

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขที่มีต่อมโนทัศน์และ
ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดร้อยเอ็ด



นางสาวธีรนาถ ธงงาม

สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา


คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-14-2451-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF USING LESH'S TRANSLATION MODEL IN ORGANIZING MATHEMATICS
LEARNING ACTIVITIES ON MATHEMATICS CONCEPTS AND CREATIVITY
OF EIGHTH GRADE STUDENTS IN ROI-ET PROVINCE



Miss Theeranat Thong-ngam

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Curriculum, Instruction and Educational Technology

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-14-2451-5


หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลง
ของเลขที่มีต่อมโนทัศน์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดร้อยเอ็ด

โดย นางสาวธีรนาถ ธงงาม

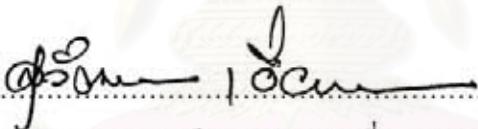
สาขาวิชา การศึกษาคณิตศาสตร์


อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. อัมพร ม้าคนอง

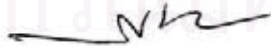
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท


..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. พุทธิ ศิริบรรณพิทักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุวัฒนา เอี่ยมอรพรรณ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. อัมพร ม้าคนอง)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมยศ ชิตมงคล)

ธีรนาถ ธงงาม : ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขที่มีต่อ
 มโนทัศน์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดร้อยเอ็ด.
 (EFFECTS OF USING LESH'S TRANSLATION MODEL IN ORGANIZING MATHEMATICS
 LEARNING ACTIVITIES ON MATHEMATICS CONCEPTS AND CREATIVITY OF EIGHTH GRADE
 STUDENTS IN ROI-ET PROVINCE) อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ. ดร. อัมพร ม้าคนอง, 161 หน้า.
 ISBN 974-14-2451-5.

การวิจัยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข
2. เพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข
3. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขกับกลุ่มปกติ
4. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขกับกลุ่มปกติ

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2548 โรงเรียนขวาววิทยาคาร จังหวัดร้อยเอ็ด
 จำนวน 68 คน เป็นนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 34 คน โดยนักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขและนักเรียนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่ามัธยฐานเลขคณิต ค่ามัธยฐานเลขคณิตร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าที (t-test)

ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดโดยกรมวิชาการ คือ สูงกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนสอบทั้งฉบับ
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาควิชา หลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา
 สาขาวิชา การศึกษาคณิตศาสตร์
 ปีการศึกษา 2548

ลายมือชื่อนิสิต.....
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4783686027: MAJOR MATHEMATICS EDUCATION

KEY WORD: LESH'S TRANSLATION MODEL/ MATHEMATICS CONCEPTS/ MATHEMATICS CREATIVITY

THEERANAT THONG-NGAM; EFFECTS OF USING LESH'S TRANSLATION MODEL IN ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITIES ON MATHEMATICS CONCEPTS AND CREATIVITY OF EIGHTH GRADE STUDENTS IN ROI-ET PROVINCE. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. AUMPORN MAKANONG, Ph.D., 161 pp. ISBN 974-14-2451-5.

The purposes of this research were:

1. to study mathematics concepts of eighth grade students being taught by organizing mathematics learning activities using Lesh's translation model;
2. to study mathematics creativities of eighth grade students being taught by organizing mathematics learning activities using Lesh's translation model;
3. to compare mathematics concepts of eighth grade students between groups being taught by organizing mathematics learning activities using Lesh's translation model and by organizing mathematics learning activities using conventional approach;
4. to compare mathematics creativities of eighth grade students between groups being taught by organizing mathematics learning activities using Lesh's translation model and by organizing mathematics learning activities using conventional approach.

The subjects were eighth grade students in academic year 2005 in Khao withayakarn School, Roi-et Province. They were divided into two groups, one experimental group with 34 students and one controlled group with 34 students. Students in experimental group were taught by organizing mathematics learning activities using Lesh's translation model and those in control group were taught by organizing mathematics learning activities using conventional approach. The research instruments were the mathematics concept test and the mathematics creativity test. The data were analyzed by means of arithmetic mean, mean of percentage, standard deviation, and t – test.

The results of the study revealed that:

1. Mathematics concepts of eighth grade students being taught by organizing mathematics learning activities using Lesh's translation model were higher than minimum criteria of 50 percent.
2. Mathematics creativities of eighth grade students being taught by organizing mathematics learning activities using Lesh's translation model were higher than before using Lesh's translation model.
3. Mathematics concepts of eighth grade students being taught by organizing mathematics learning activities using Lesh's translation model were higher than those of students being taught by organizing mathematics learning activities using conventional approach at .05 level of significance.
4. Mathematics creativities of eighth grade students being taught by organizing mathematics learning activities using Lesh's translation model were higher than those of students being taught by organizing mathematics learning activities using conventional approach at .05 level of significance.

Department Curriculum, Instruction and Educational Technology
 Field of study Mathematics Education
 Academic year 2005

Student's signature.....*T. Thong-ngam*
 Advisor's signature.....*A. Makanong*
 Co-Advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสำเร็จและความเมตตาและความกรุณาอย่างสูงจากรองศาสตราจารย์ ดร. อัมพร ม้าคอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ในการให้คำปรึกษา คำแนะนำที่มีคุณค่ายิ่ง โดยเฉพาะการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้เป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุวิธนา เขียมอรพรรณ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมยศ ชิดมงคล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยฉบับนี้ ทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้เสียสละเวลาให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำในการแก้ไขเครื่องมือในการวิจัย จนเป็นเครื่องมือที่สมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ ผู้บริหาร คณะครู นักเรียนโรงเรียนขวาววิทยาคาร โรงเรียนปทุมรัตต์พิทยาคม โรงเรียนสุวรรณภูมิพิทยไพศาล โรงเรียนพลาญชัยพิทยาคมและโรงเรียนธวัชบุรีวิทยาคมที่ได้ให้ความร่วมมือในการทดลองใช้เครื่องมือและเก็บข้อมูลอย่างดียิ่ง และเนื่องจากผู้วิจัยได้รับทุนสนับสนุนวิทยานิพนธ์และกลุ่มวิทยานิพนธ์ ประจำปีภาคปลาย ปีการศึกษา 2548 จากบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อพิพัทธ์และคุณแม่สุธาทิพย์ พันมานิมิตร ที่สนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยอยู่ตลอดเวลา ขอขอบคุณพี่สุวิภา พี่วิรัตน์ น้องปริศนา หลานชายชนะกันต์ และญาติๆ ทุกคนที่คอยเติมพลังในการทำงาน และช่วยเหลือผู้วิจัยให้ทำงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และที่สำคัญผู้วิจัยขอขอบคุณคุณศิริวรรณ คุณยลนภา คุณมนัญญา คุณทิพวรรณ คุณสุพัตรา คุณลำดวน ที่อยู่เคียงข้างผู้วิจัยเสมอ รวมทั้งคุณธรรมรัชต์ คุณเกษมา คุณนุศรียา คุณนัฏฐิตา คุณสุริเยศ คุณนเรศ คุณพิลาถักษณ์ คุณภาณุรักษ์ คุณวรวิมล น้องศิรินทร น้องกฤษณะ น้องวินัย เพื่อน พี่ น้อง เจ้าหน้าที่ศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ และทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญแผนภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
สมมติฐานของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	7
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
1. โมเดลการแปลงของเลข.....	10
1.1 ความเป็นมาของโมเดลการแปลงของเลข.....	10
1.2 ลักษณะของโมเดลการแปลงของเลข.....	11
1.3 ประโยชน์ของโมเดลการแปลงของเลขในการจัดการเรียนรู้.....	12
2. มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์.....	13
2.1 ความหมายของมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์.....	13
2.2 ประโยชน์ของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์.....	15
2.3 ประเภทของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์.....	16
2.4 การเรียนรู้มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์.....	18
2.5 การสอนให้เกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์.....	20
2.6 การวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์.....	26
3. ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	26

3.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์.....	27
3.2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	29
3.3 กระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	30
3.4 ลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	33
3.5 การส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	35
3.6 อุปสรรคในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	39
3.7 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	40
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	41
4.1 งานวิจัยในประเทศ.....	42
4.2 งานวิจัยต่างประเทศ.....	43
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	44
1. การศึกษาค้นคว้า.....	44
2. การออกแบบการวิจัย.....	45
3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	45
4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	46
5. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	58
6. การวิเคราะห์ข้อมูล.....	59
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	60
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	64
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	69
สรุปผลการวิจัย.....	71
อภิปรายผลการวิจัย.....	71
ข้อสังเกตที่ได้จากการทดลอง.....	74
ข้อเสนอแนะ.....	75
รายการอ้างอิง.....	76
ภาคผนวก.....	82

ภาคผนวก ก	รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย.....	83
ภาคผนวก ข	หนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิและขอความร่วมมือในการวิจัย.....	85
ภาคผนวก ค	ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	95
ภาคผนวก ง	เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	120
ภาคผนวก จ	ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าความแปรปรวน (F-test) และค่ามัชฌิมเลขคณิต (t-test) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลองของกลุ่มตัวอย่าง.....	159
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....		161



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	49
กรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม.....	
2	65
ค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{x}) ค่ามัชฌิมเลขคณิตร้อยละ (\bar{x} ร้อยละ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนนโมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขและกลุ่มปกติ.....	
3	66
ค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนการเรียนรู้และ หลังการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรม การเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข และค่าที (ค่า t - dependent).....	
4	67
ค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนนโมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ โมเดลการแปลงของเลขและกลุ่มปกติ และค่าที (t - test).....	
5	68
ค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขและกลุ่มปกติ และค่าที (t - difference).....	
6	122
ลักษณะแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน.....	
7	136
ค่าความเที่ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ วัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์.....	
8	158
ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ วัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนการทดลอง และฉบับหลังการทดลอง.....	

ตารางที่

หน้า

9	ค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{x}) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง ในการสอบกลางปี ปีการศึกษา 2548 ค่าเอฟ (F-test) และค่าที (t-test).....	160
10	ค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{x}) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนน ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลองของกลุ่มตัวอย่าง ค่าเอฟ (F-test) และค่าที (t-test).....	160



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่	หน้า
1 โมเดลการแปลงของเลข.....	11
2 ขั้นตอนการเรียนรู้โมเดล.....	20
3 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนให้เกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์.....	21
4 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนให้เกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์.....	25



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โลกในศตวรรษที่ 21 มีการแข่งขันสูงในทุกๆ ด้าน ประเทศใดจะอยู่รอดประเทศนั้นต้องมีทรัพยากรในประเทศที่มีคุณภาพ ไม่ว่าจะเป็นทรัพยากรวัตถุ หรือทรัพยากรบุคคล โดยเฉพาะทรัพยากรบุคคลที่มีคุณภาพนั้น ถือเป็นปัจจัยหลักที่ช่วยให้ประเทศอยู่รอดได้ในศตวรรษนี้ ทรัพยากรบุคคลหรือประชาชนที่มีคุณภาพเกิดมาจากการอบรมเลี้ยงดูที่ดี และการจัดการศึกษาที่มีคุณภาพ (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2541: 23) ดังนั้นผู้ที่มีหน้าที่ทางด้านการจัดการศึกษาของประเทศไทย จึงต้องมุ่งจัดการศึกษาที่มีคุณภาพให้กับประชาชนของประเทศ

วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งที่สำคัญเป็นอย่างมาก และต้องมียุอยู่ในกระบวนการจัดการศึกษาเพื่อให้ประชาชนมีคุณภาพด้วยเหตุผลหลายประการ ประการแรก วิชาคณิตศาสตร์ช่วยพัฒนาบุคคลให้เป็นบุคคลที่พึงประสงค์ และช่วยส่งเสริมความเจริญก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามความต้องการของสังคมปัจจุบันดังที่ สิริพร ทิพย์คง (2545: 1) ได้กล่าวถึงความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ไว้ว่า คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ช่วยพัฒนาบุคคลให้เป็นบุคคลที่มีสมรรถนะ มีคุณภาพ และเป็นพลเมืองดี เพราะคณิตศาสตร์ช่วยเสริมสร้างความมีเหตุผล ความเป็นคนช่างคิด ช่างริเริ่มสร้างสรรค์ มีระบบระเบียบในการคิด มีการวางแผนการทำงาน มีความสามารถในการตัดสินใจ มีความรับผิดชอบ ตลอดจนมีลักษณะความเป็นผู้นำในสังคมและช่วยก่อให้เกิดความเจริญก้าวหน้าทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สอดคล้องกับจุดหมายของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ที่มุ่งพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมรรถนะ เป็นคนดี มีปัญญา มีวินัยในตนเอง มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถปรับวิธีการทำงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์ (กรมวิชาการ 2544: 4) ประการต่อมา คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ทุกคนต้องใช้ในชีวิตประจำวัน และในการศึกษาระดับที่สูงขึ้นไปดังที่ ยุพิน พิพิธกุล (นิสกร ปานประสงค์, 2544: 82) ได้กล่าวถึงความสำคัญของคณิตศาสตร์ว่า คณิตศาสตร์มีความสำคัญ ทุกคนต้องใช้ จะใช้มากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับบุคคลนั้นๆ คนที่จะไปเป็นนักวิทยาศาสตร์ต้องใช้คณิตศาสตร์ขั้นสูงขึ้นไปในชีวิตประจำวันเราใช้คณิตศาสตร์ธรรมดาจำพวกการบวก ลบ คูณ หาร การใช้คณิตศาสตร์นั้นใช้ตามสภาวะของคนนั้นๆ และประการสุดท้าย คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ช่วยเพิ่มโอกาสและความก้าวหน้าให้กับผู้ที่มีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ในการสร้างสรรค์ผลงานที่มีคุณค่า

มากกว่าผู้ที่ไม่มีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ หรือมีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์น้อยกว่า (น้อมศรี เคท, 2547: 18)

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่า คณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต แต่สภาพปัจจุบันนี้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ดังจะเห็นได้จากสถิติการศึกษา ที่ได้แสดงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2544 ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้คะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ร้อยละ 32.36 ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยวิชาอื่นๆ และมีนักเรียนที่จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ พอใช้ และปรับปรุง คิดเป็นร้อยละ 4.61, 19.15 และ 76.24 ตามลำดับ (สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ, 2546: 81) นอกจากนี้ยังเห็นได้จากผลการสอบวัดคุณภาพการศึกษาระดับชาติ ปีการศึกษา 2546 ที่วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (GAT) วิชาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แล้วพบว่า นักเรียนได้คะแนนผลสัมฤทธิ์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 41.70, 34.49 และ 33.99 ตามลำดับ (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2546) จัดอยู่ในภาวะที่ต้องปรับปรุงทั้งสิ้น โดยเฉพาะสาระพีชคณิตที่พบจากการประเมินผลนานาชาติ TIMSS-R ว่า นักเรียนไทยทำคะแนนในเนื้อหาเกี่ยวกับพีชคณิตได้ต่ำที่สุด (สุนีย์ คล้ายนิล, 2546: 23)

การที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับที่ต้องปรับปรุงนั้น อาจเนื่องมาจาก ครูยังไม่สามารถจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้ง และไม่แสดงความสอดคล้องกับชีวิตประจำวันให้นักเรียนเห็น ดังนั้นนักเรียนจึงมองไม่เห็นความสำคัญและไม่เกิดการเรียนรู้ตามที่ครูต้องการ บรรพต สุวรรณประเสริฐ (2544:97) กล่าวไว้ว่า ผู้เรียนแต่ละคนจะเกิดการเรียนรู้เมื่อผู้เรียนคิดว่าสิ่งนั้นมีความหมายต่อตัวผู้เรียน สามารถนำไปใช้ได้ ควรให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ได้สัมผัสสิ่งจริง ได้แก้ปัญหาหลายรูปแบบอันจะทำให้ นักเรียนได้คิด พุด และเขียนออกมาให้ผู้อื่นเข้าใจ นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ โดยให้ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติ ได้จับต้องสิ่งของ และได้ค้นพบในสิ่งที่ครูต้องการจะสอนด้วยตนเอง จะทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ที่ลึกซึ้ง รักรวิชาคณิตศาสตร์ ตลอดจนเกิดความคิดสร้างสรรค์ (สุวิมณา อุทัยรัตน์, 2546: 83)

ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) เป็นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทักษะหนึ่งที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีคุณภาพ (กรมวิชาการ, 2545: 2) ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในปัจจุบัน นอกจากต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ ตลอดจนนวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ดีขึ้นแล้ว ยังต้องจัดให้นักเรียนมีความคิด

สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้สอดคล้องกับสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ด้วย

สำหรับการพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพนั้นควรจัดให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้โดยอาศัยพื้นฐานของทฤษฎี หลักการ และใช้โมเดลที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นกรอบแนวคิด (อัมพร ม้าคนอง, 2546: 1) ซึ่งโมเดลเกี่ยวกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีหลายโมเดล โมเดลเหล่านั้นต่างก็มีความสอดคล้องกับหลักการและทฤษฎีทางการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เช่น โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์ (Concept Attainment Model) โมเดลของลาสเลย์และแมทซินสกี (Lasley and Matczynski Model) โมเดลการแปลงของเลช (Lesh's Translation Model) เป็นต้น

โมเดลการแปลงของเลช เป็นโมเดลเกี่ยวกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ที่ได้ให้ผู้เรียนสามารถเปลี่ยนวิธีแสดงความรู้ทางคณิตศาสตร์หนึ่งใน 5 แบบ ได้แก่ การใช้สื่อรูปธรรม (Manipulative Aids) การใช้รูปภาพ (Pictures) การใช้ภาษาเขียน (Written Symbols) การใช้ภาษาพูด (Spoken Symbols) และการใช้สถานการณ์จริง (Real World Situations) นอกจากนี้โมเดลดังกล่าวช่วยให้ครูได้จัดการเรียนการสอนที่เน้นการแสดงความรู้ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วยวิธีที่แตกต่าง เพื่อสร้างความเชื่อมโยงระหว่างการแสดงความรู้ต่างๆ เมื่อนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแปลงของเลชแล้วนักเรียนจะมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งและทราบความเกี่ยวข้องของแต่ละวิธีที่แสดงออกไป (Cramer, 1995: 333) สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Kinney (1997: abstract) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟและโมเดลการแปลงของเลช ที่มีต่อความเข้าใจของนักเรียนเรื่องความสัมพันธ์เชิงกราฟระหว่างฟังก์ชัน และอนุพันธ์ของฟังก์ชันในชั้นเรียนแคลคูลัสสำหรับนักเรียนที่ยังไม่แม่นยำ แล้วพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟพร้อมด้วยโมเดลการแปลงของเลชมีการเรียนรู้เรื่องการแปลงฟังก์ชันเป็นอนุพันธ์ และอนุพันธ์เป็นฟังก์ชันมากกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟแต่ไม่ใช้โมเดลการแปลงของเลชร่วมด้วย นอกจากนี้ยังพบอีกว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีมโนทัศน์เกี่ยวกับฟังก์ชัน และอนุพันธ์ที่เหมาะสมกว่ากลุ่มควบคุม ดังนั้นเราจึงควรที่จะนำโมเดลการแปลงของเลชมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์รวมทั้งมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

การใช้โมเดลการแปลงของเลชในกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ใช้สื่อการเรียนการสอนที่เป็นรูปธรรม และกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนตลอดชั่วโมง ทำให้นักเรียนให้ความสนใจกับกิจกรรมที่ครูกำหนดเพื่อจะได้อาจจะสามารถแสดงความรู้เป็นแบบต่างๆ

ได้อย่างถูกต้อง เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมเช่นนี้ ย่อมไม่เป็นการยากที่จะได้พัฒนามโนทัศน์ของนักเรียนที่แต่เดิมนั้น ไม่ค่อยได้มีส่วนร่วมกับกิจกรรมการเรียนการสอน เพียงแต่เป็นผู้ฟังและดูเท่านั้น แต่เมื่อใช้โมเดลการแปลงของเลขแล้วนักเรียนเหล่านี้ได้ใช้ประสาทสัมผัสทุกส่วนในการเรียนรู้สิ่งที่ครูเตรียมที่จะสอน สามารถตอบคำถาม และแสดงความคิดของตนเองออกมาโดยไม่ต้องไปคิดแบบเดียวกับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์สูงเหมือนอย่างที่เคยเป็น และความคิดเหล่านั้นก็ถูกต้อง สร้างความภาคภูมิใจให้นักเรียนคนนั้นๆ และมีแรงใจที่จะเรียนรู้แนวคิดอื่นๆ ทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งแสดงความรู้เหล่านั้นในห้าแบบได้อย่างคล่องแคล่ว และถูกต้องด้วยตัวนักเรียนเอง เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้คิด และมั่นใจในความคิดของตนเองซึ่งนักเรียนยังมีคุณสมบัตินี้ไม่มากนัก

โมเดลการแปลงของเลขทำให้นักเรียนได้เปลี่ยนแบบการแสดงความรู้หนึ่งๆ จากแบบหนึ่งเป็นอีกแบบหนึ่ง ซึ่งการจะเปลี่ยนได้นักเรียนต้องมีความเข้าใจสิ่งที่กำลังเปลี่ยนนั้นจึงทำให้นักเรียนมีความเข้าใจความรู้นั้นๆ อย่างชัดเจน แม่นยำ และเกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เมื่อพบปัญหาต่างๆ ก็สามารถแก้ได้โดยใช้มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ตนมีอยู่เป็นเครื่องมือนำไปสู่การหาคำตอบของปัญหาได้อย่างหลากหลาย ดังนั้นโมเดลการแปลงของเลข จึงเป็นโมเดลหนึ่งที่น่าจะช่วยพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และเมื่อนักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้หลายๆ แบบ คิดพิจารณาอย่างหลากหลาย มีจินตนาการ เชื่อมแนวคิดของตนเองเมื่อทราบว่าเป็นสิ่งที่ถูกต้อง มีความมุ่งมั่น ประତିประต่อเรื่องราวต่างๆ ได้เร็วขึ้น กล้าที่จะแตกต่างจากผู้อื่น และมุ่งมั่นในการแสดงความรู้ความคิดทางคณิตศาสตร์ อันเป็นลักษณะหนึ่งของเด็กที่มีความคิดสร้างสรรค์ดังที่ยุดา รักไทย (2542: 61-65), อุษณีย์ อนุรุทธวงศ์ (2545: 55) และอารี พันธุ์มณี (2546: 166) ได้กล่าวถึงลักษณะของคนที่มีความคิดสร้างสรรค์เอาไว้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขที่มีต่อมโนทัศน์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้มีศักยภาพในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจเนื้อหาคณิตศาสตร์ ตลอดจนการมีมโนทัศน์ และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข
2. เพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข

3. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขกับกลุ่มปกติ

4. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขกับกลุ่มปกติ

สมมติฐานของการวิจัย

จากที่กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ ได้กำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้เท่ากับ ร้อยละ 50 (กรมวิชาการ, 2542: 35) ดังนั้นผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานในการวิจัยครั้งนี้ว่า

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดโดยกรมวิชาการ คือ สูงกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนสอบทั้งฉบับ

จากงานวิจัยของบรรพต พรประเสริฐ (2538) ที่ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัยที่มีระดับทักษะพื้นฐานการสังเกตต่างกันได้ รับการสอนโดยใช้กิจกรรมสร้างสรรค์ทางรูปภาพ กิจกรรมสร้างสรรค์ทางสัญลักษณ์ กิจกรรมสร้างสรรค์ทางภาษา และกิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนปกติ ผลการวิจัยพบว่า 1) กลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมสร้างสรรค์ทางรูปภาพ กลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมสร้างสรรค์ทางสัญลักษณ์ และกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมสร้างสรรค์ทางภาษา ล้วนได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ในรูปของหน่วย จำพวก ความสัมพันธ์ ระบบ การแปลงรูป และการประยุกต์ ซึ่งมีองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน คือ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนตามแผนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ซึ่งการจัดกิจกรรมในการวิจัยดังกล่าวมีลักษณะของกิจกรรมหลากหลาย และสอดคล้องกับกิจกรรมตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามโมเดลการแปลงของเลข นักเรียนได้ทำกิจกรรมที่เกี่ยวกับรูปภาพ สัญลักษณ์ และภาษาด้วย

นอกจากนี้ Lesh (1981: 245) ได้กล่าวไว้ว่า การแปลงความรู้ระหว่างบริบทหนึ่งไปสู่อีกบริบทหนึ่ง จะทำให้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ฝังตรึงอยู่กับนักเรียน และCramer (2003: 1) ยังได้กล่าวอีกว่า การแปลงความรู้ภายในแบบเดียวกัน และการแปลงความรู้ระหว่างแบบต่างๆ

ตามโมเดลการแปลงของเลขนั้นช่วยให้นักเรียนสร้างแนวคิดคณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย นั่นคือ นักเรียนที่สร้างแนวคิดคณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย หรือมีแนวคิดทางคณิตศาสตร์ฝังตรึงอยู่กับตนเองนั้นย่อมสร้างทางเลือกได้มากที่สุดในการเผชิญสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ใดๆ เพื่อตาม การพิจารณาเหตุผลที่น่าเชื่อถือ มีความมั่นคง และทำให้ตนเองเข้าใจ ซึ่งพฤติกรรมทั้งหมดเป็น ลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานในการวิจัยดังนี้

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข และ
3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัด กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากงานวิจัยของ Kinney (1997: abstract) ที่ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการใช้เครื่อง คำนวณเชิงกราฟและโมเดลการแปลงของเลข ที่มีต่อความเข้าใจของนักเรียนเรื่องความสัมพันธ์เชิง กราฟระหว่างฟังก์ชัน และอนุพันธ์ของฟังก์ชันในชั้นเรียนแคลคูลัสสำหรับนักเรียนที่ยังไม่แม่นยำ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟพร้อมด้วยโมเดลการแปลงของเลข มีการเรียนรู้เรื่องการแปลงฟังก์ชันเป็นอนุพันธ์ และอนุพันธ์เป็นฟังก์ชันมากกว่านักเรียนที่เรียนโดย ใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟแต่ไม่ใช้โมเดลการแปลงของเลขร่วมด้วย นอกจากนี้ยังพบอีกว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีมโนทัศน์เกี่ยวกับฟังก์ชัน และอนุพันธ์ที่เหมาะสมกว่ากลุ่มควบคุม ทำนอง เดียวกับ งานวิจัยของ Hail (2000: abstract) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้การนำเสนอหลายๆ แบบ ที่มีต่อความรู้ของนักเรียน และมโนทัศน์พีชคณิตขั้นพื้นฐาน ซึ่งการนำเสนอหลายๆ แบบ ประกอบด้วย การเขียนบนพื้นฐานประสบการณ์ ภาษาพูด การใช้สื่อจริงสัมผัสได้ กราฟ ตาราง และสัญลักษณ์ทางการเขียน กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนที่เรียนวิชาเตรียมพีชคณิตจำนวน 29 คน ซึ่ง ผู้ทดลองได้ใช้การนำเสนอหลายๆ แบบ เพื่อให้ให้นักเรียนเข้าใจตัวแปร สมการ และการแก้สมการ ผล การศึกษาพบว่า นักเรียนใช้กราฟและสื่อจริงที่สัมผัสได้ในการได้มาซึ่งความรู้เกี่ยวกับการ ดำเนินการทางสัญลักษณ์ นอกจากนี้นักเรียนดังกล่าวได้ใช้กราฟและสื่อจริงที่สัมผัสได้ในการ อธิบายการดำเนินการทางสัญลักษณ์และจุดที่ดำเนินการผิด นอกจากนี้การใช้สื่อจริงสัมผัสได้ช่วย ให้นักเรียนแก้สมการได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานในการวิจัยดังนี้

4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จังหวัดร้อยเอ็ด

2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรจัดกระทำ คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้โมเดลการแปลงของเลข และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนแบบปกติ

ตัวแปรตาม คือ

1. มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
2. ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เป็นส่วนหนึ่งของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพิ่มเติมตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เรื่องการแปรผัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. **การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข** หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ให้นักเรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเปลี่ยนวิธีแสดงความรู้ใน 5 แบบ (mode) ตามแนวคิดของ Lesh (1979 อ้างถึงใน อัมพร ม้าคนอง, 2547: 11) ได้แก่ การใช้สื่อรูปธรรม (Manipulative Aids) การใช้รูปภาพ (Pictures) การใช้ภาษาเขียน (Written Symbols) การใช้ภาษาพูด (Spoken Symbols) และ การใช้สถานการณ์จริง (Real World Situations)

2. **การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ** หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 3 หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544

3. **มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์** หมายถึง ความคิดและความเข้าใจของบุคคลเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ อันเกิดจากการได้เรียนรู้ หรือ ได้รับประสบการณ์ในการเรียนคณิตศาสตร์ โดยการสรุปความเข้าใจที่ได้ออกมาเป็นนิยาม หรือความหมาย ซึ่งวัดออกมาได้เป็นคะแนนจากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เรื่อง การแปรผัน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4. **ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์** หมายถึง ความสามารถทางสมองของนักเรียนที่คิดหาคำตอบของสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ได้กว้างไกล หลายทิศทาง ด้วยการคิดดัดแปลง ผสมผสานความคิดเดิมกับสิ่งใหม่ คิดไม่ซ้ำใคร ซึ่งอาจจะเป็นการคาดคะเน ขั้นตอนวิธี หรือการแก้ปัญหาใดๆ ทางคณิตศาสตร์ซึ่งวัดออกมาได้เป็นคะแนน จากแบบทดสอบวัดความคิด

สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้แนวคิดของ Torrance (1962: 34-38) ที่มุ่งวัดความคิดสร้างสรรค์ใน 3 องค์ประกอบ คือ

ก. ความคล่องในการคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดความสามารถทางสมองของนักเรียนในการคิดหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดให้ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาที่จำกัด

ข. ความยืดหยุ่นในการคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดความสามารถทางสมองของนักเรียนในการคิดหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดให้ได้หลายกลุ่ม และหลายแนวทาง

ค. ความคิดริเริ่มทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดความสามารถทางสมองของนักเรียนในการคิดหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดให้ได้แปลกใหม่ แตกต่างไปจากความคิดของนักเรียนคนอื่น ไม่ซ้ำกับคนส่วนใหญ่

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้โมเดลการแปลงของเลขในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนมีมีทัศนคติและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มากขึ้น

2. ได้แนวคิดในการพัฒนาการสอนคณิตศาสตร์ให้เหมาะสมกับนักเรียนที่มีความแตกต่างกันจากการใช้โมเดลการแปลงของเลข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษา ค้นคว้าเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้
เสนอผลการศึกษาค้นคว้า ตามลำดับต่อไปนี้

1. โมเดลการแปลงของเลข
 - 1.1 ความเป็นมาของโมเดลการแปลงของเลข
 - 1.2 ลักษณะของโมเดลการแปลงของเลข
 - 1.3 ประโยชน์ของการใช้โมเดลการแปลงของเลขในการจัดการเรียนรู้
2. มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
 - 2.1 ความหมายของมโนทัศน์ และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
 - 2.2 ประโยชน์ของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
 - 2.3 ประเภทของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
 - 2.4 การเรียนรู้มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
 - 2.5 การสอนให้เกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
 - 2.6 การวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
3. ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 3.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทาง
คณิตศาสตร์
 - 3.2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 3.3 กระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 3.4 ลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 3.5 การส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 3.6 อุปสรรคในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 - 3.7 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. โมเดลการแปลงของเลข

1.1 ความเป็นมาของโมเดลการแปลงของเลข

โมเดลการแปลงของเลขนี้พัฒนาขึ้นจากแนวคิดของบรูเนอร์ที่ว่า มนุษย์สามารถเรียน และคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้สามขั้น (Cramer, 2003: 1) คือ ขั้นประสบการณ์ตรง และสัมผัสได้ (Enactive stage) ซึ่งเป็นการสัมผัสสิ่งที่เป็นรูปธรรม (Concrete Objects or Manipulatives) ขั้นการใช้ภาพเป็นสื่อในการมองเห็น (Iconic Stage) เช่น การใช้รูปภาพ ไต่อะแกรม ฟิล์มที่เป็นสื่อทางสายตา (Visual Medium) และขั้นการสร้างความสัมพันธ์ และสัญลักษณ์ (Symbolic Stage) ซึ่งเป็นขั้นที่ผู้เรียนสามารถเขียนสัญลักษณ์แทนสิ่งที่เห็นในระดับที่สอง หรือสิ่งที่สัมผัสในระดับที่หนึ่งได้ ซึ่งนอกจากแนวคิดของบรูเนอร์แล้ว โมเดลนี้ยังสอดคล้องกับ ทฤษฎีทางการศึกษาคณิตศาสตร์อื่นๆ คือทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของPiaget (Piaget's Theory of Intellectual Development) และ ทฤษฎีการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของ Dienes (Dienes's Theory of Mathematics Learning)

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของPiaget (Piaget's Theory of Intellectual Development) ให้ข้อเท็จจริงที่ว่า วิธีคิด ภาษา ปฏิกริยา พฤติกรรมของเด็กต่างจากผู้ใหญ่ นำไปสู่แนวคิดที่ว่า เด็กที่มีอายุน้อยจะเรียนได้ดีจากกิจกรรมที่ใช้สื่อรูปธรรม (Ginsburg & Opper, 1969 อ้างถึงในอัมพร ม้าคนอง, 2546: 1) นั่นคือนักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายในสถานการณ์ที่คุ้นเคยเพราะนักเรียนได้เห็นสื่อจริงซึ่งนักเรียนจะเข้าใจได้ดี โดยกิจกรรมที่ใช้สื่อรูปธรรมดังกล่าวสอดคล้องกับการสัมผัสสื่อจริงในโมเดลการแปลงของเลข นอกจากนี้ Piaget ยังเน้นว่า การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนมีบทบาทต่อการพัฒนาสติปัญญา นั่นคือทำให้ผู้เรียนได้คิด พูด อภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น สอดคล้องกับ การแสดงภาษาเขียน และภาษาพูดมีบทบาทต่อการพัฒนาสติปัญญา

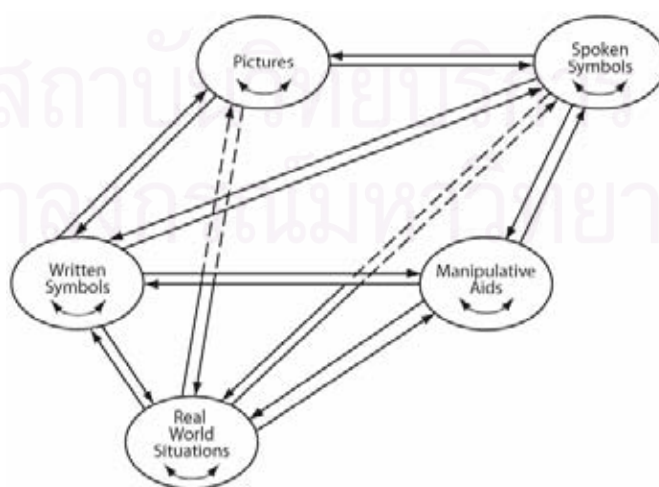
ทฤษฎีการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของ Dienes (Dienes's Theory of Mathematics Learning) ซึ่งมีกฎข้อหนึ่ง เรียกว่า กฎความหลากหลายของการรับรู้ (The Perceptual Variability Principle) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้ในทัศนจะมีประสิทธิภาพดีเมื่อผู้เรียนมีโอกาสรับรู้ในทัศนเดียวกันในหลายๆ รูปแบบ ผ่านบริบททางกายภาพ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของโมเดลการแปลงของเลขดังจะกล่าวต่อไป

โดยสรุปแล้ว โมเดลการแปลงของเลขมีที่มาจากการเพิ่มเติมขั้นการแสดงความรู้ตามแนวคิดของบรูเนอร์ที่มีเพียงขั้นประสบการณ์ตรง และสัมผัสได้ (Enactive stage หรือ

concrete Objects หรือ Manipulatives) ขั้นการใช้ภาพเป็นสื่อในการมองเห็น (Iconic Stage) และขั้นการสร้างความสัมพันธ์ และสัญลักษณ์ (Symbolic Stage) โดยการเพิ่มขั้นการพูด (Spoken Symbols) และขั้นการใช้สถานการณ์จริง (Real World Situations) โดย Lesh เป็นผู้เสนอโมเดลนี้ไว้ใน ค.ศ. 1979 (Post and Cramer, 1989: 221-231) ซึ่งการให้นักเรียนได้เห็นสื่อจริง การเขียน และการพูดเพื่ออธิบาย มีบทบาทต่อการพัฒนาสติปัญญาตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของPiaget นอกจากนี้การเรียนความรู้หนึ่งๆ ในหลายรูปแบบยังเป็นไปตามกฎความหลากหลายของการรับรู้ของทฤษฎีการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของ Dienes

