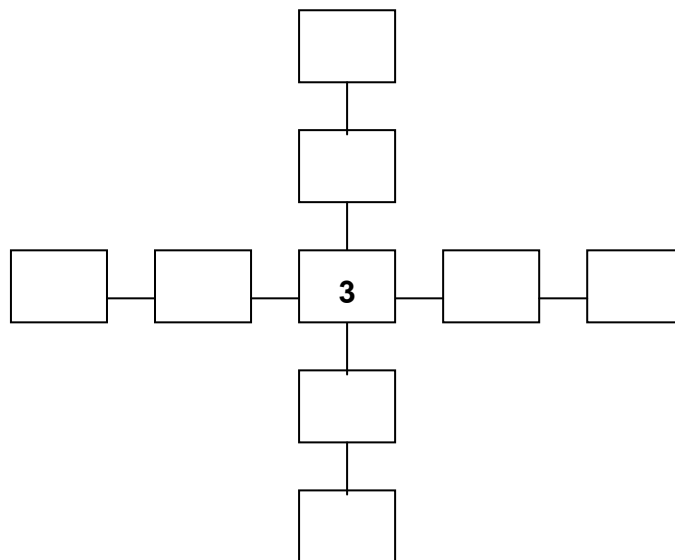
ในโจทย์แต่ละข้อต่อไปนี้ให้นักเรียนเลือกตัวเลข 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, หรือ 9 แล้วเขียนลงในช่องว่างให้ได้ผลรวมของจำนวนทั้งหมด ตามที่โจทย์กำหนด (ให้นักเรียนหาคำตอบให้ได้มากที่สุด)

1.



ผลรวมของจำนวนทั้งหมดเท่ากับ 24

2.



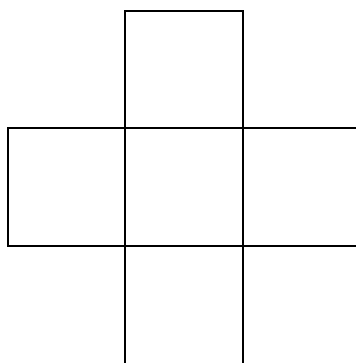
ผลรวมของจำนวนทั้งหมดเท่ากับ 41

ใบกิจกรรมที่ 4

กิจกรรมรายบุคคล

ให้นักเรียนเลือกตัวเลข 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, หรือ 9 แล้วเขียนลงในช่องว่างให้ได้ผลรวมตามที่นักเรียนกำหนด

ผลรวมของจำนวนทั้งหมดเท่ากับ.....



เอกสารเสริมสำหรับครู ปฐมนิเทศ กล้าคิดสร้างสรรค์

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภายหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ได้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด ที่สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนหรือจัดเป็นกิจกรรมเสริมให้กับนักเรียนที่สนใจกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ และได้แนวทางในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ที่สนับสนุนและส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ไปพร้อมๆกับการเรียนรู้

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนจากการทำแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

3 ลักษณะ ได้แก่

1. ความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถทางการคิดของบุคคลในการคิดหาตอบได้อย่างถูกต้องรวดเร็วและต่อเนื่องและได้คำตอบในปริมาณมาก ๆ ในเวลาที่จำกัด
2. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถทางการคิดของบุคคลในการคิดหาคำตอบของโจทย์แต่ละข้อที่ถูกต้องได้หลายวิธี หลายรูปแบบ และสามารถเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาได้ทันทีที่รู้ว่ามีคำตอบ
3. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความสามารถทางการคิดของบุคคลในการคิดหาคำตอบที่ถูกต้องมีความแปลกใหม่และแตกต่างจากความคิดของผู้อื่น

ซึ่งความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 3 ลักษณะดังกล่าว ศึกษาจากความสามารถ 5 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการตั้งโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการตั้งคำถามหรือโจทย์ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้คำตอบที่กำหนดให้เป็นแนวทางในการตั้งคำถามได้โดยไม่จำกัดจำนวน ซึ่งโจทย์ที่สร้างขึ้นมาเมื่อคำนวณแล้วได้ผลลัพธ์ตรงกับคำตอบที่กำหนดให้
2. ความสามารถในการสร้างแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดหาคำตอบที่ถูกต้องหรือสร้างชุดคำตอบที่หลากหลายจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ได้โดยไม่จำกัดจำนวน

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ข้อหนึ่งๆ ด้วยวิธีการที่แปลกใหม่ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดวิธีแก้ปัญหาได้หลายวิธี และสามารถเลือกวิธีที่เหมาะสมและแตกต่างจากวิธีเดิม หรือเป็นความสามารถในการเปลี่ยนแปลงวิธีการคิดเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

4. ความสามารถในการพิจารณาหรือประเมินปัญหาตลอดจนการคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการพิจารณาหรือประเมินปัญหาตลอดจนคาดคะเนเรื่องราวหรือทำนายเหตุการณ์ต่างๆในอนาคตได้อย่างถูกต้อง โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้กับเหตุการณ์ในอนาคตตามเงื่อนไขที่เป็นไปได้

5. ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวเลข หรือรูปเรขาคณิต 2 มิติ หรือ 3 มิติ หรือการดำเนินการ (Operation) ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการจัดกลุ่มจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้โดยใช้เกณฑ์ หรือคุณสมบัติ หรือลักษณะบางอย่างที่ร่วมกันได้อย่างไม่จำกัดจำนวน

เกณฑ์การให้คะแนนจากการทำแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

การให้คะแนนจากการทำแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นการให้คะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านจากทั้งหมด 5 ด้าน โดยในแต่ละด้านมีวิธีการตรวจให้คะแนนดังนี้

1. คะแนนความคิดคล่อง ให้คะแนนตามจำนวนคำตอบทั้งหมดที่นักเรียนตอบได้ถูกต้อง คำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าคำตอบนั้นเป็นคำตอบที่ซ้ำกับคำตอบเดิมจะให้คะแนนคำตอบนั้นเพียงครั้งเดียว

2. คะแนนความคิดยืดหยุ่น ให้คะแนนโดยนับจากจำนวนกลุ่มหรือทิศทางของคำตอบ กล่าวคือ นำคำตอบทั้งหมดในแต่ละข้อที่ให้คะแนนความคิดคล่องไปแล้วมาจับกลุ่ม คำตอบใดที่มีคำตอบทิศทางเดียวกันหรือความหมายอย่างเดียวกันจัดเข้ากลุ่มเดียวกัน เมื่อจัดกลุ่มเรียบร้อยแล้วให้นับจำนวนกลุ่มให้กลุ่มละ 1 คะแนน

3. คะแนนความคิดริเริ่ม พิจารณาคำตอบที่เป็นความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างจากของผู้อื่น คะแนนความคิดริเริ่มนี้จะพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่ปฏิบัติการหรือเข้าสอบพร้อมกัน การพิจารณาจะดูจากความถี่ของคำตอบถูกต้องที่ซ้ำกันโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนความคิดริเริ่มดังนี้

จำนวนคนตอบซ้ำ	คะแนน
4 คนขึ้นไป	0
3 คน	1
2 คน	2
1 คน	3

จากนั้นนำคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มของแต่ละด้านมารวมกันถือเป็นคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในด้านนั้นๆ

เกณฑ์การให้คะแนนจากแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

แบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นแบบสังเกตที่ใช้สำหรับบันทึกผลการวิเคราะห์พฤติกรรมความคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นคะแนนที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มย่อย การปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคล และการสัมภาษณ์ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคล มีเกณฑ์การให้คะแนนดังต่อไปนี้

เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความคิดคล่อง

คะแนน/ความหมาย	การแสดงการแก้ปัญหาที่ปรากฏให้เห็น
3 ดีมาก	แสดงวิธีคิดแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ถูกต้อง 5 คำตอบขึ้นไป
2 ดี	แสดงวิธีคิดแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ถูกต้อง 3-4 คำตอบ
1 พอใช้	แสดงวิธีคิดแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ถูกต้อง 1-2 คำตอบ
0 ต้องปรับปรุง	ตอบไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบ / ไม่แสดงวิธีคิดแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความคิดยืดหยุ่น

คะแนน/ความหมาย	การแสดงการแก้ปัญหาที่ปรากฏให้เห็น
3 ดีมาก	แสดงแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมหรือแสดงแนวคิดในการหาคำตอบของปัญหาได้มากกว่าหนึ่งแนวคิด และครบสมบูรณ์
2 ดี	แสดงแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมหรือแสดงแนวคิดในการหาคำตอบของปัญหาได้หนึ่งแนวคิด และครบสมบูรณ์
1 พอใช้	มีความพยายามที่จะแสดงแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมหรือแสดงวิธีหาคำตอบของปัญหาได้หนึ่งวิธี แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์
0 ต้องปรับปรุง	ไม่มีผลงาน หรือไม่แสดงแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา หรือไม่แสดงแนวคิดในการหาคำตอบของปัญหาที่เหมาะสม

เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะความคิดริเริ่ม

คะแนน/ความหมาย	การแสดงการแก้ปัญหาที่ปรากฏให้เห็น
3 ดีมาก	แสดงวิธีคิดแก้ปัญหาที่แปลกใหม่เป็นของตนเอง แสดงถึงความเป็นต้นแบบในการคิดแก้ปัญหาและสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้
2 ดี	นำแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้มา มาพัฒนาให้อยู่ในแนวทางของตนเองและสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้
1 พอใช้	มีบางสิ่งแสดงให้เห็นแนวคิดในการแก้ปัญหา
0 ต้องปรับปรุง	ไม่ปรากฏแนวคิดในการแก้ปัญหา

คะแนนรวมทั้งหมดที่ประเมินจากการทำแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และจากแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ถือเป็นคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน

สำหรับกิจกรรม “ปฐมนิเทศ กล้าคิดสร้างสรรค์” นี้มีจุดประสงค์ให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นและคิดหลากหลายวิธี เป็นกิจกรรมที่ฝึกให้นักเรียนกล้าคิดสิ่งแปลกใหม่ที่จะทำให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง สำหรับกิจกรรมกลุ่มที่นักเรียนต้องเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มใหญ่ คือ กิจกรรม “กล้าคิดสร้างสรรค์” โดยครูสอดแทรกการคิดแก้ปัญหาโดยวิธีการเดาและตรวจสอบให้นักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหาและคุ้นเคยกับการทำกิจกรรมกลุ่ม

แนวการตอบตามใบกิจกรรมที่ 2 “กล้าคิดสร้างสรรค์”

สำหรับการหาพื้นที่ของวงกลมโดยทั่วไปสามารถทำได้โดยแทนค่าความยาวของรัศมีในสูตร

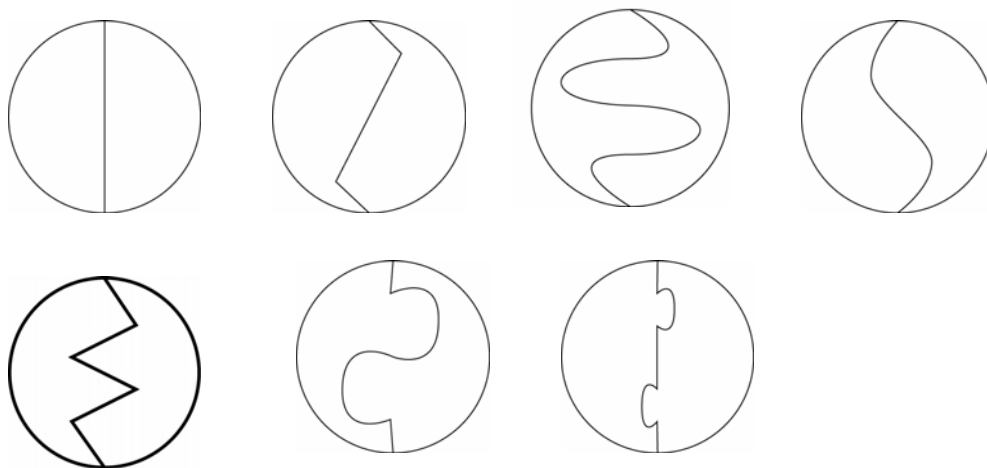
πr^2 โดยค่า π มีค่าประมาณ $\frac{22}{7}$ ซึ่งค่า π เป็นค่าที่สามารถหาได้จากความยาวของเส้นรอบวง

หารด้วยความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมนั้น ดังนั้นการแบ่งพื้นที่ของวงกลมออกเป็นสองส่วน

เท่าๆกันจะได้พื้นที่ของแต่ละส่วนเท่ากับ $\frac{\pi r^2}{2}$ แต่จะมีวิธีการแบ่งพื้นที่ออกเป็นสองส่วนเท่าๆกันได้