1.2 ลักษณะของโมเดลการแปลงของเลข

โมเดลการแปลงของเลข เป็นโมเดลเกี่ยวกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ที่เสนอว่า ผู้เรียนสามารถเปลี่ยนวิธีแสดงความรู้ทางคณิตศาสตร์หนึ่งใน 5 แบบ ได้แก่ การใช้สื่อรูปธรรม (Manipulative Aids) การใช้รูปภาพ (Pictures) การใช้ภาษาเขียน (Written Symbols) การใช้ภาษาพูด (Spoken Symbols) และการใช้สถานการณ์จริง (Real World Situations) ยกตัวอย่าง เช่น เมื่อนักเรียนได้สัมผัสกับสื่อที่เป็นทรงกระบอก (Manipulative Aids) แล้วนักเรียนสามารถวาดทรงกระบอกออกมาเป็นรูปภาพ (Pictures) ตลอดจนพูดเกี่ยวกับลักษณะของทรงกระบอกออกมาเป็นภาษาพูด (Spoken Symbols) และเขียนลักษณะของทรงกระบอกออกมาเป็นภาษาเขียน (Written Symbols) และยกตัวอย่างทรงกระบอกในชีวิตจริง (Real World Situations) ได้ โดยการทราบว่า ท่อพีวีซี กระป๋องอาหารสำเร็จรูปต่างเป็นทรงกระบอก ซึ่งโมเดลการแปลงของเลขแสดงได้ดังแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 โมเดลการแปลงของเลข

(ที่มา Cramer, 2003: 1)

ตามโมเดลการแปลงของเลขข้างต้น ลูกศรหมายถึงการแปลงความรู้จากแบบใดๆ ไปเป็นแบบที่หัวลูกศรได้ชี้ไปนั้น ดังนั้นจะเห็นว่าวิธีการแสดงความรู้ตามโมเดลการแปลงของเลข อาจเป็นการแปลงความรู้จากแบบหนึ่งไปเป็นแบบอื่นๆ หรือการแปลงความรู้ภายในแบบเดียวกันก็ได้ เช่น ความรู้เรื่องทรงกระบอกดังกล่าวข้างต้น การที่นักเรียนบอกได้ว่าทรงกระบอกในชีวิตจริง (Real World Situations) ได้แก่ ท่อพีวีซี และยังบอกได้อีกว่ากระป๋องอาหารสำเร็จรูปก็เป็น ทรงกระบอกที่พบในชีวิตจริงเช่นกันนั้น แสดงว่า นักเรียนได้แปลงความรู้ภายในแบบเดียวกัน คือ การใช้สถานการณ์จริง ไปสู่สถานการณ์จริงอีกแบบหนึ่ง (Real World Situations to Real World Situations)

โดยสรุปแล้วโมเดลการแปลงของเลข มีลักษณะที่แสดงให้เห็นว่า เมื่อจัดกิจกรรม การเรียนรู้ผู้เรียนต้องสามารถเปลี่ยนวิธีแสดงความรู้ทางคณิตศาสตร์หนึ่งใน 5 แบบ ได้แก่ การใช้ สื่อรูปธรรม (Manipulative Aids) การใช้รูปภาพ (Pictures) การใช้ภาษาเขียน (Written Symbols) การใช้ภาษาพูด (Spoken Symbols) และการใช้สถานการณ์จริง (Real World Situations) ซึ่ง ผู้เรียนอาจเปลี่ยนความรู้จากแบบหนึ่งสู่อีกแบบหนึ่ง เช่น จากการใช้รูปภาพ เปลี่ยนเป็นการใช้ ภาษาเขียน เป็นต้น หรือเปลี่ยนความรู้ภายในแบบเดียวกัน เช่น การใช้ภาษาเขียนเปลี่ยนเป็นการ ใช้ภาษาเขียนที่ต่างออกไป เป็นต้น

1.3 ประโยชน์ของการโมเดลการแปลงของเลขในการจัดการเรียนรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ที่มีโมเดลการแปลงของเลขเป็นกรอบแนวคิดได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความรู้ ทางคณิตศาสตร์ใน 5 แบบ ได้แก่ การใช้สื่อรูปธรรม (Manipulative Aids) การใช้รูปภาพ (Pictures) การใช้ภาษาเขียน (Written Symbols) การใช้ภาษาพูด (Spoken Symbols) และการ ใช้สถานการณ์จริง (Real World Situations) ซึ่งในกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้โมเดลการแปลง ของเลขนี้นักเรียนได้นำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์หลายๆ แบบ โดยการที่นักเรียนได้ทำกิจกรรม เช่นนี้มีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนมาก ดังมีนักการศึกษาได้กล่าวไว้ต่อไปนี้

Cramer (1995: 333) ได้กล่าวไว้ว่า “การนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ใน หลายๆ แบบ และเป็นการฝึกนักเรียนให้ใช้ภาษาสื่อสารคณิตศาสตร์อย่างไม่เป็นทางการ เพื่อ เชื่อมโยงการแสดงความรู้ในแบบต่างๆ ซึ่งเมื่อนักเรียนแสดงความรู้ใน 5 แบบนี้แล้ว นักเรียนจะมี ความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์มากขึ้น”

Wadlington et al. (1992: 207) ได้กล่าวเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
 คณิตศาสตร์ ไว้ว่า “การพูด การฟัง การอ่าน และการเขียนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ต่างๆ จะช่วย
 ให้นักเรียนมีความรู้ที่ชัดเจน และช่วยให้ครูทราบกระบวนการคิดของนักเรียนได้แจ่มชัดขึ้น”

Cramer (2003: 1) ได้กล่าวว่า โมเดลการแปลงของเลขเป็นเครื่องมือในการ
 พัฒนาการประเมินความสามารถต่างๆ ของนักเรียน และช่วยครูตัดสินใจเลือกชนิดกิจกรรมที่
 สนับสนุนหลักสูตร ดังนั้นครูได้พบความต้องการจำเป็นในการเรียนการสอนของนักเรียนอย่าง
 ประสิทธิภาพ

จากประโยชน์ที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้
 ที่มีโมเดลการแปลงของเลขเป็นกรอบแนวคิดนั้นมีประโยชน์ต่อนักเรียน โดยนักเรียนมีความรู้ที่
 ชัดเจนจนเข้าใจความรู้ทางคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้งเมื่อนักเรียนมีความสามารถในการแสดงความรู้
 ทางคณิตศาสตร์หลายๆ แบบ นอกจากนี้นักเรียนยังได้สื่อสารภาษาทางคณิตศาสตร์อย่างไม่เป็น
 ทางการ และยังมีประโยชน์ต่อครูผู้สอนในการทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเป็นอย่างไร แล้วนำ
 ข้อมูลนั้นมาวางแผนการจัดการเรียนรู้และประเมินความสามารถของนักเรียนในด้านต่างๆ

2. มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

คำว่า “มโนทัศน์” มีความหมายเช่นเดียวกับคำว่า ความคิดรวบยอด มโนคติ
 มโนคติ มโนภาพ สังกัป หรือ “concept” ในภาษาอังกฤษ (สุวิทย์ มูลคำ, 2547: 11) ซึ่งมี
 นักการศึกษาได้กล่าวถึงมโนทัศน์ไว้หลายประเด็น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 ความหมายของมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

มีนักการศึกษาและนักจิตวิทยาหลายท่าน ได้ศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ พร้อมทั้งได้
 ให้ความหมายของมโนทัศน์ และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

Bruner, Goodnow and Austins (1956 cited in Klausmeier and Ripple,
 1971: 397) กล่าวว่า มโนทัศน์ หมายถึง เครือข่ายของข้อสรุปทางสัญลักษณ์ที่เป็นแบบสังเกตได้
 ซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ หรือเหตุการณ์ รวมทั้งข้อสรุปแบบที่สังเกตไม่ได้ด้วย

Merrill and Tennyson (1977: 3) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า มโนทัศน์ คือ
 กลุ่มของวัตถุ สัญลักษณ์ หรือเหตุการณ์ที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจง นั่นคือ วัตถุ สัญลักษณ์ หรือ
 เหตุการณ์เหล่านั้นมีลักษณะร่วมกันและสามารถใช้ชื่อ หรือสัญลักษณ์เฉพาะแทนได้

Medin (1989 อ้างถึงใน เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2546: 2) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า มโนทัศน์เป็นภาพในความคิดที่เปรียบเสมือน “ภาพตัวแทน” หมวดหมู่ของวัตถุสิ่งของ แนวคิด หรือปรากฏการณ์ ซึ่งมีลักษณะทั่วไปคล้ายกัน

ซูซีฟ อ่อนโคกสูง (2522: 100) กล่าวว่า มโนทัศน์ หมายถึง กลุ่มของสิ่งเร้า (สิ่งแวดล้อม) หรือเหตุการณ์ที่มีลักษณะร่วมกัน สิ่งแวดล้อมหรือเหตุการณ์เหล่านั้นอาจเป็นวัตถุนามธรรมก็ได้ เรามักตั้งชื่อ หรือใช้สัญลักษณ์เป็นตัวแทนของมโนทัศน์ต่างๆ

กมลรัตน์ หล้าสุวรรณ (2528: 234) กล่าวว่า มโนทัศน์ หมายถึง การเข้าใจประเภทของสิ่งต่างๆ ได้ถูกต้องตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ปราณี รามสูต (2528: 136) กล่าวว่า มโนทัศน์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจซึ่งเป็นข้อสรุปของบุคคลที่มีต่อกลุ่มของสิ่งเร้าที่มีลักษณะร่วมกัน โดยเนื่องมาจากบุคคลนั้นๆ ได้รับความรู้หรือเข้าใจลักษณะของสิ่งเร้าที่ละสิ่ง

นวลจิตต์ เขาวีรติพงษ์ (2537: 55) กล่าวว่า มโนทัศน์ หมายถึง ความเข้าใจทั้งหมดที่มีต่อสิ่งของหรือสถานการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง จะอยู่ในรูปของนามธรรม เกิดจากผลสรุปการรับรู้ลักษณะของสิ่งนั้นๆ

วิไลวรรณ ตรีศรี ชะนะมา (2537: 49) กล่าวว่า มโนทัศน์ หมายถึง แนวคิดสำคัญที่ได้จากการสรุป หรือกลั่นกรองจากข้อมูลหรือข้อเท็จจริง การสรุปอาจจะได้ถ้อยคำหรือประโยคที่กระชับรัด และสื่อความหมายได้ หรืออาจสรุปออกมาเป็นกลุ่ม เป็นประเภท ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล

จากความหมายของมโนทัศน์ที่นักการศึกษา และนักจิตวิทยาได้กล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปความหมายของมโนทัศน์ว่า มโนทัศน์หมายถึง ความคิด หรือภาพในความคิดที่เขียนออกมาได้เป็นถ้อยคำกระชับรัดเกี่ยวกับกลุ่มของสิ่งต่างๆ ที่มีลักษณะร่วมกัน

นอกจากนี้ มีนักการศึกษา คณิตศาสตร์หลายท่านได้ให้กล่าวถึงมโนทัศน์ในทางคณิตศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

Wilson (1971: 645) ได้กล่าวถึงความรู้เชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า ความรู้ในเชิงมโนทัศน์นั้น หมายถึง ความสามารถในการสรุปความหมายของสิ่งที่ได้รับจากการเรียนการสอนตามความเข้าใจของตนเอง รู้จักนำข้อเท็จจริงของเนื้อหาที่ได้เรียนแล้วมาสัมพันธ์กัน

Charlesworth (2005: 2) ได้กล่าวถึงมโนทัศน์ว่า มโนทัศน์คือ กรอบความรู้ที่สร้าง ขึ้นจากการจัดและแยกประเภท โดยบุคคล

Sheffield and Cruikshank (2005: 22) ได้กล่าวถึงมโนทัศน์ว่า มโนทัศน์คือ ความคิดหรือภาพในใจ ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยคำพูดหรือสัญลักษณ์

โสกธ บำรุงสงฆ์ และสมหวัง ไตรตันวงศ์ (2520: 222) ได้ให้ทัศนะเกี่ยวกับ มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ว่า มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นความคิดในเชิงนามธรรม คือเป็นความ เข้าใจเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธีทางคณิตศาสตร์

จากคำกล่าวของนักการศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธีในการเรียน การสอนคณิตศาสตร์ อันเกิดมาจากการจัด การแยก การสัมพันธ์เนื้อหา ข้อเท็จจริงต่างๆ ซึ่ง ความคิด ความเข้าใจนั้นอธิบายได้ด้วยคำพูดหรือสัญลักษณ์

2.2 ประโยชน์ของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

มโนทัศน์ของคนเรานั้น มีทั้งมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับเรื่องทั่วไปและมโนทัศน์เฉพาะเรื่อง ใดๆ ในทางการศึกษาแล้ว มโนทัศน์มีประโยชน์หลายประการ ดังมีนักการศึกษาหลายท่านได้ กล่าวถึงประโยชน์ของมโนทัศน์ไว้ต่อไปนี้

Cooney, Davis and Henderson (1975: 89 – 90) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของ มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ไว้ 3 ประการ ดังนี้

1. เราสามารถให้เหตุผลโดยการใช้มโนทัศน์ เช่น นักเรียนที่มีมโนทัศน์เรื่อง จำนวน ตรรกะก็จะสามารถบอกได้ว่า จำนวนหนึ่งๆ เป็นจำนวนตรรกะหรือไม่ เพราะเหตุใด เป็นต้น
2. มโนทัศน์ทำให้เราสามารถวางหลักการทั่วไปได้ และพบสมบัติบางประการอื่นๆ ที่นอกเหนือจากที่ได้ให้ความหมายไว้
3. มโนทัศน์จะทำให้เราค้นพบความรู้ใหม่

ซูซีพ อ่อนโคกสูง (2522: 100) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของมโนทัศน์ 5 ประการ ดังนี้

1. ลดความซับซ้อนของสิ่งแวดล้อม ถ้าเราไปมัวจำ หรือเข้าใจเฉพาะใน รายละเอียด จะก่อให้เกิดความยุ่งยากเป็นอย่างมากในการที่จะเข้าใจสิ่งแวดล้อมต่างๆ ไป

2. ช่วยแยกแยะวัตถุ หรือสถานการณ์ต่างๆ ออกจากกัน สามารถบอกได้ว่าวัตถุหรือสิ่งเร้าใดเป็นพวกเดียวกันหรือไม่
3. ประหยัดเวลาในการเรียนรู้ ไม่ต้องทำความเข้าใจซ้ำๆ
4. ทำให้การเรียนการสอนดำเนินไปได้ เนื่องจากการเรียนในระดับสูงขึ้นต้องใช้มโนทัศน์เดิมเป็นพื้นฐาน
5. ช่วยให้มีแนวทางในการจัดการเรียนการสอน

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2537: 57) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของมโนทัศน์ไว้ว่า การที่ผู้เรียนเรียนรู้มโนทัศน์จะช่วยผู้เรียนให้พัฒนาการเรียนรู้เรื่องนั้นได้ถึงระดับสูงสุด นอกจากนั้นยังช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้สิ่งที่เกี่ยวข้องได้รวดเร็วขึ้น เพราะเกิดการจัดระบบระเบียบของข้อมูลได้เรียบร้อยแล้วในสมอง เมื่อปะทะกับสิ่งเร้าใหม่ก็จะสามารถจำแนก จัดหมวดหมู่ และเชื่อมโยงกับมโนทัศน์เดิม

จากทัศนะเกี่ยวกับประโยชน์ของมโนทัศน์ของนักการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าหากนักเรียนเป็นผู้มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์แล้วจะเกิดประโยชน์ต่อนักเรียนคนนั้น โดยนักเรียนจะสามารถให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ พบหลักการ สมบัติ และความรู้อื่นๆ ถ้าบุคคลมีมโนทัศน์แล้วจะเข้าใจสิ่งแวดล้อมของมโนทัศน์นั้นได้ง่ายขึ้นเร็วขึ้น ทำให้ครูสอนได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ครูยังได้วางแนวทางการจัดการเรียนการสอนให้เกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์นั้นๆ

2.3 ประเภทของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

ในชีวิตประจำวัน การเรียน การทำงาน และอื่นๆ มนุษย์เราสร้างมโนทัศน์มากมาย Charlesworth (2005: 20) กล่าวว่า นักเรียนอาจได้มโนทัศน์มาอย่างธรรมชาติไม่มีใครบอก ได้มโนทัศน์มาอย่างไม่เป็นทางการเมื่อมีคนให้ข้อมูลเพิ่มเติม และได้มโนทัศน์มาอย่างเป็นโครงสร้าง อย่างเช่น การเรียนการสอนในชั้นเรียน เป็นต้น มีนักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ไว้ดังต่อไปนี้

De cecco (1968: 390-398 อ้างถึงใน ชูชีพ อ่อนโคกสูง, 2522: 102-103) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยงลักษณะ (Conjunctive concept) คือ มโนทัศน์ที่เกิดจากลักษณะเฉพาะตั้งแต่ 2 ลักษณะขึ้นไป เป็นมโนทัศน์ที่เรียนได้ง่าย

2. มโนทัศน์ชนิดแยกแยะ (Disjunctive Concept) คือ มโนทัศน์ที่ใช้ได้ตั้งแต่สองความหมายขึ้นไป จะหมายถึงอะไรขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้เลือก เป็นมโนทัศน์ที่ยากกว่ามโนทัศน์แรก

3. มโนทัศน์ชนิดสัมพันธ์ (Relation concept) คือ มโนทัศน์ที่เกิดจากความสัมพันธ์กันระหว่างลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์ เป็นมโนทัศน์ที่ยากในการที่จะเรียนรู้

กมลรัตน์ หล้าสูงรังษ (2528: 235) ได้จำแนกมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Conjunctive concept) หมายถึง การจัดประเภทของสิ่งต่างๆ โดยใช้กฎเกณฑ์บางอย่างร่วมกัน มักเชื่อมโยงกันด้วยคำว่า “และ”

2. มโนทัศน์ชนิดแยกแยะ (Disjunctive Concept) หมายถึง การจัดประเภทของสิ่งต่างๆ โดยใช้กฎเกณฑ์บางอย่างเพื่อแยกแยะกันออกไปตามความแตกต่างที่ปรากฏ มโนภาพชนิดนี้มักใช้คำว่า “หรือ” เข้าไปเกี่ยวข้องกับ การจัดประเภทของสิ่งต่างๆ นั้นด้วย

ประยูร อาษานาม (2537: 21) ได้แยกมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับคุณสมบัติ (Qualitative concept) เป็นการจำแนกสิ่งต่างๆ ตามขนาด รูปร่างและสี โดยคนเราสามารถรับรู้ สัมผัสได้

2. มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับปริมาณ (Quantitative concept) เป็นเรื่องของนามธรรม เช่น จำนวนและการนับ เป็นต้น