อย่างไรบ้าง

นักเรียนสามารถแบ่งพื้นที่ของวงกลมที่ได้โดยการพับครึ่ง ลากเส้นแบ่งครึ่ง หรือการลากเส้นแบ่งพื้นที่โดยใช้จินตนาการมากขึ้นอย่างมีเหตุผล ดังนี้



การตอบในลักษณะนี้ถือว่าเป็นลักษณะความคิดคล่อง เนื่องจากนักเรียนสามารถแบ่งพื้นที่ของวงกลมออกเป็นสองส่วนเท่าๆกันได้ถูกต้อง

การให้คะแนนความคิดคล่อง

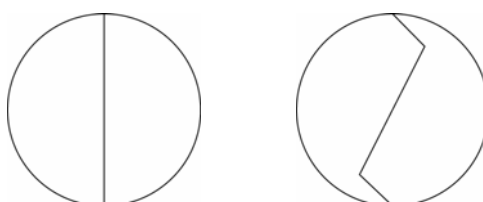
- ให้คะแนน 3 คะแนน เมื่อนักเรียนสามารถแสดงภาพการแบ่งพื้นที่ของวงกลมออกเป็นสองส่วนเท่าๆกันได้ถูกต้อง 5 ภาพขึ้นไป โดยภาพนั้นไม่ซ้ำกัน

- ให้คะแนน 2 คะแนน เมื่อนักเรียนสามารถแสดงภาพการแบ่งพื้นที่ของวงกลมออกเป็นสองส่วนเท่าๆกันได้ถูกต้อง 3-4 ภาพ โดยภาพนั้นไม่ซ้ำกัน
- ให้คะแนน 1 คะแนน เมื่อนักเรียนสามารถแสดงภาพการแบ่งพื้นที่ของวงกลมออกเป็นสองส่วนเท่าๆกันได้ถูกต้อง 1-2 ภาพ โดยภาพนั้นไม่ซ้ำกัน
- ไม่ให้คะแนน เมื่อนักเรียนไม่สามารถแสดงภาพการแบ่งพื้นที่ของวงกลมออกเป็นสองส่วนเท่าๆกันได้ถูกต้อง

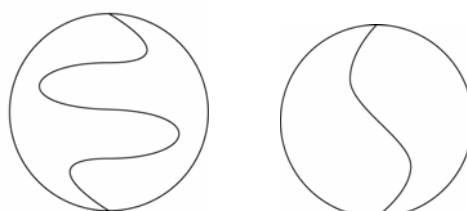
การให้คะแนนความคิดยืดหยุ่น

- ให้คะแนน 3 คะแนน เมื่อนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดในการแบ่งพื้นที่ของวงกลมออกเป็นสองส่วนเท่าๆกันได้ถูกต้องมากกว่า 1 แนวคิด เช่น

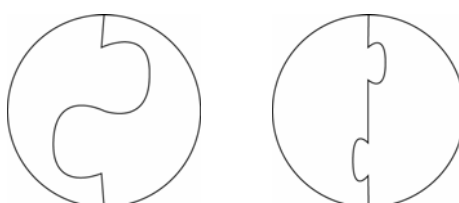
แนวคิดที่ 1 นักเรียนใช้เส้นตรงและรอยหยักของเส้นตรงในการแบ่งพื้นที่ของวงกลม ดังรูป



แนวคิดที่ 2 นักเรียนใช้เส้นโค้งในการแบ่งพื้นที่ของวงกลม ดังรูป



แนวคิดที่ 3 นักเรียนใช้เส้นโค้งและเส้นตรงช่วยในการแบ่งพื้นที่ของวงกลม ดังรูป



- ให้คะแนน 2 คะแนน เมื่อนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดคิดในการแบ่งพื้นที่ของวงกลมออกเป็นสองส่วนเท่าๆกันได้ถูกต้อง 1 แนวคิด

- ให้คะแนน 1 คะแนน เมื่อนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดในการแบ่งพื้นที่ของวงกลมออกเป็นสองส่วนเท่าๆกันได้ แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์
- ไม่ให้คะแนน เมื่อนักเรียนไม่สามารถแสดงแนวคิดในการแบ่งพื้นที่ของวงกลมออกเป็นสองส่วนเท่าๆกันได้

การให้คะแนนความคิดริเริ่ม

- ให้คะแนน 3 คะแนน เมื่อนักเรียนสามารถแสดงวิธีคิดในการแบ่งพื้นที่ของวงกลมซึ่งแสดงถึงความเป็นต้นแบบในการคิดแก้ปัญหาได้ถูกต้อง
- ให้คะแนน 2 คะแนน เมื่อนักเรียนได้นำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้มา มาพัฒนาเพื่อช่วยในการแบ่งพื้นที่ของวงกลมออกเป็นสองส่วนเท่าๆกันได้ถูกต้อง
- ให้คะแนน 1 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงแนวคิดในการแบ่งพื้นที่ของวงกลมได้
- ไม่ให้คะแนน เมื่อนักเรียนไม่แสดงแนวคิดในการแบ่งพื้นที่ของวงกลม

หมายเหตุ การดำเนินกิจกรรมตามใบกิจกรรมที่ 2 เป็นกิจกรรมกลุ่มใหญ่ซึ่งยังไม่ได้มีการให้คะแนน แต่การอธิบายหลักการให้คะแนนข้างต้นเพื่อให้นักเรียนได้ทราบหลักการให้คะแนนของครู และเพื่อครูจะได้กระตุ้นนักเรียนให้คิดสร้างสรรค์และแสดงความสามารถทั้ง 3 ลักษณะออกมา ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

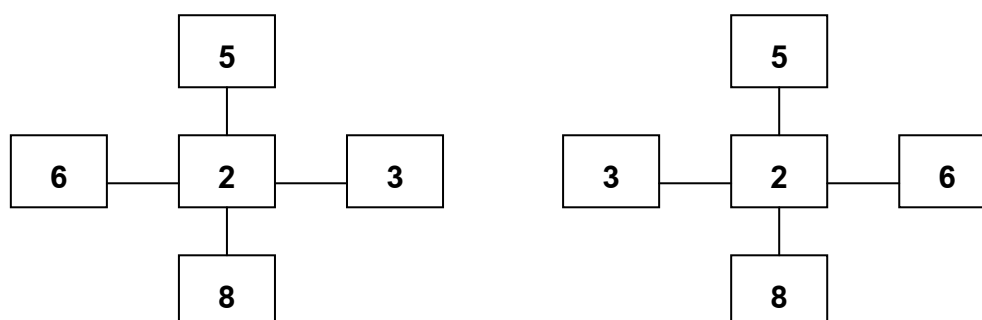
แนวการตอบตามใบกิจกรรมที่ 3 “ผลรวมของจำนวน”

จุดประสงค์ของกิจกรรมคือให้นักเรียนได้ฝึกความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จากการบวกเลข ซึ่งกิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมกลุ่มย่อยที่นักเรียนจะต้องปฏิบัติกิจกรรมร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม ครูควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและอภิปรายในกลุ่มพร้อมทั้งแนะนำวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการเดาและตรวจสอบ ซึ่งมีแนวการตอบ ดังนี้

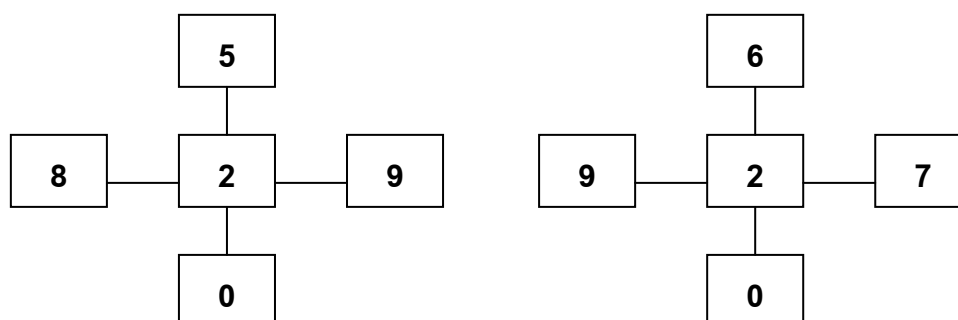
โจทย์กำหนดให้นักเรียนเลือกตัวเลข 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, หรือ 9 แล้วเขียนลงในช่องว่างให้ได้ผลรวมตามที่โจทย์กำหนด (ให้นักเรียนหาคำตอบให้ได้มากที่สุด)

1. ผลรวมของตัวเลขทั้งหมดเท่ากับ 24

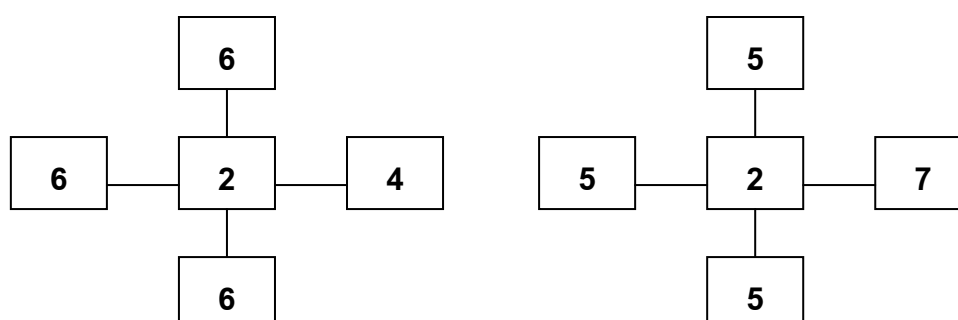
แนวคิดที่ 1 นักเรียนเติมตัวเลขลงในช่องว่างโดยใช้วิธีการสลับที่ เพื่อให้ได้วิธีการตอบที่แตกต่างจากเดิม



แนวคิดที่ 2 นักเรียนใช้ตัวเลข 0 ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของการบวกเติมลงในช่องว่างเพื่อช่วยให้บวกจำนวนได้ง่ายขึ้น โดยบวกจำนวนเพียง 3 ครั้ง



แนวคิดที่ 3 นักเรียนใช้ตัวเลขที่ซ้ำกันเติมลงในช่องว่าง เพื่อให้สะดวกในการหาคำตอบ เช่น ใช้ตัวเลข 6 ซ้ำกัน 3 ตัว จะได้ผลรวมคือ $6 + 6 + 6 = 3 \times 6 = 18$ ซึ่งเมื่อเติมตัวเลข 6 ลงในช่องว่าง นักเรียนจะบวกเลขเพียง 2 ครั้ง คือ $18 + 2 + 4 = 24$



2. ผลรวมของจำนวนทั้งหมดเท่ากับ 41

สำหรับข้อ 2 มีแนวคิดและวิธีคิดคล้ายกับข้อที่ 1 แต่แตกต่างที่มีช่องว่างให้นักเรียนเติมตัวเลขได้มากกว่าและผลรวมมีค่ามากกว่า ซึ่งนักเรียนอาจต้องรวมจำนวนมากขึ้น

การให้คะแนนความคิดคล่อง

- ให้คะแนน 3 คะแนน สำหรับนักเรียนที่แสดงคำตอบที่ถูกต้อง 5 คำตอบขึ้นไป
- ให้คะแนน 2 คะแนน สำหรับนักเรียนที่แสดงคำตอบที่ถูกต้อง 3-4 คำตอบ
- ให้คะแนน 1 คะแนน สำหรับนักเรียนที่แสดงคำตอบที่ถูกต้อง 1-2 คำตอบ
- ไม่ให้คะแนนสำหรับนักเรียนที่ตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบ

การให้คะแนนความคิดยืดหยุ่น

- ให้คะแนน 3 คะแนน สำหรับนักเรียนที่แสดงแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมหรือแสดงแนวคิดในการหาคำตอบของปัญหาได้มากกว่าหนึ่งแนวคิด และครบสมบูรณ์
- ให้คะแนน 2 คะแนน สำหรับนักเรียนที่แสดงแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมหรือแสดงแนวคิดในการหาคำตอบของปัญหาได้หนึ่งแนวคิด และครบสมบูรณ์
- ให้คะแนน 1 คะแนน สำหรับนักเรียนที่มีความพยายามที่จะแสดงแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมหรือแสดงวิธีหาคำตอบของปัญหาได้หนึ่งวิธี แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์
- ไม่ให้คะแนน สำหรับนักเรียนที่ไม่มีผลงาน หรือไม่แสดงแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา หรือไม่แสดงแนวคิดในการหาคำตอบของปัญหาที่เหมาะสม