วิไลวรรณ ตรีศรี ชะนะมา (2537: 49) ได้กล่าวว่า มโนทัศน์ในแต่ละวิชานั้นอาจไม่เหมือนกัน แต่สรุปได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ประเภทที่แบ่งตามธรรมชาติ ได้แก่ ความเป็นนามธรรม จำนวนสมาชิกกลุ่ม และการสรุปความแคบ ความกว้าง

2. ประเภทที่แบ่งตามโครงสร้าง ได้แก่ ลักษณะเดิมที่ปรากฏ การแสดงความสัมพันธ์เกี่ยวกับขนาด ที่ตั้ง และทิศทาง

3. ประเภทที่แบ่งตามหน้าที่ ได้แก่ การตอบสนองต่อสิ่งของ หรือเหตุการณ์ หรือพฤติกรรมที่เกิดจากเหตุการณ์นั้น

จากแนวคิดเกี่ยวกับประเภทของมโนทัศน์ของนักการศึกษาดังที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์นั้นสามารถแยกเป็นประเภทต่างๆได้เช่นเดียวกับมโนทัศน์อื่น โดยแบ่งได้หลายประเภท ตามเกณฑ์การจำแนกที่พิจารณา

2.4 การเรียนรู้โน้ตทัศน์ทางคณิตศาสตร์

ระดับสติปัญญาของเด็กแต่ละคนมีความแตกต่างกัน (วรินทรา วัชรสิงห์, 2537: 72) ดังนั้นควรควรทราบเกี่ยวกับการเรียนรู้โน้ตทัศน์เพื่อเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจนักเรียนแต่ละคนว่ามีการเรียนรู้โน้ตทัศน์อย่างไร ควรช่วยนักเรียนให้เรียนรู้โน้ตทัศน์ได้อย่างไร ซึ่งนักการศึกษา และนักจิตวิทยาได้กล่าวถึงการเรียนรู้โน้ตทัศน์ไว้หลายท่านดังต่อไปนี้

Ausubel (1968: 509) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้โน้ตทัศน์สรุปได้ว่า การเรียนรู้โน้ตทัศน์เกิดขึ้นได้ 2 วิธี คือ

1. การสร้างมโนทัศน์ (Concept formation) หมายถึง กระบวนการเรียนรู้โน้ตทัศน์จากประสบการณ์ การสังเกต เป็นการเรียนรู้โดยค้นพบ หรือใช้วิธีอุปมาน (Inductive Process)
2. การแตกย่อยมโนทัศน์ (Concept assimilation) หมายถึง กระบวนการเรียนรู้มโนทัศน์แบบอุปมาน (Deductive Process) โดยทราบคำจำกัดความของมโนทัศน์พร้อมกับตัวอย่างของมโนทัศน์ และคุณลักษณะวิกฤติ (Critical attributes) ของมโนทัศน์นั้น ซึ่งเด็กโตจนถึงผู้ใหญ่จะใช้กระบวนการแตกย่อยมโนทัศน์นี้

Merrill and Tennyson (1977: 9) กล่าวว่า นักเรียนจะเรียนรู้โน้ตทัศน์ได้เมื่อได้แสดงพฤติกรรมการจัดกลุ่มซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรม 2 พฤติกรรม คือ การจัดสิ่งเร้าต่างๆเป็นกลุ่มเดียวกัน (Generalize within a class) คือการจัดสิ่งเร้าอยู่ในกลุ่มเดียวกันได้เมื่อพิจารณาคุณลักษณะของสิ่งเร้า และการจำแนกระหว่างกลุ่ม (Discriminate between classes) คือการจำแนกสิ่งเร้าต่างชนิดกันให้อยู่ต่างกลุ่มกันได้

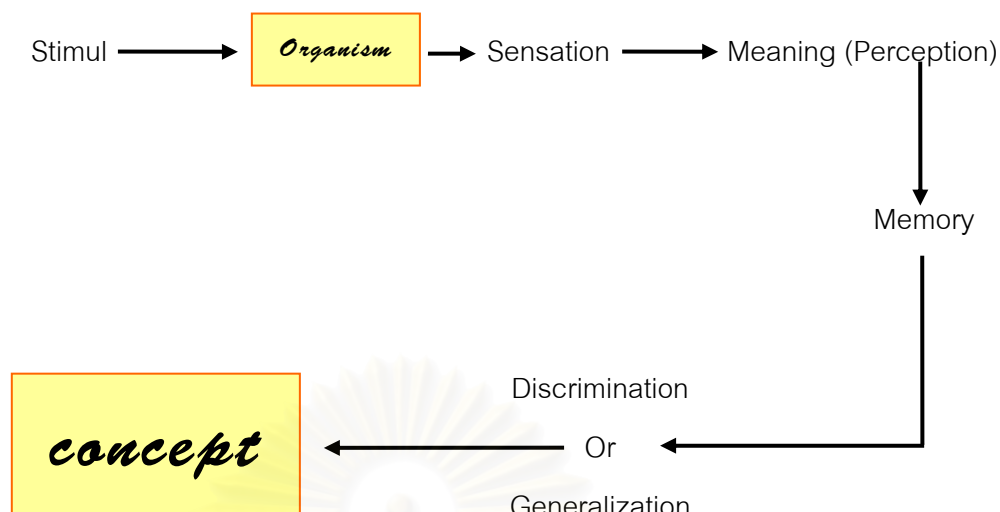
ปราณี รามสูต (2528: 138) กล่าวว่ามโนทัศน์ของคนเราเกิดจากการได้รับประสบการณ์ และกระบวนการเรียนรู้โน้ตทัศน์นั้น เกิดขึ้นเมื่อได้ปะทะกับสิ่งเร้า บุคคลจะเกิดการรับรู้ (Perception) เมื่อรับรู้แล้วก็จะเก็บเอาเป็นความจำ (Memory) เมื่อได้รับรู้กลุ่มของสิ่งเร้าใดมากเข้าความจำเกี่ยวกับกลุ่มของสิ่งเร้านั้นมีมากขึ้น ก็เกิดการคิดหาเหตุผล มีการประสมประสาน (Integration) กันระหว่าง การรับรู้ ความจำ และความคิดเกี่ยวกับสิ่งนั้น การมองเห็นความแตกต่างของกลุ่มสิ่งเร้าต่างๆ ว่าต่างไปจากกลุ่มสิ่งเร้าอื่นอย่างไร (Discrimination) และการสรุปรวบยอด (Generalization) ลักษณะของสิ่งเร้าที่ว่าคล้ายคลึงกับสิ่งเร้าประเภทเดียวกันในแง่ใดบ้าง

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2534: 111) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้โน้ตทัศน์ไว้เป็นลำดับขั้น 6 ขั้น ดังนี้

1. การเรียนรู้เริ่มจากประสบการณ์ของผู้เรียนจากสิ่งที่ได้เห็น ได้ยิน และได้สัมผัสมาก่อน
 2. จากประสบการณ์เดิมของผู้เรียนจะนำความรู้ที่นำมาใช้ในการแยกแยะความแตกต่างของสิ่งเร้าที่ได้รับ
 3. ผู้เรียนจะเริ่มพิจารณาถึงลักษณะร่วมของสิ่งเร้า
 4. ตั้งสมมติฐานว่ามโนทัศน์นั้นคืออะไร
 5. ทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้น
 6. เลือกข้อสมมติฐานที่สามารถรวมกลุ่มสิ่งเร้า ซึ่งมีลักษณะบางประการร่วมกัน
- หากปรากฏว่าถูก ก็คงสมมติฐานนั้นไว้ ถ้าผิดก็จะกลับไปสังเกต และคิดตั้งสมมติฐานใหม่ จนกว่าจะถูก ก็คงสมมติฐานนั้นไว้

นวลจิตต์ เขวกีรติพงศ์ (2537: 55 – 56) กล่าวว่า คนเราจะเรียนรู้มโนทัศน์ไม่ได้เลยถ้าไม่มีประสบการณ์ ดังนั้น บุคคลที่มีประสบการณ์ต่างกันย่อมจะมีมโนทัศน์ของสิ่งเดียวกันแตกต่างกัน โดยการเรียนรู้มโนทัศน์จะเริ่มขึ้นเมื่ออินทรีย์ (Organism) ได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้า (Stimuli) ก็จะเกิดการรับรู้ (Sensation) และการตีความ (Meaning) ในตอนนี้นักเรียนจะเกิดการรับรู้อย่างมีความหมาย (Perception) แล้วเก็บความรู้ไว้ในความทรงจำ (Memory) ต่อมาเมื่อได้รับสิ่งเร้าใหม่ ก็จะเกิดการรับรู้ เปรียบเทียบภาพของสิ่งเร้าใหม่กับสิ่งเร้าเดิม ซึ่งนักเรียนอาจจะแยกแยะไม่ออกในระยะแรก แต่ถ้าครูบอกว่าสิ่งเร้าใหม่คืออะไร นักเรียนอาจจะแยกแยะไม่ออกในระยะแรก ในที่สุดนักเรียนก็จะสามารถแยกแยะความแตกต่าง (Discrimination) ระหว่างสิ่งเร้าเดิมกับสิ่งเร้าใหม่ได้ทันที และยังสามารถรับรู้ที่มีความหมายเกี่ยวกับสิ่งเร้าใหม่ไว้ในความทรงจำอีกด้วย ต่อมาเมื่อนักเรียนได้รับสิ่งเร้าอีกสิ่งหนึ่งที่เป็นชนิดเดียวกับสิ่งเร้าแรก แต่มีลักษณะแตกต่างออกไป เช่น อาจจะมีสี หรือขนาดรูปร่างต่างกัน เมื่อครูบอกว่าสิ่งเร้านี้เป็นชนิดเดียวกับสิ่งเร้าแรก นักเรียนก็จะสามารถสรุปมโนทัศน์ของสิ่งเร้าแรกได้ ซึ่งสรุปขั้นตอนการเรียนรู้มโนทัศน์นี้ได้ดังแผนภาพที่ 2 ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภาพที่ 2 ขั้นตอนการเรียนรู้ในทัศน
ที่มา: นवलจิตต์ ชาวเกียรติพงศ์ (2537: 55 – 56)

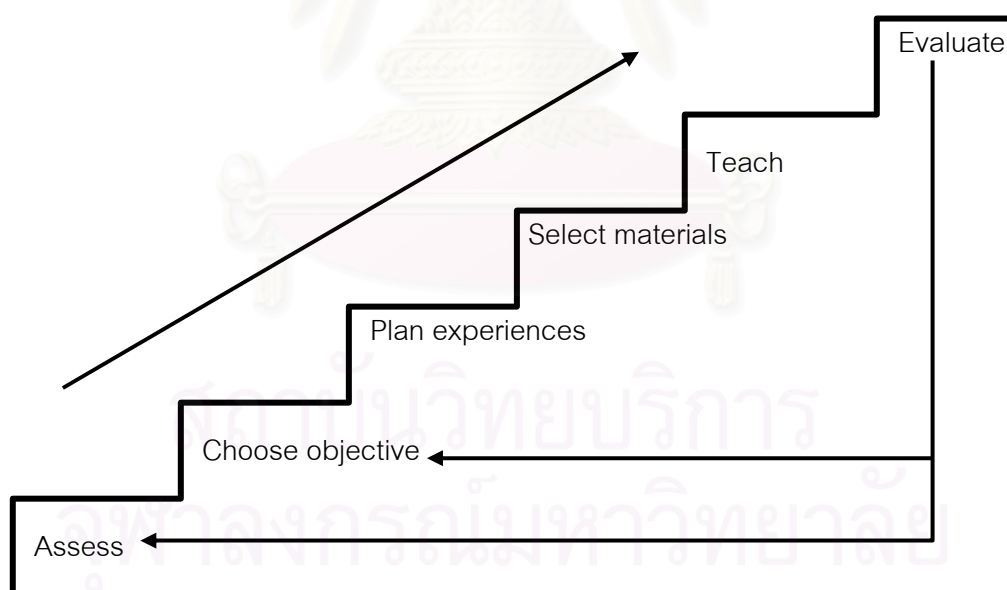
จากการเรียนรู้ในทัศนที่นักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้กล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปเกี่ยวกับการเรียนรู้ในทัศนทางคณิตศาสตร์ได้ว่า นักเรียนจะเรียนรู้ในทัศนทางคณิตศาสตร์ได้นั้น นักเรียนต้องมีประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจรวมทั้งคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันและคณิตศาสตร์ที่เป็นสาระในหลักสูตร ทั้งนี้ นักเรียนต้องได้รับสิ่งเร้าเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ มีการรับรู้ การจำ การจัดกลุ่มและการแยกกลุ่มของสิ่งเร้าที่ได้รับ

2.5 การสอนให้เกิดมโนทัศนทางคณิตศาสตร์

มโนทัศนเป็นเนื้อหาความรู้ที่มีประโยชน์มาก ถ้าเรียนรู้ในทัศนใดแล้ว ย่อมสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในโอกาสอื่นๆ ได้เรื่อยๆ (สุวิทย์ มูลคำ, 2547: 10) ดังนั้นจึงควรสอนนักเรียนให้เกิดมโนทัศน เพื่อจะได้นำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งในการเรียนขั้นสูงขึ้นไป และในการดำเนินชีวิตประจำวัน ซึ่งนักการศึกษาได้เสนอแนวทางการสอนให้เกิดมโนทัศนและมโนทัศนทางคณิตศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

Charlesworth (2005: 29-34) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนามโนทัศนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเด็กเล็ก ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้สามารถใช้ได้กับการสอนทั่วไปด้วย โดยการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวมีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ประเมินสภาพที่นักเรียนเป็นอยู่ (Assess) เพื่อให้ทราบความรู้ของนักเรียน อันจะนำไปสู่การวางแผนการจัดการเรียนการสอน ซึ่งนักเรียนแต่ละคนย่อมมีความแตกต่างกัน
 2. ตั้งวัตถุประสงค์ (Choose objectives) เมื่อประเมินสภาพในขั้นที่ 1 แล้วครูนำสภาพนั้นมาช่วยในการตั้งวัตถุประสงค์ โดยอย่างน้อยต้องตั้งวัตถุประสงค์ให้นักเรียนที่อ่อน ได้เรียนรู้เพิ่มขึ้นเท่ากับนักเรียนที่เก่ง
 3. วางแผนการจัดประสบการณ์ที่ทำให้นักเรียนได้บรรลุวัตถุประสงค์ (Plan experiences) ต้องพึงระลึกว่าเด็กเล็กจะเรียนได้ดีในประสบการณ์ตามธรรมชาติ
 4. เลือกวัสดุ อุปกรณ์ หรือสื่อต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอน (Select materials) โดยสื่อต้องเป็นสื่อที่ดี ทำอย่างดี ปลอดภัยต่อเด็ก ต้องออกแบบเพื่อให้นักเรียนเข้าถึงมโนทัศน์นั้นๆ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และเหมาะสมกับระดับของนักเรียน
 5. ปฏิบัติการสอนนักเรียนตามแผนที่วางไว้ (Teach)
 6. ประเมินว่านักเรียนเรียนรู้สิ่งที่ต้องการสอนหรือไม่ (Evaluate) ถ้าเรียนรู้แล้วก็กลับไปเริ่มที่ขั้นตอนที่ 2 แต่ถ้ายังไม่เกิดการเรียนรู้ครูต้องกลับไปเริ่มที่ขั้นตอนที่ 1 อีกครั้ง
- ทั้งนี้สามารถเขียนสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน ได้ดังแผนภาพที่ 3 ต่อไปนี้



แผนภาพที่ 3 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนให้เกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

ที่มา: Charlesworth (2005: 29-34)

De cecco (1968: 416 – 418 อ้างถึงใน ชูชีพ อ่อนโคกสูง, 2522: 104) ได้เสนอว่า การสอนให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์นั้น ควรจะปฏิบัติเป็นขั้นๆ ดังนี้

1. คาดหวังการกระทำ (พฤติกรรม) คือ ตั้งจุดหมายเชิงพฤติกรรมเพื่อทราบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมอย่างไรหลังจากเรียนมโนทัศน์ไปแล้ว
2. เลือกลักษณะเฉพาะที่เด่นๆ (Dominance of attribute) ของมโนทัศน์มาสอน หรือแสดงต่อนักเรียน เพื่อลดความสับสนวุ่นวาย
3. แสดงภาษาซึ่งใช้แทนมโนทัศน์ที่ต้องการสอน โดยเขียนบนกระดานดำหรือ บอร์ดก็ได้
4. ยกตัวอย่างมโนทัศน์ที่สอดคล้องและไม่สอดคล้อง (Positive and negative) กับ มโนทัศน์ที่จะสอน
5. แสดงตัวอย่างที่ใช่ และไม่ใช่มโนทัศน์ที่สอนให้นักเรียนมองเห็น แล้วให้นักเรียน ตอบว่าตัวอย่างใดที่ใช่ ตัวอย่างใดที่ไม่ใช่
6. แสดงตัวอย่างอื่นที่เป็นมโนทัศน์ที่สอน ถาม และให้นักเรียนตอบว่าใช่หรือไม่ใช่ มโนทัศน์ที่เรียน
7. แสดงทั้งตัวอย่างที่ใช่ และไม่ใช่มโนทัศน์ที่สอน ให้นักเรียนเลือกเฉพาะตัวอย่าง ที่เป็นมโนทัศน์ที่สอน
8. ให้นักเรียนเขียนอธิบายความหมายของมโนทัศน์ที่เรียนแล้ว
9. เปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามและตรวจงานนักเรียน เพื่อรายงานผลให้เขาทราบ และให้การเสริมแรงอื่นๆ

Klausmeier and Ripple (1971: 422-423) ได้แนะนำวิธีการสอนเพื่อให้นักเรียน เกิดมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

1. การเน้นคุณลักษณะของมโนทัศน์ (Emphasize the attributes of the concept) ผู้สอนควรชี้ให้ผู้เรียนเห็นถึงลักษณะแต่ละลักษณะของสิ่งเร้านั้น
2. การใช้ถ้อยคำที่เหมาะสม (Establish the correct terminology for concepts, attribute and instances) ให้ผู้เรียนรู้จักใช้ถ้อยคำแทนมโนทัศน์นั้นอย่างถูกต้อง
3. การชี้ให้เห็นธรรมชาติของมโนทัศน์ที่เรียน (Indicate the nature of the concepts to be learned)
4. การพิจารณาจัดลำดับของการเสนอตัวอย่าง (Provide for proper sequencing of instances of concepts)

5. ส่งเสริม และแนะนำเด็กให้รู้จักเรียน ต้องการค้นคว้า (Encourage and guide student discovery) ซึ่งเป็นสิ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง
6. จัดให้มีการเรียนการใช้ประโยชน์ จากการเรียนมโนทัศน์นั้น (Provide for use of the concept) โดยมีครูเป็นผู้ให้ความช่วยเหลือ
7. ให้ผู้เรียนรู้จักประเมินตนเองว่าเข้าใจในความรู้ที่ได้อาจหรือไม่ (Encourage independent evaluation of the attained concept) หากยังไม่เข้าใจก็จะได้เริ่มต้นใหม่