การให้คะแนนความคิดริเริ่ม

- ให้คะแนน 3 คะแนน สำหรับนักเรียนที่แสดงวิธีคิดแก้ปัญหาที่แปลกใหม่เป็นของตนเอง แสดงถึงความเป็นต้นแบบในการคิดแก้ปัญหาและสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้
- ให้คะแนน 2 คะแนน สำหรับนักเรียนที่นำแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้มา มาพัฒนาให้อยู่ในแนวทางของตนเองและสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้
- ให้คะแนน 1 คะแนน สำหรับนักเรียนที่มีบางสิ่งแสดงให้เห็นแนวคิดในการแก้ปัญหา
- ไม่ให้คะแนน สำหรับนักเรียนที่ไม่แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา

แนวการตอบตามใบกิจกรรมที่ 4 “กิจกรรมรายบุคคล”

กิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมรายบุคคลซึ่งนักเรียนจะเป็นผู้กำหนดผลรวมของจำนวนเอง ดังนั้นคำตอบที่ได้จากการเติมตัวเลขลงในช่องว่าง จึงเป็นจำนวนที่มีผลรวมเท่ากับผลรวมที่นักเรียนกำหนด ซึ่งมีเกณฑ์และวิธีพิจารณาการให้คะแนนเช่นเดียวกับใบกิจกรรมที่ 3 “แถวของตัวเลข”

แผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรมที่ 2

ชื่อกิจกรรม ต่อภาพมหัศจรรย์

เวลา 2 ชั่วโมง

กิจกรรม "ต่อภาพมหัศจรรย์" กิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนคิดจะได้ฝึกคิดและใช้จินตนาการในการช่วยหาคำตอบที่ถูกต้องออกมาในเชิงสร้างสรรค์ในด้านของการใช้รูปแบบของรูปภาพในลักษณะต่างๆ มาเป็นสื่อช่วยในการคิด ซึ่งจะกระตุ้นให้นักเรียนคิดออกมาในเชิงสร้างสรรค์กล้าคิดนอกกรอบความคิดเดิมๆ การฝึกอภิปรายในกลุ่มรับฟังความคิดของผู้อื่น การต่อยอดความคิดของผู้อื่นเพื่อให้เป็นแนวคิดที่แปลกใหม่ได้หลายวิธี และแสดงคำตอบที่ถูกต้องได้หลายคำตอบ โดยนำความรู้เกี่ยวกับรูปเรขาคณิต ศิลปะทางด้านรูปภาพ และความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์อื่นๆมาช่วยในการสร้างสรรค์คำตอบ ซึ่งนักเรียนจะได้รับการเสริมสร้างให้มีความคิดจินตนาการอย่างสร้างสรรค์บนพื้นฐานความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์โดยผ่านทางยุทธวิธี การลงมือปฏิบัติ การเขียนภาพ และการเปลี่ยนมุมมอง

จุดประสงค์ ให้นักเรียนสามารถ

1. นำความรู้เกี่ยวกับรูปเรขาคณิตมาช่วยในการอธิบายผลงานที่สร้างขึ้นได้
2. มีมุมมองในการสร้างสรรค์ผลงานโดยอาศัยความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิต
3. สร้างจินตนาการและมีความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา

ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

รูปเรขาคณิต

สื่อ / อุปกรณ์

1. ใบกิจกรรมที่ 1 ตอนที่ 1 “แทนแกรม”
2. ใบกิจกรรมที่ 1 ตอนที่ 2 “ไม้ขีด”
3. ใบกิจกรรมที่ 2 “กิจกรรมรายบุคคล”
4. ชิ้นส่วนแทนแกรม ทั้ง 7 ชิ้น จำนวน 16 ชุด
5. ไม้ขีดชุดละ 24 ก้าน จำนวน 16 ชุด
6. ชิ้นส่วนไขปริศนา ทั้งสิ้น 9 ชิ้น จำนวน 16 ชุด
7. กระดาษเปล่า

แนวการจัดกิจกรรม

1. ครูทบทวนเกี่ยวกับเรื่องคำถามปลายเปิด และการคิดในเชิงสร้างสรรค์ที่ทำให้ได้คำตอบที่แตกต่างกันมากที่สุด จากนั้นครูแจกกระดาษเปล่าให้นักเรียนทุกคน แล้วให้นักเรียนทุกคนลองวาดรูปอะไรก็ได้ตามจินตนาการ โดยมีเงื่อนไขว่าภายในรูปนั้นต้องประกอบไปด้วยรูปเรขาคณิต เช่น รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม รูปวงกลม ฯลฯ อย่างน้อยรูปแบบละ 1 รูป และให้นักเรียนยกมือเสนอรูปของตนให้เพื่อนดูและจากนั้นครูสรุปว่าการนำรูปเรขาคณิตต่างๆมาประกอบเป็นภาพจะสามารถคิดได้หลายแบบแตกต่างกันตามจินตนาการของแต่ละบุคคล

2. ครูให้ตัวแทนกลุ่มออกมาจับ ใบกิจกรรมที่ 1 ตอนที่ 1 “แทนแกรม” ใบกิจกรรมที่ 1 และตอนที่ 2 “ไม้ขีด” พร้อมทั้งวัสดุ / อุปกรณ์ ที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรม จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันปฏิบัติกิจกรรม

3. ครูแจกใบกิจกรรมที่ 2 “กิจกรรมรายบุคคล” พร้อมทั้งวัสดุ / อุปกรณ์ ที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรม ให้นักเรียนในกลุ่มที่ปฏิบัติกิจกรรมเสร็จก่อนกลุ่มอื่น เพื่อให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคลรอกกลุ่มที่ยังไม่เสร็จ หลังจากทุกกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมเสร็จแล้ว ครูให้แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอคำตอบพร้อมทั้งแสดงแนวคิดและวิธีคิดของใบกิจกรรมที่ 1 ตอนที่ 1 “แทนแกรม” ใบกิจกรรมที่ 1 ตอนที่ 2 “ไม้ขีด” เฉพาะคำตอบหรือวิธีคิดที่แตกต่างจากกลุ่มอื่น

4. ครูสรุปคำตอบและวิธีคิดทั้งหมดอีกครั้ง จากนั้นครูแจกใบกิจกรรมที่ 2 “กิจกรรมรายบุคคล” ให้นักเรียนนำไปคิดหาคำตอบเป็นรายบุคคลแล้วนำมาส่งครูในการปฏิบัติกิจกรรมครั้งต่อไป