Cangelosi (1996: 86) ได้เสนอการออกแบบการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยเรียกว่า กิจกรรมการเรียนรู้แบบอุปนัย ซึ่งมีทั้งหมด 4 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นเรียง และจัดประเภท (Sorting and Categorizing) ครูเสนองานให้นักเรียนเรียงและจัดประเภท ให้นักเรียนได้ทำด้วยตนเองในขณะที่ครูเตรียมการทำกิจกรรม จัดสภาพแวดล้อม และเตรียมคำแนะนำแก่นักเรียน
2. ขั้นตอบกลับ และอธิบาย (Reflecting and Explaining) นักเรียนอธิบายมโนทัศน์ในด้านคุณลักษณะที่ใช้ในการจัดประเภท ครูกระตุ้นให้คิดเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ คำอธิบายของนักเรียนเองมากขึ้น
3. ขั้นทำให้เป็นหลักการทั่วไป และเชื่อมต่อ (Generalizing and Articulating) นักเรียนอธิบายมโนทัศน์ในรูปของคุณลักษณะ เพื่อเป็นการพัฒนาการให้นิยามของมโนทัศน์ไปด้วย อย่างไรก็ตามนักเรียนไม่จำเป็นต้องพูดชื่อมโนทัศน์ได้อย่างถูกต้อง
4. ขั้นตรวจสอบ และสกัด (Verifying and Refining) เป็นขั้นการตรวจสอบรายละเอียด และนิยามในขั้นที่ 3

Lasley and Matczynski (1997 อ้างถึงใน อัมพร ม้าคนอง, 2547ข: 63-64) ได้เสนอโมเดลที่สามารถนำไปใช้ได้สะดวกในการสอนมโนทัศน์ โดยโมเดลดังกล่าวประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นที่ 1. การผลิตข้อมูล (Data Generation) เป็นขั้นผลิตและรวบรวมข้อมูลทีอาจมาจากผู้สอน ผู้เรียน หรือจากทั้งผู้สอนและผู้เรียน ผู้สอนต้องเป็นผู้กำกับการว่า ข้อมูลที่ได้นี้จะนำไปสู่มโนทัศน์หรือไม่ และมีสิ่งใดที่ต้องเพิ่มหรือตัดออก
- ขั้นที่ 2. การจัดกลุ่มข้อมูล (Data Grouping) เป็นขั้นที่ผู้เรียนเป็นผู้จัดข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันเข้าด้วยกัน ผู้สอนต้องเตือนผู้เรียนให้นิยามหรืออธิบายให้ได้ว่า ใช้เกณฑ์หรือ

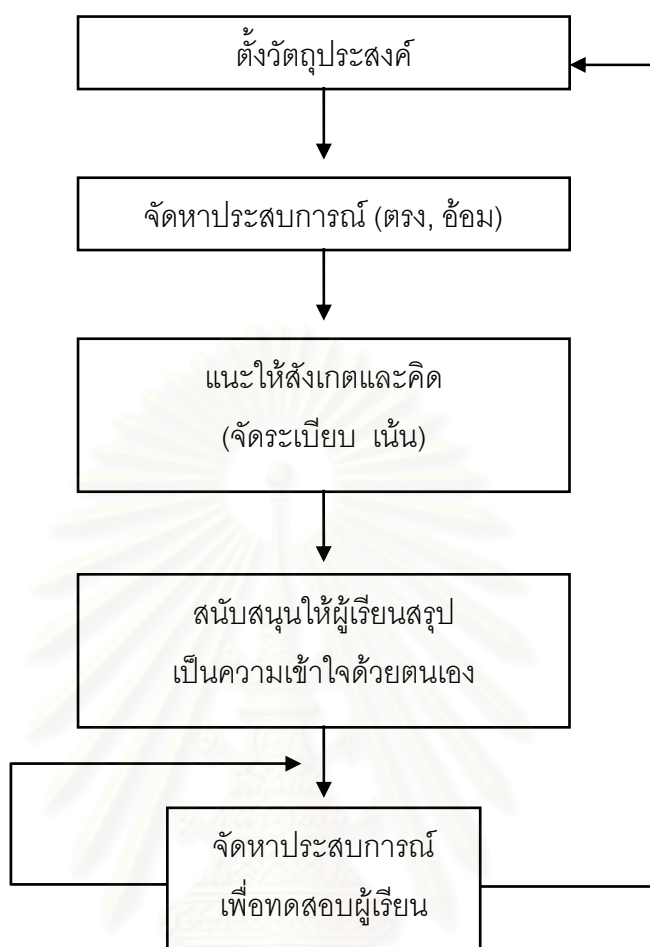
หลักการใดในการจัดกลุ่มข้อมูล ซึ่งเกณฑ์หรือหลักการนี้ควรถูกกำหนดก่อนการดำเนินการจัดกลุ่ม เพื่อที่จะแยกข้อมูลเป็นกลุ่มที่มี และไม่มีลักษณะตามมโนทัศน์

ขั้นที่ 3 การขยายความประเภทข้อมูล (Expanding the Category) ในขั้นนี้ผู้สอน จะตรวจสอบแต่ละกลุ่มข้อมูล que ผู้เรียนจัดในขั้นที่ 2 และพิจารณาว่าผู้เรียนคิดอย่างไรใน กระบวนการจำแนก อาจให้ผู้เรียนอธิบายหรือเขียนบนกระดานดำ ผู้สอนและผู้เรียนคนอื่นๆ มี หน้าที่ตรวจสอบความถูกต้อง การอธิบายวิธีคิดเป็นการขยายความจากลักษณะที่เห็นไปสู่ ความหมายที่แท้จริงและความสัมพันธ์ของคุณลักษณะต่างๆ ของข้อมูล โดยผู้สอนควรช่วยเพิ่มเติม และขยายความเข้าใจของผู้เรียนให้ชัดเจนขึ้น

ขั้นที่ 4 การสรุปปิด (Closure) ในขั้นนี้ผู้สอนอาจให้ผู้เรียนอธิบายว่าสิ่งต่างๆ ที่อยู่ ในประเภทเดียวกันเกี่ยวข้องกับอย่างไร หรือให้สร้างข้อสรุปทั่วไปที่สัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ ภายใน ประเภทเดียวกัน หรือให้สรุปความหมายของประเภทที่จัดและสร้างโครงข่ายโยงความสัมพันธ์ต่างๆ การดำเนินการเหล่านี้เป็นการใช้การคิดวิเคราะห์ระดับสูงช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง จนสร้างมโนทัศน์ได้ด้วยตนเอง

ชัยพร วิชชาวุธ (2524 อ้างถึงใน ปราณี รามสูต, 2528: 147) ได้เสนอโมเดลแสดง กระบวนการสอนมโนทัศน์และกฎเกณฑ์ไว้ ซึ่งผู้สอนควรคำนึงว่า ผู้สอนเป็นผู้จัดประสบการณ์ทั้ง ทางตรงและทางอ้อม ทั้งที่เป็นตัวอย่างที่ถูกต้องและตัวอย่างที่ผิดให้ผู้เรียนได้ค้นพบความเข้าใจด้วย ตนเอง ผู้เรียนทดสอบความเข้าใจด้วยตนเอง พฤติกรรมผู้สอนกำหนดโดยพฤติกรรมผู้เรียน โมเดล แสดงกระบวนการสอนมโนทัศน์ได้แสดงไว้ดังแผนภาพที่ 4 ต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภาพที่ 4 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนให้เกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

ที่มา: ปราณี รามสูต (2528: 147)

วิไลวรรณ ตรีศรี ชะนะมา (2537: 49) ได้กล่าวว่า หากต้องการให้นักเรียนมีมโนทัศน์ครูต้องสอนให้นักเรียนได้เกิดการฝึกทักษะต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. รู้จักสังเกต พิเคราะห์
2. รู้จักเปรียบเทียบความต่าง และความคล้าย
3. รู้จักคัดเลือกเฉพาะสิ่งที่สำคัญ และเป็นประโยชน์
4. รู้จักจัด รวบรวมสิ่งที่คัดเลือกได้เป็นประเภท หมวดหมู่
5. ความสามารถในการสร้างความหมายเพื่อให้เกิดความเข้าใจ และประโยชน์ที่จะนำไปใช้

จะนำไปใช้

จากแนวคิดเกี่ยวกับการสอนมโนทัศน์ที่นักการศึกษาได้เสนอไว้ดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการสอนให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แน่นอน

ทำได้หลายวิธี ซึ่งจะมีประสิทธิผลมากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย บางปัจจัยนั้นยากที่จะควบคุม แต่ก็มีหลายปัจจัยที่ผู้สอนสามารถจัดให้ได้ได้ เช่น วิธีการสอน การจัดสภาพแวดล้อมทางการเรียน การจัดหาสื่อการเรียนการสอน รวมทั้งการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่เหมาะสม ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะทำให้การสอนมีประสิทธิผล

2.6 การวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

หลังจากการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์แล้ว หากต้องการทราบว่านักเรียนเรียนรู้มโนทัศน์มากน้อยเพียงใดนั้นจำเป็นต้องมีการวัดมโนทัศน์ ซึ่งจะวัดอย่างไรนั้นได้มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงการวัดมโนทัศน์ไว้ดังต่อไปนี้

Wilson (1971: 645 - 670) ได้กล่าวถึงการวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่าการวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ถือเป็นการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยในระดับความเข้าใจ โดยที่ความรู้ในเชิงมโนทัศน์นั้น หมายถึง ความสามารถในการสรุปความหมายของสิ่งที่ได้รับจากการเรียนการสอนตามเข้าใจของตนเอง รู้จักนำข้อเท็จจริงของเนื้อหาที่ได้เรียนแล้วมาสัมพันธ์กัน

โสภณ บำรุงสงฆ์ และสมหวัง ไตรตันวงศ์ (2520: 222) ได้กล่าวถึงการวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นการวัดความคิดในเชิงนามธรรมคือ เป็นการวัดความเข้าใจเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธีทางคณิตศาสตร์ เพื่อจะได้ทราบว่าเด็กมีความเข้าใจและมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เพียงใด ดังนั้นข้อสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์นั้นจึงมีข้อความที่ถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริง หรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ และไม่ต้องการคำตอบที่เป็นผลลัพธ์ของปัญหา

จากแนวคิดเกี่ยวกับการวัดมโนทัศน์ดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์นั้นเป็นการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยในระดับความเข้าใจ ดังนั้นจึงเป็นการวัดความเข้าใจข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ และขั้นตอนวิธีทางคณิตศาสตร์ โดยลักษณะคำถามต้องมิใช่การให้หาผลลัพธ์ แต่เป็นการถามถึงข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ และขั้นตอนวิธีทางคณิตศาสตร์

3. ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ ซึ่งมีคุณภาพมากกว่าความสามารถด้านอื่นๆ และเป็นสิ่งที่ทำให้ประเทศชาติได้ประโยชน์มากมาย (อารี พันธุ์ณี, 2545: 1) ดังนั้นเราจึงควรพยายามทำให้บุคลากรของประเทศมีความคิดสร้างสรรค์

เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติในอนาคต โดยการฝึกฝนให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อการดำเนินชีวิต และการศึกษาระดับสูง

3.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศได้กล่าวถึงความหมายของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังต่อไปนี้

Parnes (1963 cited in Duffy, 1998: 17) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดและกระบวนการตอบสนองที่เกี่ยวกับการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิม การตอบสนองต่อสิ่งเร้า เช่น วัตถุ สัญลักษณ์ แนวคิด บุคคล และสถานการณ์ เป็นต้น และต้องมีการเชื่อมโยงกันอย่างน้อยสองสิ่ง

Cangelosi (1996: 165) ได้กล่าวถึงการทำคณิตศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ว่า นักเรียนทำงานที่เป็นคณิตศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ด้วยการคิดที่แตกต่างในเรื่องแนวคิดริเริ่ม ไม่ซ้ำใคร การคาดคะเน ขั้นตอนวิธีหรือการแก้ปัญหา ซึ่งการคิดที่แตกต่างดังกล่าวนี้คือการแสดงเหตุผลที่ผิดจากแนวความคิดปกติ มีผลตอบสนองที่ผิดคาดและผิดธรรมดา

Khatena (1971 อ้างถึงใน ประสาท อิศรปริดา, 2547: 141) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการคิดในลักษณะของการอุปมาอุปมัย สิ่งต่างๆ ให้เป็นรูปแบบใหม่ หรือเพื่อเลือกสรร หรือคิดแยกวิธีการ หรือความเป็นไปได้ทั้งหลาย แล้วสังเคราะห์เข้าด้วยกันให้เป็นแนวทางแก้ปัญหา หรือสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ ขึ้น

Good and Brophy (1986 อ้างถึงใน ประสาท อิศรปริดา, 2547: 141) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดที่ก่อให้เกิดความแปลกใหม่ และมีคุณค่า ซึ่งความมีค่านี้อาจหมายถึง คุณค่าในแง่ความถูกต้อง (แก้ปัญหาได้ถูกต้อง) หรือคุณค่าในแง่ความสุขใจ (ดนตรีทำให้ผู้ฟังมีความสุข)

Gallagher and Gallagher (1994: 319) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการทางความคิดเฉพาะบุคคลในการสร้างแนวคิดใหม่หรือผลงานใหม่ หรือผสมผสานแนวคิดหรือผลงานที่มีอยู่แล้วให้แปลกใหม่สำหรับคนนั้นๆ

Duffy (1998: 18) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นการเชื่อมโยงสิ่งที่ไม่สัมพันธ์ด้วยวิธีใหม่ๆ และมีความหมายสำหรับบุคคลนั้น

The National Advisory Committee on Creative and Cultural Education (1999 cited in Craft, 2000: 3) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกิจกรรมทางจินตนาการ อันได้มาซึ่งผลงานที่ทั้งริเริ่ม และมีความหมาย

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2534: 1) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ โดยมีสิ่งเร้าเป็นตัวกระตุ้นทำให้เกิดความคิดใหม่ต่อเนื่องกันไป

สมศักดิ์ ภูวิภาดาพรรณ (2537: 2) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นเรื่องที่สลับซับซ้อนยากแก่การให้คำจำกัดความที่แน่นอนตายตัว และถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงผลงาน ผลงานนั้นต้องแปลกใหม่และมีความหมาย มีคนยอมรับ แต่ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงกระบวนการ กระบวนการคิดสร้างสรรค์คือการเชื่อมโยงสัมพันธ์ของหรือความคิดที่มีความแตกต่างกันมากเข้าด้วยกัน

ชัยศักดิ์ สีลาจรัสกุล (2542: 45) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของบุคคลในการคิดแก้ปัญหาด้วยการคิดอย่างลึกซึ้ง ที่นอกเหนือไปจากการคิดปกติธรรมดา เป็นลักษณะภายในตัวบุคคลที่สามารถคิดได้หลายแง่มุม ผสมผสาน จนได้ผลผลิตใหม่ที่ถูกต้องสมบูรณ์กว่า

สุภาภรณ์ พลนิกร (อ้างถึงใน ยุดา รักไทย, 2542: 13) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถคิดหาคำตอบใหม่ๆ หรือมีคำตอบมากมายให้กับแต่ละปัญหา รวมถึงความสามารถของคนในการที่จะนำไปสู่สิ่งใหม่ๆ อันรวมหมายถึงความคิด ทฤษฎี และผลงานที่จับต้องได้ โดยจะต้องเป็นประโยชน์ต่อมวลมนุษยชาติ ยิ่งในวงกว้างเท่าใดก็ยิ่งดี

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2545: 4) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง การคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ที่แตกต่างไปจากเดิม และใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม

อาร์ พันธ์มณี (2546: 155) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะอนกนัยอันนำไปสู่การค้นพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการคิดที่ตัดแปลง ประยุกต์ความคิดเดิม ผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ ซึ่งรวมทั้งการประดิษฐ์คิดค้น วิธีการคิด ทฤษฎี หลักการได้สำเร็จ

จากความหมายของความคิดสร้างสรรค์ที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ได้ว่า เป็นความสามารถทางสมองของนักเรียนที่คิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว กว้างไกล หลายทิศทาง ด้วยการคิดตัดแปลง ผสมผสานความคิดเดิมกับสิ่งใหม่ และเป็นความคิดที่ไม่ซ้ำแบบใคร ซึ่งอาจจะเป็นการคาดคะเน ขั้นตอนวิธี หรือการแก้ปัญหาใดๆ ทางคณิตศาสตร์

3.2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

มีนักวิชาการ นักการศึกษา และนักจิตวิทยาได้จำแนกองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังต่อไปนี้

Guilford (1967: 145-151) มีแนวคิดว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดอนกนัย (Divergent Thinking) ที่มี 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ความคิดคล่อง (Fluency) คือ ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้รวดเร็วในปริมาณที่มาก โดยใช้เวลาจำกัดและคำตอบไม่ซ้ำกัน
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) คือ ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง
3. ความคิดริเริ่ม (Originality) คือ ลักษณะความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดาทั่วไป ไม่ซ้ำกับความคิดของผู้อื่น เกิดจากการนำความรู้เดิมมาประยุกต์จนเกิดเป็นสิ่งใหม่ขึ้น
4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) คือ ความคิดในรายละเอียดเพื่อตกแต่งหรือขยายความคิดหลักให้ได้ความหมายที่ชัดเจน สมบูรณ์มากขึ้น

Torrance (1973: 91-95) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ความคล่องในการคิด (Fluency) เป็นความสามารถในการแสดงความคิดได้หลากหลาย เพื่อตอบคำถามปลายเปิด และคำถามอื่นๆ ไม่ว่าจะ เป็นความคิดทางภาษา หรือท่าทาง

2. ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) เป็นความสามารถในการกระทำต่อปัญหาได้หลากหลาย คิดได้หลากหลาย และสามารถแปลงความรู้ หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์ได้หลายด้าน

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) เป็นความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดเดิม หรือแตกต่างไปจากผู้อื่น เป็นการรวมกันของความคิดที่ไม่มีความสัมพันธ์กันมาก่อนทั้งในด้านความคิดหรือการกระทำ

อารี พันธุ์ณี (2546: 163) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ว่า ความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดริเริ่มและความคิดละเอียดลออ โดยความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่นเป็นพื้นฐานของความคิดสร้างสรรค์ ส่วนความคิดริเริ่มนั้นทำให้เกิดสิ่งใหม่ๆ ขึ้นมา และความคิดละเอียดลออทำให้ความคิดนั้นมีรายละเอียดในการคิดมากขึ้น