5. ให้นักเรียนนำผลงานของนักเรียนในแต่ละกลุ่มจัดแสดงบนป้ายนิเทศ

การประเมินผล

ประเมินจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มและการปฏิบัติกิจกรรมรายบุคคล

ใบกิจกรรมที่ 1

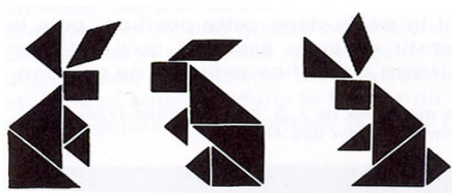
ต่อภาพมหัศจรรย์ (กิจกรรมกลุ่มย่อย)

ตอนที่ 1 “แทนแกรม”

แทนแกรม(Tangram) เป็นของเล่นเก่าแก่ของจีน ซึ่งรู้จักกันในชื่อว่า Ch'i chiso pan ประกอบด้วย 7 ชิ้นที่แบ่งมาจากรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสดังภาพ



สามารถนำชิ้นส่วนทั้ง 7 ชิ้นนั้นมาประกอบเป็นภาพได้หลากหลายแบบ ยกตัวอย่าง เช่น รูปกระต่าย



ให้นักเรียน อภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อเสนอแนวคิดในการ นำชิ้นส่วนต่างๆทั้ง 7 ชิ้น มาประกอบเป็นภาพต่างๆ ให้ได้มากที่สุด

แนวคิด / วิธีคิด

ตอนที่ 2 “ไม้ขีด” *

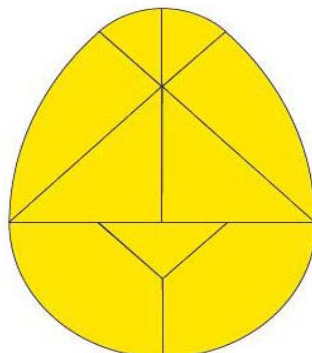
กำหนดไม้ขีดให้ 24 อัน แล้วให้นักเรียนใช้ไม้ขีดสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ให้ได้มากแบบที่สุด

แนวคิด / วิธีคิด

* อ้างอิงจาก กรมวิชาการ. (2535). *ความคิดสร้างสรรค์ หลักการ ทฤษฎี การเรียนการสอน การวัดผลประเมินผล*. (กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงฯ). หน้า 49.

ใบกิจกรรมที่ 2 *

ไขปริศนา “Egg Puzzle” (กิจกรรมรายบุคคล)



จากรูปให้นักเรียนนำส่วนประกอบของรูปที่กำหนดให้มาสร้างเป็นรูปภาพต่างๆ ตามจินตนาการ (ให้นักเรียนสร้างให้ได้หลายรูปแบบมากที่สุด)

* อ้างอิงจาก Savada. (1997). *Open-Ended Problem Solving Enriched by the Internet*.

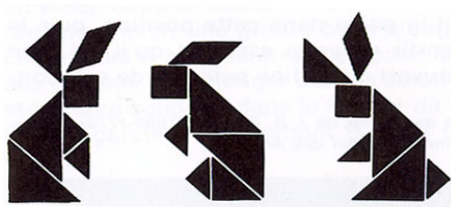
Retrieved September 24, 2004, from http://www.mste.uiuc.edu/users/aki/open_ended.

เอกสารเสริมสำหรับครู ต่อภาพมหัศจรรย์

กิจกรรม “ต่อภาพมหัศจรรย์” เป็นกิจกรรมการแก้ปัญหาที่นักเรียนจะต้องใช้ความคิดและจินตนาการมากขึ้นในการคิด เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ ในการปฏิบัติกิจกรรมนักเรียนอาจต้องใช้ยุทธวิธีในการหาคำตอบที่หลากหลาย เช่น การลงมือปฏิบัติ การเขียนภาพ และการเปลี่ยนมุมมอง

ในการดำเนินกิจกรรมอาจพบว่านักเรียนแสดงวิธีคิดที่คล้ายๆกัน เช่น การสร้างเป็นรูปเรขาคณิต สร้างเป็นรูปคน และตรวจสอบ ซึ่งอาจเป็นวิธีการโดยปกติที่นักเรียนมักนำมาใช้ในการต่อเป็นภาพ ครูจะต้องคอยชี้แนะให้นักเรียนฝึกแก้ปัญหา ฝึกอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม เพื่อทำความเข้าใจปัญหาและเกิดการแลกเปลี่ยนความคิด ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนคิดนอกกรอบนอกเหนือจากวิธีเดิมที่นักเรียนเคยใช้ เช่น การต่อภาพจากรูปเรขาคณิตทั้ง 7 ชิ้น ไม่จำเป็นที่นักเรียนจะต้องต่อภาพออกมาเป็นรูปเรขาคณิตเท่านั้น แต่นักเรียนสามารถต่อภาพเป็นรูปสิ่งมีชีวิตต่างๆ และสิ่งไม่มีชีวิตอื่นๆ ได้อีกมากมาย

ครูควรแนะนำให้นักเรียนได้รับการเสริมสร้างลักษณะการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดคล่อง เช่น เมื่อนักเรียนต่อรูปเรขาคณิตเป็นภาพกระต่าย ครูอาจใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนลองสลับเปลี่ยนตำแหน่งของรูปเรขาคณิตแต่ละรูปเพื่อให้ได้ภาพกระต่ายในหลายอิริยาบถ เช่น



แนวการตอบตามใบกิจกรรมที่ 1 ตอนที่ 1 “แทนแกรม” (กิจกรรมกลุ่มย่อย)

ให้นักเรียนนำชิ้นส่วนต่างๆ ทั้ง 7 ชิ้น มาประกอบเป็นภาพต่างๆ ให้ได้มากที่สุด

แนวคิดที่ 1 นักเรียนประกอบเป็นภาพเรขาคณิต

วิธีคิดที่ 1 รูปสามเหลี่ยม 

วิธีคิดที่ 2 รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า 

วิธีคิดที่ 3 รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน



วิธีคิดที่ 4 รูปสี่เหลี่ยมคางหมู



วิธีคิดที่ 5 รูปหกเหลี่ยม



แนวคิดที่ 2 นักเรียนประกอบเป็นภาพคน

วิธีคิดที่ 1 คนเดิน



วิธีคิดที่ 2 คนวิ่ง



วิธีคิดที่ 3 คนเต้น



แนวคิดที่ 3 นักเรียนประกอบเป็นภาพสัตว์

วิธีคิดที่ 1 ภาพหงส์



วิธีคิดที่ 2 ภาพม้า



วิธีคิดที่ 3 ภาพสุนัข



แนวคิดที่ 4 นักเรียนประกอบเป็นภาพสิ่งไม่มีชีวิตที่นอกเหนือจากรูปเรขาคณิต

วิธีคิดที่ 1 ภาพบ้าน



วิธีคิดที่ 2 ภาพเรือ



วิธีคิดที่ 3 ภาพเครื่องชั่ง



เกณฑ์การให้คะแนนตามใบกิจกรรมที่ 1 ตอนที่ 1 “แทนแกรม”

การให้คะแนนความคิดคล่อง

- ให้คะแนน 3 คะแนน สำหรับนักเรียนที่แสดงวิธีคิดในการสร้างรูปได้ถูกต้อง 5 วิธีขึ้นไป
- ให้คะแนน 2 คะแนน สำหรับนักเรียนที่แสดงวิธีคิดในการสร้างรูปได้ถูกต้อง 3-4 วิธี
- ให้คะแนน 1 คะแนน สำหรับนักเรียนที่แสดงวิธีคิดในการสร้างรูปได้ถูกต้อง 1-2 วิธี
- ไม่ให้คะแนน สำหรับนักเรียนที่ไม่สามารถแสดงวิธีคิดในการสร้างรูปได้ถูกต้อง หรือไม่แสดงวิธีแก้ปัญหา

การให้คะแนนความคิดยืดหยุ่น

- ให้คะแนน 3 คะแนน เมื่อนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดในการสร้างรูปได้ถูกต้องและครบสมบูรณ์ มากกว่า 1 แนวคิด
- ให้คะแนน 2 คะแนน เมื่อนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดในการสร้างรูปได้ถูกต้องและครบสมบูรณ์ 1 แนวคิด
- ให้คะแนน 1 คะแนน เมื่อนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดหรือมีความพยายามที่จะแสดงแนวคิดในการสร้างรูปได้ 1 แนวคิด แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์
- ไม่ให้คะแนน สำหรับนักเรียนที่ไม่มีผลงาน หรือไม่แสดงแนวคิดในการสร้างรูป

การให้คะแนนความคิดริเริ่ม

- ให้คะแนน 3 คะแนน เมื่อนักเรียนสามารถแสดงวิธีคิดที่แปลกใหม่เป็นของตนเอง แสดงถึงความเป็นต้นแบบในการคิดแก้ปัญหาเพื่อสร้างรูปได้ถูกต้อง
- ให้คะแนน 2 คะแนน เมื่อนักเรียนสามารถนำแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้มา มาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อสร้างรูปได้ถูกต้อง
- ให้คะแนน 1 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงให้เห็นแนวคิดในการแก้ปัญหาบางส่วนแม้อย่างไม่สมบูรณ์
- ไม่ให้คะแนน เมื่อนักเรียนไม่แสดงแนวคิดในการปัญหา

แนวการตอบตามใบกิจกรรมที่ 1 ตอนที่ 2 “ไม้ขีด” (กิจกรรมกลุ่มย่อย)

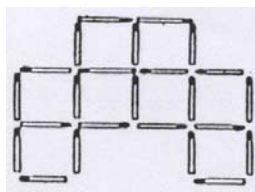
กำหนดไม้ขีดให้ 24 อัน แล้วให้ใช้ไม้ขีดสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสให้ได้มากแบบที่สุด

แนวคิดที่ 1 นักเรียนสร้างโดยไม้ขีดไม่ทับซ้อนกัน

วิธีคิดที่ 1 รูปสี่เหลี่ยมแยกกัน

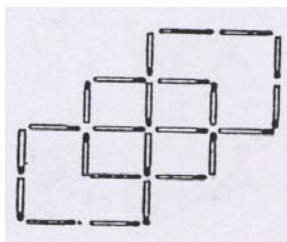


วิธีคิดที่ 2 รูปสี่เหลี่ยมต่อกัน

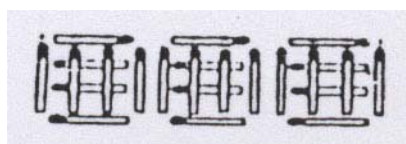


แนวคิดที่ 2 นักเรียนสร้างโดยไม่ขีดซ้อนกัน

วิธีคิดที่ 1 ซ้อนกันแบบก้านชนก้าน



วิธีคิดที่ 2 ซ้อนกันแบบวางไม่ชิดทับกัน



เกณฑ์การให้คะแนนตามใบกิจกรรมที่ 1 ตอนที่ 2 “ไม้ขีด”

การให้คะแนนความคิดคล่อง

- ให้คะแนน 3 คะแนน สำหรับนักเรียนที่แสดงวิธีคิดในการสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสได้ถูกต้อง 5 วิธีขึ้นไป
- ให้คะแนน 2 คะแนน สำหรับนักเรียนที่แสดงวิธีคิดในการสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสได้ถูกต้อง 3-4 วิธี
- ให้คะแนน 1 คะแนน สำหรับนักเรียนที่แสดงวิธีคิดในการสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสได้ถูกต้อง 1-2 วิธี
- ไม่ให้คะแนน สำหรับนักเรียนที่ไม่สามารถแสดงวิธีคิดในการสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสได้ถูกต้องหรือไม่แสดงวิธีแก้ปัญหา

การให้คะแนนความคิดยืดหยุ่น

- ให้คะแนน 3 คะแนนเมื่อนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดในการสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสได้ถูกต้องและครบสมบูรณ์ มากกว่า 1 แนวคิด
- ให้คะแนน 2 คะแนนเมื่อนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดในการสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสได้ถูกต้องและครบสมบูรณ์ 1 แนวคิด

- ให้คะแนน 1 คะแนนเมื่อนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดหรือมีความพยายามที่จะแสดงแนวคิดในการสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสได้ 1 แนวคิด แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์
- ไม่ให้คะแนน สำหรับนักเรียนที่ไม่มีผลงาน หรือไม่แสดงแนวคิดในการสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