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2545: 5) ได้กล่าวถึงการจะกำหนดว่าสิ่งใดเกิดจากความคิดสร้างสรรค์นั้น อาจพิจารณาได้จากองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ คือ สิ่งนั้นเกิดจากความคิดที่เป็นสิ่งใหม่ ใช้การได้ และมีความเหมาะสม

จากองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ซึ่งความคิดสร้างสรรค์นี้ต้องเป็นสิ่งใหม่ ใช้ประโยชน์ได้ และมีความเหมาะสมด้วย สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์เป็น 3 องค์ประกอบคือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ตามแนวคิดของ Torrance (1973: 91-95)

3.3 กระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษา และนักจิตวิทยาหลายท่าน ได้วิเคราะห์และเสนอขั้นตอนกระบวนการคิดสร้างสรรค์ไว้ ดังนำเสนอต่อไปนี้

Hutchinson (1949: 38-42) ได้วิเคราะห์รูปแบบพฤติกรรมอันเป็นกระบวนการคิดสร้างสรรค์ 4 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นเตรียม (The stage of preparation) คือ ระยะเวลารวบรวมประสบการณ์เดิม รู้จักลองผิดลองถูก และตั้งสมมติฐานเพื่อแก้ปัญหา
2. ขั้นคิดแก้ปัญหา (The stage of frustration) คือ ระยะเวลาครุ่นคิดแก้ปัญหา แต่ยังคงไม่ออก
3. ขั้นเกิดความคิด (The moment of insight) คือ ช่วงที่เกิดความคิดแวบขึ้นในสมอง คิดหาคำตอบได้ทันที
4. ขั้นพิสูจน์ (The stage of verification) คือ ระยะเวลาตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้ นั้นถูกต้องหรือไม่ โดยใช้กฎเกณฑ์ต่างๆ

Wallash (1926 cited in Gallagher and Gallagher, 1994: 328) ได้เสนอข้อคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการคิดสร้างสรรค์ 4 ขั้นตอนใหญ่ๆ ดังนี้

1. ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นขั้นการสะสมข้อมูล เป็นช่วงเวลาของการตีความสถานการณ์ ปัญหาและสะสมข้อเท็จจริงต่างๆ
2. ขั้นเพาะ หรือขั้นฟักตัว (Incubation) เป็นขั้นที่คนเราไม่ได้คิดอย่างมีสติเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา มีการกระบวนการภายในจิตใจบางอย่างที่เชื่อมโยงข้อมูลใหม่กับข้อมูลที่มีอยู่เดิม โดยคนเราไม่รู้ตัว
3. ขั้นการทำให้กระจ่าง (Illumination) เป็นขั้นที่ผู้มีความคิดสร้างสรรค์มองเห็นแนวคิด มโนทัศน์ หรือวิธีการแก้สถานการณ์ปัญหา
4. ขั้นการพิสูจน์ หรือยืนยันความจริง (Verification) เป็นขั้นทดสอบความตรงของแนวคิด มโนทัศน์ หรือวิธีการที่ได้จากขั้นที่สาม

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2542: 45) ได้กล่าวถึงกระบวนการคิดสร้างสรรค์ ว่ามีทั้งสิ้น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นขั้นเตรียมข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับการทำหรือแนวทางที่ถูกต้อง หรือข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง
2. ขั้นความคิดคุกรุ่น หรือระยะฟักตัว (Incubation) เป็นขั้นที่อยู่ในความวุ่นวายของข้อมูลต่างๆ ทั้งใหม่และเก่า สะเปะสะปะ ปราศจากความเป็นระเบียบเรียบร้อยไม่สามารถจะขมวดความคิดนั้น จึงปล่อยความคิดไว้เฉยๆ

3. **ขั้นความคิดกระจ่างชัด (Illumination)** เป็นขั้นที่ความคิดสับสนนั้นได้ผ่านการเรียบเรียง และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ต่างๆ เข้าด้วยกันให้มีความกระจ่างชัด และความสามารถมองเห็นภาพพจน์ มโนทัศน์ของความคิด

4. **ขั้นทดสอบความคิดและพิสูจน์ให้เห็นจริง (Verification)** เป็นขั้นที่ได้รับความคิด 3 ขั้นจากข้างต้น เพื่อพิสูจน์ว่า เป็นความคิดที่เป็นจริงและถูกต้องหรือไม่

ยุดา รักไทย (2542: 22-24) ได้กล่าวถึงกระบวนการทางสมองที่จะทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ว่ามีทั้งสิ้น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. **ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล** เป็นขั้นที่เกิดขึ้นได้ทุกขณะ ความต้องการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อให้เกิดความอยากรู้อยากเห็น ซึ่งวิธีการป้อนข้อมูลเข้าสู่สมองมีหลายทาง หลายวิธี เช่น ฟัง อ่าน สังเกตการกระทำของผู้อื่น บางคนลองทำเองแบบลองผิดลองถูก คนที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงจะมีความกระหายใคร่รู้ จะมีคำถามที่รอคำตอบ จึงมีความมุ่งมั่นพยายามเรียนรู้ตลอดเวลา โดยข้อมูลต่างๆ ทั้งคำถามและคำตอบจะถูกรวบรวมไว้ในสมองที่เรียกว่า จิตใต้สำนึก อันเป็นชุมทรัพย์ทางความรู้และปัญญา

2. **ขั้นปมความคิด** เป็นขั้นที่จิตใต้สำนึกทำหน้าที่บันทึกทั้งหัวข้อ และรายละเอียดของเรื่องนั้นๆ แล้วก็ยังมีการสังเกตพร้อมการแสวงหาข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้เกิดการขบคิดต่อไป จนกระทั่งได้คำตอบตามต้องการ ซึ่งจะใช้ระยะเวลาเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับความมุ่งมั่น สมาธิ และข้อมูลที่มีในสมอง

3. **ขั้นพิชิตคำตอบ** เป็นขั้นที่มีความคิดวบขึ้นมาจากได้ปมความคิดมาเรื่อยๆ

4. **ขั้นตรวจสอบ** เป็นขั้นต่อจากขั้นที่สาม โดยจิตสำนึกส่วนที่เป็นตรรกะ (logic) ของสมองซีกซ้าย จะถูกนำมาใช้ตรวจสอบ กลับกรองว่า ความคิดนั้นน่าจะเป็นจริงหรือไม่ โดยส่วนที่เป็นความรู้และปัญญาที่สะสมไว้จะถูกนำมาตรวจสอบกับคำตอบที่ได้เพื่อให้เกิดความมั่นใจ

ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์ (2544: 8) ได้สรุปกระบวนการคิดสร้างสรรค์เป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. **ขั้นการชี้ปัญหาหรือระบุประเด็นปัญหาให้ชัดเจน** เป็นการค้นหาความจริง และค้นพบปัญหา

2. **ขั้นการรวบรวมข้อมูล** เป็นการรวบรวม ความรู้ ความจริง ประสบการณ์เดิม และข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาต่อไป

3. **ขั้นการวิเคราะห์** เป็นขั้นการคิด พิจารณา และแจกแจงข้อมูลที่ได้

4. ขั้นการใช้ความคิดคัดเลือกข้อมูล เป็นขั้นพิจารณาข้อมูลที่ได้อย่างละเอียด รอบคอบว่า ข้อมูลใดเหมาะสมหรือไม่เหมาะสม โดยพยายามหาทางเลือกไว้หลายๆ ทาง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นขั้นการค้นหาความคิด หรือผลิตความคิดอเนกนัย

5. ขั้นการประมวลความคิด ในขั้นนี้ข้อมูลเก่าและใหม่จะสับสนปนเป ยังไม่สามารถขมวดความคิดเป็นคำตอบที่ชัดเจนได้ จึงปล่อยความคิดนั้นไว้เฉยๆ อาจจะสำเร็จหรือไม่ สำเร็จก็ได้

6. ขั้นการสังเคราะห์ เป็นขั้นการเชื่อมโยงองค์ประกอบของปัญหาและข้อมูลต่างๆ จนได้ภาพรวมของปัญหา หรือสถานการณ์ที่แจ่มชัด จนเกิดประกายแนวคิดจากการร้อยเรียง เหตุผล ข้อมูลและความคิดต่างๆ เข้าด้วยกัน

7. ขั้นการประเมินผล เป็นขั้นทดสอบหรือพิสูจน์ว่า ความคิดนั้นเป็นจริงหรือไม่ ถูกต้องหรือไม่

จากกระบวนการคิดสร้างสรรค์ที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า กระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ต้องผ่านขั้นตอนหลักๆ ได้แก่ ขั้นตอนการรับรู้ข้อมูล ขั้นการครุ่นคิด ขั้นการคิดหาทางออกได้ แล้วเข้าสู่ขั้นการตรวจสอบความถูกต้องว่าจริงหรือไม่

3.4 ลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษา นักวิชาการ ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ได้กล่าวถึง ลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ไว้ ดังต่อไปนี้

Klein (1982 cited in Callagher and Callagher, 1994: 325) ได้สรุปพฤติกรรมของบุคคลที่เป็นพฤติกรรมที่สร้างสรรค์ไว้ ดังนี้

1. สร้างทางเลือกให้มากที่สุด (Maximize options)
2. คล้อยตามการพิจารณาที่มีเหตุผล น่าเชื่อถือ (Defer judgment)
3. มีความมั่นคง (Be inconsistent)
4. ค้นหาความเป็นอิสระ (Seek freedom)
5. ทำให้เข้าใจ (Action oriented)

กรมวิชาการ (2534: 14) ได้กล่าวโดยสรุปว่า บุคคลที่จัดว่ามีความคิดสร้างสรรค์ นั้นมักเป็นผู้ที่ชอบการเปลี่ยนแปลง ชอบที่จะทดลองทำสิ่งใหม่ๆ กล่าวที่จะคิดและตัดสินใจด้วย

ตนเอง โดยไม่คล้อยตามผู้อื่นอย่างง่าย ๆ กล่าวคือบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์เป็นบุคคลที่มีบุคลิก
หลาย ๆ อย่างอยู่คนเดียวกัน

ยูดา รักไทย (2542: 61-65) กล่าวถึงลักษณะเด่นของคนที่มีความคิดและคิดอย่าง
สร้างสรรค์ ดังนี้

1. มีความคล่องตัวสูง
2. ชอบพึ่งพาตนเอง
3. มีสุขภาพจิตดี
4. มีโลกทัศน์ที่กว้างขวาง
5. ชอบความอิสระ
6. ไม่ใช่คนเจ้าระเบียบ
7. สามารถรับรู้ ประติดปะต่อเรื่องราวได้เร็ว
8. ไม่หวั่นไหวที่ตนเองไม่เหมือนคนอื่น ๆ
9. ชอบความเสี่ยงที่ได้ไตร่ตรองไว้แล้ว
10. สามารถประสานสัมพันธ์กับคนอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี
11. มีความมุ่งมั่นสูง

ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์ (2544: 12) ได้กล่าวถึงลักษณะของบุคคลที่มีความคิด
สร้างสรรค์ว่า เป็นคนที่มีมองตัวเองในแง่บวก มีแรงจูงใจที่จะพัฒนาตนเองไปสู่ระดับที่สมบูรณขึ้น มี
ความยอมรับนับถือตระหนักในคุณค่าของตนเอง บุคคลที่มีลักษณะเช่นนี้จะมุ่งทำงานเพื่อความสุ
ความพอใจของตนเองโดยไม่หวังการประเมินผลและยกย่องจากผู้อื่น เมื่อทำด้วยความรักความ
พอใจจึงนำไปสู่การประกอบกิจกรรมใดๆ อย่างทุ่มเทได้เต็มศักยภาพที่ตนเองมีอยู่

อุษณีย์ อนุรุทธวงศ์ (2545: 55) ได้กล่าวถึงเด็กที่มีแววเป็นนักสร้างสรรค์ว่ามี
ลักษณะดังนี้

1. กล้าที่จะเป็นคนที่แตกต่างจากคนอื่น กล้าเสี่ยง และกล้าตัดสินใจ
2. มีพลังในตนเองที่จะมุ่งมั่น ที่จะเห็นสิ่งที่ตนคิดเกิดความสำเร็จ แม้ว่าใครๆ จะ
บอกว่าไม่สำเร็จก็ตาม
3. สนใจว่าตนเองจะรู้สึกและคิดอย่างไรมากกว่าจะสนใจว่าคนอื่นจะให้ตนคิด
อย่างไร จะทำจนกว่าตนเองจะรู้ว่าทำได้หรือไม่ ได้อย่างไร
4. ชอบขบคิดปัญหา ยิ่งปัญหายาก สลับซับซ้อน ยิ่งชอบ ชอบทำงานจนลืมเวลา

อารี พันธุ์มณี (2546: 166) กล่าวว่าบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์นั้นเป็นบุคคลที่ชอบซักถาม ไม่ย่อท้อต่อปัญหา ช่างสังเกต ช่างสงสัย สนุกสนาน มีไหวพริบ กล้าคิด กล้าแสดงออก กล้าเสี่ยง มีจินตนาการ มีความอยากรู้อยากเห็น มีอารมณ์ขัน

จากลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ดังที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จะต้องชอบขบคิดสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ กล้าที่จะแตกต่าง มีทางเลือกมากมาย ไม่พ่ายแพ้อุปสรรค รักอิสระ แต่ว่ามั่นคง ชื่นชอบต่อเหตุผล อดทนและพยายามเข้าใจ ไม่เครียด

3.5 การส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวทางการส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้ครูผู้สอนได้ปฏิบัติ ดังต่อไปนี้

Gallagher and Gallagher (1994: 343 – 344) ได้เสนอแนวทางให้ครูปฏิบัติ เพื่อให้การเรียนการสอนเป็นไปเพื่อส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนไว้ดังนี้

1. จัดหลักสูตรโดยเน้นการเรียนการสอนให้นักเรียนได้เรียนรู้ในทัศนมากกว่าการเรียนรู้เนื้อหา โดยต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลด้วย
2. จัดให้มีผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำแนะนำปรึกษาแก่นักเรียนในการทำงานหรือทำโครงการต่างๆ
3. เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมได้เสนอความคิดในการจัดการเรียนการสอน
4. กระตุ้นให้นักเรียนได้ตระหนักว่า ความจริงเป็นสิ่งที่ต้องค้นหามากกว่าที่จะคิดว่าความจริงเป็นสิ่งที่ต้องเปิดเผย
5. ครูจะต้องพัฒนาตนเองในด้านเนื้อหาและกลวิธีการสอนที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

Fleith (2000 cited in Davis, 2003: 320) ได้เสนอแนะวิธีส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. รักษาไว้ซึ่งสิ่งแวดล้อมของห้องเรียนที่ปลอดภัย
2. ให้นักเรียนทราบถึงความคิดสร้างสรรค์ของตนเอง
3. แสดงให้เห็นคุณค่า และให้รางวัลกับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนแต่ละคน
4. กระตุ้นการจินตนาการและมโนภาพ หรือการสร้างภาพในใจ

5. ยอมรับในสิ่งที่นักเรียนเป็น
6. ให้การประเมินผลทางบวก และสร้างสรรค์
7. ตระหนักเสมอว่าพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกว่า “ยาก” ของนักเรียนเป็นสิ่งที่
ที่จะนำไปสู่การมีความคิดสร้างสรรค์

กรมวิชาการ (2534: 16) กล่าวว่าไว้ว่าการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน
นั้น ทำได้ทั้งทางตรง และทางอ้อม ซึ่งการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางตรงทำได้โดยการสอน
และฝึกอบรม ส่วนการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางอ้อมนั้นทำได้โดยวิธีการต่อไปนี้

1. ยอมรับคุณค่า และความหมายของบุคคลอย่างไม่มีเงื่อนไข
2. แสดงและเน้นให้เห็นว่าความคิดของเขามีคุณค่าและสามารถนำไปใช้ให้เกิด
ประโยชน์
3. ให้ความเข้าใจและเห็นใจในตัวของเขา และความรู้สึกของเขา
4. อย่าพยายามกำหนดแบบเพื่อให้ทุกคนมีความคิดและบุคลิกภาพเดียวกัน
5. อย่าสนับสนุนหรือให้รางวัลเฉพาะผลงานที่ผู้ทำเป็นที่ยอมรับกันแล้ว ควรให้ผล
งานแปลกใหม่มีโอกาสได้รับรางวัลและคำชมเชยบ้าง
6. ส่งเสริมให้ใช้จินตนาการของตนเอง โดยยกย่องชมเชยเมื่อมีจินตนาการที่แปลก
และมีคุณค่า
7. กระตุ้นและส่งเสริมให้เรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องอยู่เสมอ
8. ส่งเสริมให้ถามและให้ความสนใจต่อคำถาม รวมทั้งชี้แนะแหล่งคำตอบ
9. ตั้งใจและเอาใจใส่ความคิดแปลกๆ ของเขาด้วยใจเป็นกลาง
10. พึงระลึกเสมอว่า การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์จะต้องใช้เวลาและค่อยเป็น
ค่อยไป

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2542: 48) ได้เสนอหลักการที่ครูควรยึดไว้เพื่อการจัดการ
เรียนการสอนให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ดังนี้

1. ต้องรู้ว่าจะเริ่มปัญหาแบบใด แรกๆ อาจจะเสนอปัญหา ต่อไปให้นักเรียนคิดเอง
2. ต้องพยายามให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะ และใช้ทักษะในการแก้ปัญหา โดย
เทคนิคต่างๆ ที่ควรสอนได้แก่ การระดมสมอง หรือทักษะในการวิจัย
3. จำกัดรูปแบบจนเกินไป ปล่อยให้ให้นักเรียนคิดอย่างอิสระ
4. ให้ออกสนักเรียนแสดงความคิดเห็น ครูเป็นเพียงผู้ชี้แนะ
5. ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถาม ถึงแม้จะไม่ตรงประเด็น

6. ครูไม่ควรดูถูกแนวคิดของนักเรียน
7. ไม่ควรมีกฎและระเบียบเข้มงวดจนเกินไป
8. ไม่ควรสร้างบรรยากาศให้เกิดความหวาดกลัว
9. หลีกเลี่ยงการลงโทษ
10. ครูควรสร้างแรงจูงใจ
11. ครูควรเสริมพลังใจ
12. ครูควรจัดกิจกรรมส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

ยูดา รักไทย (2542: 65 - 67) ได้เสนอกิจกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. เล่นอย่างสร้างสรรค์ โดยปลดปล่อยการคิดและคลายกรอบของพฤติกรรมอันเป็นที่ยอมรับ ปล่อยให้ตัวเองให้คิดหรือทำอะไรเหลวไหลดูบ้างและสังเกตว่ามีความรู้สึกเป็นอิสระหรือไม่
2. มีอารมณ์ดี อันเป็นผลมาจากการเล่นในรูปแบบต่างๆ การมีอารมณ์ดีจะช่วยให้เรามองดูผู้คนและสถานการณ์ในแบบที่แปลกและแตกต่างไปจากเดิม
3. พยายามทำตัวเป็นศิลปินให้มากขึ้น เช่น การวาดรูป ร้องเพลง เล่นดนตรี ถ่ายภาพ เป็นต้น
4. หาเวลาอยู่คนเดียวบ้าง
5. กล่าวที่แตกต่าง
6. สัมผัสร่างกาย ความคิด และอารมณ์ เช่น การเหยียดแขน เหยียดขาแล้วฝึกคิดไปด้วยเพื่อค้นหากระบวนการคิดที่มีประสิทธิภาพของตัวเองว่าเป็นแบบไหน
7. สำรวจความเป็นตัวของคุณเอง ถือเป็นบันไดขั้นแรกที่จะนำไปสู่การพัฒนาเปลี่ยนแปลง
8. ฝึกคิดสร้างสรรค์ด้วยเทคนิคต่างๆ มีการเปิดกว้างทางความคิด เปิดโอกาสให้ทุกสิ่งที่สามารถผ่านเข้ามา พร้อมทำการพัฒนา สร้างสรรค์ให้เกิดเป็นคุณประโยชน์
9. จุดบันทึก คือจุดบันทึกความคิด ประสบการณ์ เรื่องน่าขัน และคำพูดสำคัญๆ ที่น่าประทับใจไว้ทุกครั้ง ซึ่งการทำแบบนี้จะช่วยพัฒนาความจำและเพิ่มข้อมูลสำหรับใช้ในการคิดด้วย
10. ทำเพิ่มความรู้อย่างสม่ำเสมอ/ รายเดือน คือ ตัดข่าวหรือข้อมูลที่นำเสนอจากหนังสือพิมพ์เก็บใส่แฟ้มไว้

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544: 35) ได้กล่าวถึงกิจกรรมที่ส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. การฝึกการแก้ปัญหาในทางสร้างสรรค์เป็นวิธีการที่ครูกระตุ้นให้เด็กคิดแบบอเนกนัย ครูอาจจะเป็นคนป้อนปัญหาให้หรือจากการเสนอของนักเรียนก็ได้
2. การระดมพลังสมองเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา
3. การใช้บทเรียนสำเร็จรูปหรือชุดการฝึกความคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งแผนการสอนและคู่มือครูในชุดการฝึก ซึ่งเน้นคุณลักษณะความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดไม่ซ้ำแบบ ความคิดแตกต่าง ความกล้าเสี่ยง ความซับซ้อน ความกระตือรือร้น และจินตนาการ
4. การให้กำลังใจและให้รางวัล

ประสาธ อิศรปริดา (2547: 159-163) ได้สรุปรูปแบบกิจกรรมเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทั้งรายบุคคลและเป็นกลุ่ม จากการศึกษาแนวคิดของนักการศึกษา และนักจิตวิทยาหลายๆ ท่านไว้ดังนี้

1. การฝึกความไวในการรู้สึก (Sensitivity Training) มักจะทำเป็นกลุ่มเล็กๆ โดยผู้ฝึกจะมีอิสระสูงสุดในการปฏิสัมพันธ์กับสมาชิกของกลุ่ม เป็นผู้เตรียมเนื้อหาที่จะให้อภิปรายกลุ่ม วิเคราะห์และอภิปรายร่วมกัน โดยเน้นที่กระบวนการมากกว่าเนื้อหา ในขณะที่เดียวกันสมาชิกในกลุ่มต้องคำนึงถึงความรู้สึกที่เกี่ยวกับตนเองและผู้อื่น และพยายามระมัดระวังผลกระทบที่จะเกิดกับผู้อื่นด้วย
2. การฝึกทักษะการวินิจฉัย (Diagnostic skill Training) ช่วยให้สมาชิกแยกแยะว่าอะไรคืออุปสรรคซึ่งเป็นตัวกีดขวางการทำงานหรือการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของกลุ่ม โดยผู้ร่วมกลุ่มมักมุ่งความสนใจไปที่บทบาทของหัวหน้า รูปแบบการทำงานร่วมกัน ความก้าวหน้าของการดำเนินงาน ธรรมชาติของการสื่อความหมาย กฎระเบียบของกลุ่ม ความรู้สึกของสมาชิกในการร่วมงาน ตลอดจนบรรยากาศภายใต้การประชุมร่วมกัน
3. การระดมความคิด (Brainstorming) เป็นวิธีที่กระตุ้นให้ทุกคนแสดงความคิดเห็นๆ ออกมาให้มากที่สุด แล้วประเมินและสังเคราะห์แนวความคิดเหล่านั้นทีหลัง
4. วิธีซีเนคติกส์ (Synectics) เป็นกลวิธีที่เน้นการสร้างความคิดค้นเคยในสิ่งที่แปลกใหม่ (Strange Familiar) และสร้างความแปลกใหม่จากสิ่งที่คุ้นเคย (Familiar Strange) โดยใช้การอุปมา (Analogy) เป็นพื้นฐานของการคิด

จากวิธีการส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์นั้นทำได้ด้วย

การฝึกฝน และใช้วิธีการสอนหลายๆ แบบ ซึ่งผู้สอนต้องมีความตั้งใจในการสอนเป็นอย่างมาก แต่ต้องใช้เวลาพอสมควร

3.6 อุปสรรคในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์นั้นพัฒนาได้ แต่จะพัฒนาได้มากหรือน้อยเพียงใดนั้น ย่อมขึ้นอยู่กับว่ามีอุปสรรคขัดขวางหรือไม่ อย่างไร ซึ่งได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงอุปสรรคในการคิดสร้างสรรค์ ดังต่อไปนี้

Gallagher and Gallagher (1994: 342 – 343) ได้กล่าวถึงการปฏิบัติของครูที่อาจเป็นอุปสรรคต่อการคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. จัดหลักสูตรที่ตายตัวและมีเวลาที่จำกัด (Establish a rigid curriculum, together with a limited time in which this curriculum is to be presented)
2. สอนเนื้อหาที่ครูไม่ถนัด (Teach in content areas in which the teachers are not well versed)
3. ยอมรับเพียงคำตอบที่ถูกต้องจากตำราเพียงอย่างเดียว (Accept only one source as valid)
4. ไม่ให้มีการอภิปรายแสดงความคิดเห็น หรือการบรรยายแบบประเมินผลจากนักเรียนบางส่วน (Do not allow discussion or evaluative)

กรมวิชาการ (2534: 18) ได้กล่าวถึงอุปสรรคในการคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า สิ่งที่สกัดกั้นความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ ความไม่รู้ ความกลัว อคติ และการขาดความกระตือรือร้น บรรยากาศที่เคร่งเครียดจนเกินไป

ยุดา รักไทย (2542: 35) ได้กล่าวถึงอุปสรรคในการคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. อุปสรรคทางการรับรู้ โดยเฉพาะการเป็นนักฟังที่ไม่ดี ไม่ตั้งใจ ฟังแล้วไม่คิดทั้งด้านบวกและด้านลบทำให้ขาดข้อมูลที่จะนำมาใช้ประกอบการคิดสร้างสรรค์
2. อุปสรรคเชิงกลยุทธ หมายถึง วิธีคิดต่างๆ ได้แก่ การคิดแนวตั้ง การคิดวิเคราะห์ เปรียบเทียบ การคิดหาคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ซึ่งไม่สนับสนุนการคิดวิธีแก้ปัญหาหรือทางเลือกอื่นๆ
3. อึดตา การยึดความคิดตัวเองเป็นหลัก หาช้อบกพร่องของความคิดของผู้อื่นที่แปลก แตกต่างจากความคิดของตน

4. อุปสรรคทางสังคม การไม่มั่นใจในตนเอง ไม่สามารถทนต่อคำวิจารณ์ คำปฏิเสธหรือการต่อต้านจากสังคมได้

5. อุปสรรคทางความเชื่อ ความเชื่อส่วนบุคคลทำให้ไม่ยอมรับวิธีการหรือความคิดบางอย่างที่ขัดกับความเชื่อ

6. อุปสรรคทางอารมณ์ อารมณ์โกรธ ความกังวล ความอิจฉาริษยานั้น จะทำให้ร่างกายหลังสภาวะเครียดเรื้อรังขึ้นไปขัดขวางการส่งกระแสคลื่นประสาท หรือคลื่นความคิด

7. อุปสรรคจากความกลัว ทำให้ไม่กล้าทำในสิ่งที่จะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544: 36) ได้จำแนกอุปสรรคในการคิดสร้างสรรค์เป็น 3 ด้านดังนี้

1. อุปสรรคด้านการรับรู้ ได้แก่ การที่คนเราไม่สามารถมองเห็นปัญหาที่แท้จริงได้
2. อุปสรรคด้านวัฒนธรรม ซึ่งจะเป็นผลเนื่องจากกฎเกณฑ์ทางสังคม ซึ่งเป็นสิ่งกำหนดให้บุคคลต้องมีพฤติกรรมอยู่ในกรอบ ระเบียบ แบบแผน ทำให้มีผลต่อการสกัดกั้นความท้าทายต่อการคิดค้น และความเปลี่ยนแปลงอันเป็นลักษณะของความคิดสร้างสรรค์
3. อุปสรรคด้านอารมณ์ เป็นอุปสรรคที่สำคัญเพราะเมื่ออารมณ์เกิดขึ้นสูงความสามารถทางปัญญาและเหตุผลจะต่ำลง

อารี พันธุ์มณี (2546: 173) ได้กล่าวถึงอุปสรรคในการคิดสร้างสรรค์ไว้โดยสรุปว่า อุปสรรคของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ คือ การที่คนเราไม่สามารถรับรู้และมองเห็นปัญหาที่แท้จริง การที่บุคคลต้องมีพฤติกรรมอยู่ในกรอบ ระเบียบ แบบแผน และอารมณ์ของบุคคลที่แสดงออกทำให้มีผลสกัดกั้นความท้าทายต่อความคิดสร้างสรรค์ของบุคคล

จากอุปสรรคในการคิดสร้างสรรค์ที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า อุปสรรคในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มีรอบด้าน ทั้งอุปสรรคภายในตัวบุคคล เช่น ทัศนคติ ความกลัว การรับรู้ ความเชื่อส่วนบุคคล เป็นต้น และอุปสรรคจากสิ่งแวดล้อม เช่น สังคม สภาพแวดล้อมทางการเรียนที่ไม่ส่งเสริมให้คิด เป็นต้น ดังนั้นจึงควรปรับตนเองให้มีลักษณะของคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ เพื่อเป็นการข้ามพ้นอุปสรรคในการคิดสร้างสรรค์ไปโดยอัตโนมัติ ได้แก่ ขจัดความกลัว เปิดกว้าง ไม่เชื่อสิ่งใดมากเกินไป และอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ดี

3.7 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาได้กล่าวถึงการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

Callahan (1991 cited in Gallagher and Gallagher, 1994: 341 – 342) ได้รายงานเกี่ยวกับการวัดความคิดสร้างสรรค์ไว้ 3 ประเด็น ดังนี้

1. ประเมินสมรรถนะของนักเรียนด้วยหลายๆ เครื่องมือที่สามารถวัดความคล่อง ความยืดหยุ่น และความริเริ่มในงานที่ใช้ภาษา และไม่ใช้ภาษา เช่น วัดโดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของTorrance เป็นต้น
2. วัดจากการได้รับข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นงานที่สร้างสรรค์ในอดีต หรือนิสัยของนักเรียนผ่านรายการสิ่งที่ได้ทำด้วยตนเอง
3. วัดด้วยการเก็บสะสมอัตราการแสดงสมรรถนะทางการคิดที่สร้างสรรค์โดยครู หรือผู้ที่สังเกตนักเรียนขณะที่ทำงาน

กรมวิชาการ (2534: 48-50) ได้กล่าวถึงการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ว่า อาศัยหลักการเดียวกันกับแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางภาษา และทางศิลปะ กล่าวคือ ต้องการให้ผู้ตอบคิดหาคำตอบหลายๆ แบบ หลายๆ ทางให้ได้มากที่สุด ซึ่งลักษณะของแบบวัดมี 5 แบบดังนี้

1. แบบให้ตั้งคำถาม
2. แบบแบ่งครึ่งรูป
3. แบบให้เติมตัวเลข
4. แบบสร้างรูปเรขาคณิต
5. แบบประกอบภาพจากชิ้นส่วน 7 ชิ้นของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Tangrams)

จากแนวคิดเกี่ยวกับการวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักการศึกษาที่กล่าวไว้ ข้างต้นสรุปได้ว่า การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์นั้นอาจวัดได้ด้วยเครื่องมือวัด จำพวกแบบทดสอบต่างๆ ซึ่งมีทั้งประเภทข้อความ และไม่ใช้ข้อความ หรืออาจวัดความคิดสร้างสรรค์จากประวัติการทำงานมา ทั้งนี้จะวัดในประเด็นที่ว่า มีการทำ หรือมีการคิดหาคำตอบหลายคำตอบหลายทิศทาง และแปลกใหม่ ตามแนวคิดของ Torrance

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นักวิจัย และนักการศึกษาได้ทำงานวิจัยเกี่ยวกับโมเดลการแปลงของเลขโดยตรง รวมทั้งงานวิจัยที่มีลักษณะกิจกรรมสอดคล้องกับโมเดลการแปลงของเลขเป็นบางส่วน ดังนี้

4.1 งานวิจัยในประเทศ

ในประเทศไทยยังไม่มีงานวิจัยการใช้โมเดลการแปลงของเลขในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยตรง แต่มีงานวิจัยที่มีลักษณะกิจกรรมสอดคล้องกับโมเดลการแปลงของเลขเป็นบางส่วน ดังนี้

วัชรสันต์ อินธิสาร (2547) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการพัฒนามโนทัศน์ทางเรขาคณิต และเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 60 คน ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ใช้เวลาในการสอนทั้งหมด 5 สัปดาห์ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างได้เรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ในการสร้างรูปในเนื้อหาเรื่อง วงกลม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีมโนทัศน์ทางเรขาคณิตหลังการเรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ มีมโนทัศน์ทางเรขาคณิตหลังการเรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ณัชชา กมล (2542) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟฟิวกที่มีต่อมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิต สังกัดทบวงมหาวิทยาลัย ซึ่งเครื่องคำนวณกราฟฟิกนั้นเป็นสื่อการเรียนการสอนที่แสดงรูปกราฟต่างๆ และแสดงภาพทางเรขาคณิตให้นักเรียนเห็นได้ทันที ผลการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟฟิกประกอบการเรียนคณิตศาสตร์มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้ใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟฟิกประกอบการเรียนคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บรรพต พรประเสริฐ (2538) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัยที่มีระดับทักษะพื้นฐานการสังเกตต่างกันที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมสร้างสรรค์ทางรูปภาพ กิจกรรมสร้างสรรค์ทางสัญลักษณ์ กิจกรรมสร้างสรรค์ทางภาษาและ กิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนปกติ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมสร้างสรรค์ทางรูปภาพ กลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมสร้างสรรค์ทางสัญลักษณ์ และกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมสร้างสรรค์ทางภาษา ทั้งสามกลุ่มได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ในรูปของหน่วย จำพวก ความสัมพันธ์ ระบบ การแปลงรูป และการประยุกต์ ซึ่งมีองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน

คือ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนตามแผนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ในต่างประเทศมีการวิจัยการใช้โมเดลการแปลงของเลขในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยตรง และยังมีงานวิจัยที่มีลักษณะกิจกรรมที่สอดคล้องกับโมเดลการแปลงของเลข ดังนี้

Kinney (1997: abstract) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟและโมเดลการแปลงของเลข ที่มีต่อความเข้าใจของนักเรียนเรื่องความสัมพันธ์เชิงกราฟระหว่างฟังก์ชัน และอนุพันธ์ของฟังก์ชันในชั้นเรียนแคลคูลัสสำหรับนักเรียนที่ยังไม่แม่นยำ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟพร้อมด้วยโมเดลการแปลงของเลข มีการเรียนรู้เรื่องการแปลงฟังก์ชันเป็นอนุพันธ์ และอนุพันธ์เป็นฟังก์ชันมากกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟแต่ไม่ใช้โมเดลการแปลงของเลขร่วมด้วย นอกจากนี้ยังพบอีกว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีมโนทัศน์เกี่ยวกับฟังก์ชัน และอนุพันธ์ที่เหมาะสมกว่ากลุ่มควบคุม

Hail (2000: abstract) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้การนำเสนอหลายๆ แบบ ที่มีต่อความรู้ของนักเรียนและมโนทัศน์พีชคณิตขั้นพื้นฐาน ซึ่งการนำเสนอหลายๆ แบบประกอบด้วย การเขียนบนพื้นฐานประสบการณ์ ภาษาพูด การใช้สื่อจริงสัมผัสได้ กราฟ ตาราง และสัญลักษณ์ทางการเขียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่เรียนวิชาเตรียมพีชคณิตจำนวน 29 คน ซึ่งผู้ทดลองได้ใช้การนำเสนอหลายๆ แบบ เพื่อให้ให้นักเรียนเข้าใจตัวแปร สมการและการแก้สมการ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนใช้กราฟและสื่อจริงที่สัมผัสได้ในการได้มาซึ่งความรู้เกี่ยวกับการดำเนินการทางสัญลักษณ์ นักเรียนดังกล่าวได้ใช้กราฟและสื่อจริงที่สัมผัสได้ในการอธิบายการดำเนินการทางสัญลักษณ์และจุดที่ดำเนินการผิด นอกจากนี้การใช้สื่อจริงดังกล่าวยังช่วยให้นักเรียนแก้สมการได้

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โมเดลการแปลงของเลข รวมทั้งการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่สอดคล้องโมเดลการแปลงของเลขเป็นบางส่วนนั้นทำให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจตลอดจนมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ สามารถขยายความ อธิบายความเกี่ยวกับเนื้อหา และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้ดีกว่านักเรียนที่ไม่ได้ทำกิจกรรมตามโมเดลการแปลงของเลข ดังนั้นการใช้โมเดลการแปลงของเลขจึงควรมีในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขที่มีต่อมโนทัศน์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดร้อยเอ็ด เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง ซึ่งผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการวิจัยในขั้นตอนกระบวนการต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาค้นคว้า
2. การออกแบบการวิจัย
3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การศึกษาค้นคว้า

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าความรู้จากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับหลักการสอน เทคนิคการสอน โมเดลการแปลงของเลข มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
2. ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา ช่วงชั้นที่ 3 โรงเรียนชาววิทยาคาร หนังสือเรียนคณิตศาสตร์ และคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544
3. ศึกษาตำราที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

2. การออกแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Research) ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม และกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม โดยมีแบบแผนการทดลองดังต่อไปนี้