การให้คะแนนความคิดริเริ่ม

- ให้คะแนน 3 คะแนนเมื่อนักเรียนสามารถแสดงวิธีคิดที่แปลกใหม่เป็นของตนเอง แสดงถึงความเป็นต้นแบบในการคิดแก้ปัญหาเพื่อสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสได้ถูกต้อง
- ให้คะแนน 2 คะแนนเมื่อนักเรียนสามารถนำแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้มา มาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสได้ถูกต้อง
- ให้คะแนน 1 คะแนนเมื่อนักเรียนแสดงให้เห็นแนวคิดในการแก้ปัญหาบางส่วนแต่ยังไม่สมบูรณ์
- ไม่ให้คะแนน เมื่อนักเรียนไม่แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา

แนวการตอบตามใบกิจกรรมที่ 2 ไขปริศนา “Egg Puzzle” (กิจกรรมรายบุคคล)

จากรูปให้นักเรียนนำส่วนประกอบของรูปที่กำหนดให้มาสร้างเป็นรูปภาพต่างๆ ตามจินตนาการ (ให้นักเรียนสร้างให้ได้หลายรูปแบบมากที่สุด)

แนวคิดที่ 1 นักเรียนประกอบเป็นภาพนก

- วิธีคิดที่ 1 นกแบบที่ 1 
- วิธีคิดที่ 2 นกแบบที่ 2 
- วิธีคิดที่ 3 นกแบบที่ 3 
- วิธีคิดที่ 4 นกแบบที่ 4 

เกณฑ์การให้คะแนนตามใบกิจกรรมที่ 2 ไข่ปริศนา “Egg Puzzle” (กิจกรรมรายบุคคล)

การให้คะแนนความคิดคล่อง

- ให้คะแนน 3 คะแนน สำหรับนักเรียนที่แสดงวิธีคิดในการสร้างรูปได้ถูกต้อง 5 วิธีขึ้นไป
- ให้คะแนน 2 คะแนน สำหรับนักเรียนที่แสดงวิธีคิดในการสร้างรูปได้ถูกต้อง 3-4 วิธี
- ให้คะแนน 1 คะแนน สำหรับนักเรียนที่แสดงวิธีคิดในการสร้างรูปได้ถูกต้อง 1-2 วิธี
- ไม่ให้คะแนน สำหรับนักเรียนที่ไม่สามารถแสดงวิธีคิดในการสร้างรูปได้ถูกต้อง หรือไม่แสดงวิธีแก้ปัญหา

การให้คะแนนความคิดยืดหยุ่น

- ให้คะแนน 3 คะแนนเมื่อนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดในการสร้างรูปได้ถูกต้องและครบสมบูรณ์ มากกว่า 1 แนวคิด
- ให้คะแนน 2 คะแนนเมื่อนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดในการสร้างรูปได้ถูกต้องและครบสมบูรณ์ 1 แนวคิด
- ให้คะแนน 1 คะแนนเมื่อนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดหรือมีความพยายามที่จะแสดงแนวคิดในการสร้างรูปได้ 1 แนวคิด แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์
- ไม่ให้คะแนน สำหรับนักเรียนที่ไม่มีผลงาน หรือไม่แสดงแนวคิดในการสร้างรูป

การให้คะแนนความคิดริเริ่ม

- ให้คะแนน 3 คะแนนเมื่อนักเรียนสามารถแสดงวิธีคิดที่แปลกใหม่เป็นของตนเอง แสดงถึงความเป็นต้นแบบในการคิดแก้ปัญหาเพื่อสร้างรูปได้ถูกต้อง
- ให้คะแนน 2 คะแนนเมื่อนักเรียนสามารถนำแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้มา มาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อสร้างรูปได้ถูกต้อง
- ให้คะแนน 1 คะแนนเมื่อนักเรียนแสดงให้เห็นแนวคิดในการแก้ปัญหาบางส่วนแต่ยังไม่สมบูรณ์
- ไม่ให้คะแนน เมื่อนักเรียนไม่แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา

2. ความสามารถในการสร้างแบบรูปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

ให้นักเรียนสร้างแบบรูปในโจทย์ที่กำหนดให้สมบูรณ์ และมีความหลากหลายมากที่สุด

1)

3.1

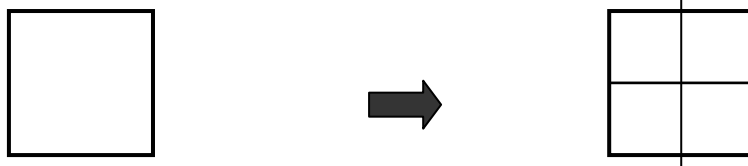
2)



3. ความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่แปลกใหม่

นักเรียนมีวิธีแบ่งพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมที่กำหนดให้ออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆกัน ได้อย่างไรบ้าง

ตัวอย่าง



แบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

กิจกรรมที่..... ชื่อกิจกรรม.....

ชื่อนักเรียน.....กลุ่มที่ ชั้นป.6 /.....

1. ความคิดคล่อง

ระดับคะแนน 0 1 2 3

บันทึกเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

2. ความคิดยืดหยุ่น

ระดับคะแนน 0 1 2 3

บันทึกเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

3. ความคิดริเริ่ม

ระดับคะแนน 0 1 2 3

บันทึกเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ ที่ช่วยตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหากิจกรรมการเรียนการสอน และตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ โดยการใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งนอกจากคณะกรรมการควบคุมปริญาพนธ์แล้วยังมีผู้เชี่ยวชาญ ที่ช่วยตรวจสอบความถูกต้องเพิ่มเติม ดังรายนามต่อไปนี้

1. อาจารย์ปิยะ มิตรรักษ์

โรงเรียนสาริตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม)

2. อาจารย์ชูศักดิ์ ดาวล้อม

โรงเรียนพัฒนาปากน้ำ

3. อาจารย์ทองแท้ จุ้ยเจริญ

โรงเรียนเทศบาลวัดแหลมสุวรรณาราม (วัฒนรวมวิทยา)

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวรุจิอาภา รุจิยาปนนท์
วัน เดือน ปี เกิด	28 มกราคม พ.ศ. 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดสุรินทร์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	927/138 ถนนเอกชัย ตำบลมหาชัย อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร 74000
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนเทศบาลวัดแหลมสุวรรณาราม (วัฒนรวมวิทยา) อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2535	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนดรุณวิทยากร อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์
พ.ศ. 2538	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนสุรพิณพิทยาสถา อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์
พ.ศ. 2541	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์
พ.ศ. 2545	ครุศาสตรบัณฑิต (มัธยม – วิทยุ) คณิตศาสตร์ จาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2549	การศึกษามหาบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