กลุ่มตัวอย่าง	การทดสอบก่อนการทดลอง	ทดลอง	การทดสอบหลังการทดลอง
E	ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	X	มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
C	ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	$\sim X$	มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E	แทน	กลุ่มทดลอง
C	แทน	กลุ่มควบคุม
X	แทน	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข
$\sim X$	แทน	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ

3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยเทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 โรงเรียนขวาววิทยาคาร จังหวัดร้อยเอ็ด สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมขนาดกลาง ในจังหวัดร้อยเอ็ด จากการตรวจสอบพบว่า ปีการศึกษา 2548 โรงเรียนมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 ห้องเรียน แบ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ห้อง 2/1, 2/2 และ 2/3 จำนวน 34, 34 และ 36 คน ตามลำดับ โดยผู้วิจัยนำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในการสอบกลางปี ปีการศึกษา 2548 ของนักเรียนทั้งสามห้องมาหาค่ามัธยเลขคณิต (\bar{X}) และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) แล้วผู้วิจัยเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 ห้อง ที่มีค่ามัธยเลขคณิตใกล้เคียงกัน ได้แก่ ห้อง 2/1 และ ห้อง 2/2 มาทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ค่าเอฟ (F-test) ซึ่งผลการทดสอบพบว่า

ความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน หลังจากนั้นทำการทดสอบความแตกต่างของค่ามัธยฐานเลขคณิตของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองห้องเรียนด้วยค่าที (t-test) ผลการทดสอบพบว่าผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทั้งสองห้องไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า นักเรียนทั้งสองห้องมีความรู้พื้นฐานไม่แตกต่างกัน หลังจากนั้นผู้วิจัยได้จับฉลากเพื่อจัดนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทั้งสองห้องเรียน โดยให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขและอีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ ผลปรากฏว่า กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ห้อง 2/1 และห้อง 2/2 ตามลำดับ

4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดการสร้างดังต่อไปนี้

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขสำหรับกลุ่มที่ครอบคลุมสาระการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่อง การแปรผัน จำนวน 15 แผน ใช้ในการทดลองสอน 15 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม ที่ครอบคลุมสาระการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่อง การแปรผัน จำนวน 15 แผน ใช้ในการทดลองสอน 15 ชั่วโมง ซึ่งผู้วิจัยได้เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งสองแผนดังกล่าวไว้ในฉบับเดียวกัน เนื่องจากมีองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้เพียงส่วนเดียวที่ต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ขึ้นเอง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1.1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับโมเดลการแปลงของเลข จากเอกสารและตำราต่างๆ

4.1.2. ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนขวาววิทยาคาร ที่อิงตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

4.1.3. ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง รายละเอียดของสาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล แล้วแบ่งเนื้อหาให้เหมาะสมกับเวลาที่จะดำเนินการสอน

4.1.4. เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งสองชนิด จำนวน 15 แผน ที่แต่ละแผนประกอบด้วยสาระการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ย่อย ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง สาระสำคัญ กิจกรรม

การเรียนรู้ขั้นนำ ขั้นสอน ขั้นสรุป สื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งสองแบบมีความแตกต่างกันที่กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นสอน โดยกลุ่มทดลองได้ทำกิจกรรมตามโมเดลการแปลงของเลขคือ การใช้สถานการณ์จริง (Real World Situations) การใช้รูปภาพ (Pictures) การใช้ภาษาพูด (Spoken Symbols) การใช้ภาษาเขียน (Written Symbols) และ การใช้สื่อรูปธรรม (Manipulative Aids) ส่วนกลุ่มควบคุมได้เรียนรู้ด้วยวิธีการต่างๆ ตามแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่แนะนำไว้ในคู่มือการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 และเป็นไปตามแนวการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง สำหรับรายละเอียดสาระการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 15 ฉบับ แสดงได้ดังนี้

- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 มีสาระการเรียนรู้ คือ การแปรผันตรง
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 มีสาระการเรียนรู้ คือ การตรวจสอบการแปรผันตรง
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 มีสาระการเรียนรู้ คือ กราฟแสดงการแปรผันตรง
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 มีสาระการเรียนรู้ คือ การแปรผกผัน
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7-8 มีสาระการเรียนรู้ คือ การตรวจสอบการแปรผกผัน
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 มีสาระการเรียนรู้ คือ กฎกำลังสองผกผัน
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 มีสาระการเรียนรู้ คือ กราฟแสดงการแปรผกผัน
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11-15 มีสาระการเรียนรู้ คือ การแปรผันเกี่ยวเนื่อง

4.1.5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 15 ฉบับ ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมเพื่อให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาได้ตรวจพิจารณาแล้วให้ข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

- ก. ไม่ควรมีผลการเรียนรู้ที่คาดหวังมากเกินไปในแต่ละแผน เนื่องจากผลการเรียนรู้ที่คาดหวังแต่ละข้อนั้น จะต้องแสดงตัวอย่าง อาจทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้เวลานานเกินกว่า 1 ชั่วโมง
- ข. การเขียนสาระสำคัญนั้นจะต้องมีลำดับเนื้อหาที่สอดคล้องกับลำดับข้อของผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
- ค. ควรคำนึงถึงระดับความรู้ที่นักเรียนมีมาก่อนที่จะเรียนสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้นั้นๆ
- ง. เมื่อเริ่มต้นเขียนสาระสำคัญของแต่ละแผน ควรเริ่มกำหนดลำดับตัวอย่าง เป็นตัวอย่างที่ 1, 2, 3, ... แทนการกำหนดลำดับตัวอย่างต่อจากตัวอย่างในแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับก่อนหน้า

จ. การเขียนสมการ หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ต้องใช้แบบอักษรที่เป็นแบบเดียวกันตลอดเพื่อลดความสับสน เช่น เครื่องหมายคูณ(\times) กับตัวแปร x ควรมีความแตกต่างกันเสมอ เช่น $x = 5 \times \frac{1}{y}$

ฉ. การเขียนชื่อเรียกสมการหนึ่งๆ ควรใช้ตัวเลขแทนการใช้สัญลักษณ์อื่นๆ เช่น “ $y=2x\dots\dots(*)$ ” ให้เขียนเป็น “ $y=2x\dots\dots(1)$ ”

ช. ควรเขียนอธิบายกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นสอนให้ละเอียด ชัดเจน

ซ. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษามาปรับปรุงแก้ไข พัฒนาให้ดีขึ้น และนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

สำหรับความแตกต่างระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขสำหรับกลุ่มทดลอง และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยได้เสนอรายละเอียดไว้ในตารางที่ 1 ต่อไปนี้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 กรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

<p>กลุ่มทดลอง (ใช้โมเดลการแปลงของเลข)</p>	<p>กลุ่มควบคุม (แบบปกติ)</p>
<p>ชั้นนำ</p> <p>ครูทบทวนพื้นฐานความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการเรียน หรือ จัดสถานการณ์ หรือ กล่าวถึงสถานการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแปรผัน</p> <p>ขั้นสอน</p> <p>ครูดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน โดยให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมการเปลี่ยนวิธีแสดงความรู้หลายแบบ ตามแนวคิดของ Lesh (1979 อ้างถึงใน อัมพร ม้าคนอง, 2547: 11) ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การใช้สถานการณ์จริง (Real World Situation) ให้นักเรียนแสดงความรู้ทางคณิตศาสตร์ในแบบสถานการณ์จริง 2. การใช้รูปภาพ (Pictures) ให้นักเรียนแสดงความรู้ทางคณิตศาสตร์ในแบบรูปภาพ 3. การใช้ภาษาพูด (Spoken Symbols) ให้นักเรียนแสดงความรู้ทางคณิตศาสตร์ในแบบภาษาพูด 4. การใช้ภาษาเขียน (Written Symbols) ให้นักเรียนแสดงความรู้ทางคณิตศาสตร์ในแบบภาษาเขียน 5. การใช้สื่อรูปธรรม (Manipulative Aids) ให้นักเรียนแสดงความรู้ทางคณิตศาสตร์ในแบบสื่อรูปธรรม 	<p>ชั้นนำ</p> <p>ครูทบทวนพื้นฐานความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการเรียน หรือ จัดสถานการณ์ หรือ กล่าวถึงสถานการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแปรผัน</p> <p>ขั้นสอน</p> <p>ครูดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในขั้นสอนโดยจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องการแปรผัน โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง นั่นคือ ครูจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากสื่อจริง คิดเป็น อภิปรายได้ รู้จักสร้างความรู้ด้วยตนเอง ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งให้นักเรียนได้ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความเข้าใจในเรื่องที่เรียน</p> <p>ขั้นสรุป</p> <p>ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปมโนทัศน์ที่เรียน แล้วนักเรียนจดมโนทัศน์ที่ตนร่วมสรุปนั้นลงสมุดด้วยสำนวนของตัวเอง</p>

ตารางที่ 1 (ต่อ) กรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

<p>กลุ่มทดลอง (ใช้โมเดลการแปลงของเลข)</p>	<p>กลุ่มควบคุม (แบบปกติ)</p>
<p>ทั้งนี้ครูอาจเริ่มจากการให้นักเรียนสัมผัสสื่อจริงที่แสดงปริมาณสองปริมาณที่มีการแปรผัน (Manipulative aids) แล้ววาดภาพ (Pictures) ก่อนที่จะพูดอธิบาย (Spoken symbols) และเขียนอธิบาย (Written Symbols) แล้วลองยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับความรู้ที่แสดงข้างต้น เพื่อเป็นการประยุกต์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริง (Real World Situations)</p> <p>อย่างไรก็ตาม การให้นักเรียนแสดงความรู้ในทำแบบดังกล่าว จะเริ่มต้นจากแบบใดก็ได้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของเนื้อหาคณิตศาสตร์ในชั่วโมงนั้น ๆ</p> <p>ให้นักเรียนยกตัวอย่างอื่นที่เป็นนิพจน์เดียวกับสถานการณ์ที่ให้ และครูยกตัวอย่างที่เตรียมไว้ให้นักเรียนพิจารณา</p> <p>ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความเข้าใจในเรื่องที่เรียน ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในระหว่างทำแบบฝึกหัด</p> <p>ขั้นสรุป</p> <p>ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปนิพจน์ที่เรียน แล้วนักเรียนจดนิพจน์ที่ตนร่วมสรุปนั้นลงสมุดด้วยสำนวนของตัวเอง</p>	

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเองตามขั้นตอนการสร้างต่อไปนี้

4.2.1. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 ข้อ ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนต่อไปนี้

4.2.1.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์จากตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2.1.2 ศึกษาเนื้อหาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่อง การแปรผัน จากหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2544

4.2.1.3 สร้างตารางกำหนดลักษณะแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน จำแนกตามมโนทัศน์ และชั่วโมงที่ปฏิบัติการสอน โดยมโนทัศน์ตามตารางกำหนดลักษณะแบบทดสอบดังกล่าวมีจำนวนทั้งสิ้น 14 มโนทัศน์ แบ่งเป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับการแปรผันตรง การแปรผกผันและการแปรผันเกี่ยวเนื่องจำนวน 6, 5 และ 3 มโนทัศน์ตามลำดับ ซึ่งชั่วโมงที่ปฏิบัติการสอน และข้อสอบเรื่องการแปรผัน 3 ชนิดดังกล่าวเป็นจำนวน ชนิดละ 5 ชั่วโมงและ 15 ข้อ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง. หน้า 122)

4.2.1.4 สร้างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องการแปรผัน เป็นชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 45 ข้อ ตามตารางกำหนดลักษณะแบบทดสอบ มีเกณฑ์การให้คะแนนคือ ถ้าตอบถูกให้ข้อละ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบให้ข้อละ 0 คะแนน

4.2.1.5 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของเวลาในการสอบ ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ความชัดเจนของสำนวนภาษา ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาได้ตรวจพิจารณา แล้วให้ข้อเสนอแนะดังนี้

ก. ควรให้เวลานักเรียนในการทำแบบทดสอบ 45 ข้อ 90 นาที

ข. ในคำชี้แจงควรระบุว่า ข้อสอบแต่ละข้อมีตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียว

ค. ควรลดตัวเลือกที่ใช้คำว่าถูกทุกข้อ ไม่มีข้อใดถูก และถูกมากกว่าหนึ่งข้อ เป็นต้น

ง. ควรเขียนข้อความที่แสดงการเป็นนิเสธด้วยตัวหนาหรือขีดเส้นใต้ได้อย่างใด
อย่างหนึ่ง เช่น

ข้อความ “ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง”

ให้เขียนเป็น “ข้อใดกล่าว**ไม่**ถูกต้อง”

หรือเขียนเป็น “ข้อใดกล่าว**ไม่**ถูกต้อง”

จ. ควรเขียนเครื่องหมายลบ (-) ให้อยู่กึ่งกลางของการเขียนเศษส่วน เช่น

ข้อความ $\frac{-18}{11}$

ให้เขียนเป็น $\frac{18}{-11}$

ฉ. ควรจัดตารางข้อมูลประกอบของข้อสอบให้อยู่กึ่งกลางกระดาษ

4.2.1.6 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขตาม

ข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (ดูรายละเอียดใน
ภาคผนวก ก. หน้า 83) ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ความสอดคล้องของมโนทัศน์ ข้อคำถาม และ
ตัวเลือก ความเหมาะสมของสำนวนภาษา พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแบบทดสอบ
วัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผลการตรวจพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่า

ก. ควรใช้ชื่อเรียกปริมาณอย่างคงเส้นคงวา เช่น ชื่อเรียกปริมาณ x นั้น ถ้า
ใช้คำว่า “ปริมาณ x ” หรือ “ x ” ใดอย่างหนึ่งแล้วให้ใช้อย่างเดิมตลอด

ข. ในสาระเรื่อง การแปรผัน ไม่ควรมีตัวแปรแทนค่าคงตัวเกิน 1 ตัวแปร
เพราะไม่เป็นที่นิยม

ค. ควรเปลี่ยนสัญลักษณ์ “ Π ” เป็น “ π ”

ง. ไม่ควรมีการชี้นำตัวเลือกที่ถูกต้องด้วยกรณิใดๆ เช่น ตัวเลือกนั้นมี
ข้อความที่ยาวกว่าตัวเลือกอื่น ตัวเลือกอื่นๆ มีข้อความที่คล้ายๆ กัน แต่ตัวเลือกที่ถูกต้องมีข้อความ
แตกต่างออกไปมาก เป็นต้น

จ. สำหรับโจทย์ที่มีคำตอบเป็นค่าคงที่ ควรมีทั้งตัวเลือกที่เป็นทศนิยม
เศษส่วน หรือจำนวนลบ เช่น

เดิม

ข้อ i) ข้อใด**ไม่**ใช่ค่าคงตัวของการแปรผัน

ก. 0

ข. 1

ค. 2

ง. 3

แก้ไขเป็น

ข้อ i) ข้อใดไม่ใช่ค่าคงตัวของการแปรผัน

ก. 0

ข. $-\frac{1}{2}$

ค. 16

ง. 19.97

จ. ตัวเลือกของข้อคำถามเดียวกันที่แสดงความสัมพันธ์ของสองตัวแปร ควรใช้ตัวแปรคู่เดิมตลอดในข้อหนึ่งๆ เพื่อป้องกันนักเรียนสับสน

ข. ควรเปลี่ยนข้อความ “ค่าคงตัวที่ไม่ใช่ศูนย์” เป็น “ค่าคงตัวที่ไม่เท่ากับ ศูนย์”

ข. ถ้าคำถามมีข้อความว่า “ข้อใดกล่าวถึง” ตัวเลือกควรเป็นข้อความ

4.2.1.7 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขตาม

คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่ม ตัวอย่าง แต่เนื่องจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ยังไม่ได้เรียนรู้สาระ เรื่อง การแปรผัน ผู้วิจัยจึง ต้องทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนปทุมรัตน์พิทยาคม จังหวัดร้อยเอ็ด ที่ไม่ใช่ กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 43 คน ที่ได้เรียนรู้เนื้อหาเรื่องการแปรผันมาแล้ว

4.2.1.8 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 43 คน มา ตรวจให้คะแนน จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าความเที่ยง (Reliability) ของ แบบทดสอบโดยใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Method: KR-20) ซึ่งมีเกณฑ์ ว่า ค่าความเที่ยงต้องมีค่าตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป รวมทั้งหาค่าความยาก (Difficulty) และค่าอำนาจ จำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ โดยมีเกณฑ์ว่า ค่าความ ยาก (p) ต้องอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่า 0.20 ขึ้นไป ซึ่งได้ผลการ วิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบ ดังนี้

ค่าความเที่ยง	มีค่า	0.78
ค่าความยาก	มีค่า	0.16 – 0.86
ค่าอำนาจจำแนก	มีค่า	-0.15 – 0.68

โดยได้ข้อสอบที่มีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 29 ข้อ และไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 16 ข้อ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงสำนวนภาษา ของแบบทดสอบข้อที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น แล้วนำแบบวัดมโนทัศน์ทาง คณิตศาสตร์จำนวน 45 ข้อ ที่ได้ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้ครั้งที่ 2

4.2.1.9 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสุวรรณภูมิพิทยไพศาล จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 40 คน ที่เคยเลือกเรียนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง การแปรผัน มาแล้ว ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบ ดังนี้

ค่าความเที่ยง	มีค่า	0.86
ค่าความยาก	มีค่า	0.13 – 0.90
ค่าอำนาจจำแนก	มีค่า	0.05 – 0.68

โดยได้ข้อสอบที่มีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 32 ข้อ แต่เมื่อพิจารณาความตรงตามตารางกำหนดลักษณะแบบทดสอบแล้ว ปรากฏว่า มีข้อสอบที่วัดมโนทัศน์ที่ 3, 6 และ 9 ไม่ครบตามจำนวนข้อที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยจึงได้ออกข้อสอบเพิ่มเติมเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่ 3, 6 และ 9 ดังกล่าว จำนวนมโนทัศน์ละ 2 ข้อ รวมเป็น 6 ข้อ ทำให้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์มีจำนวน 51 ข้อ สำหรับการนำไปทดลองใช้เป็นครั้งที่ 3

4.2.1.10 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ไปทดลองใช้ครั้งที่ 3 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนธวัชบุรีวิทยาคม จำนวน 39 คน ที่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง การแปรผัน มาแล้ว ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบ ดังนี้

ค่าความเที่ยง	มีค่า	0.94
ค่าความยาก	มีค่า	0.15 – 0.82
ค่าอำนาจจำแนก	มีค่า	0.05 – 0.94

โดยได้ข้อสอบที่มีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 46 ข้อ หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบที่เป็นไปตามเกณฑ์และสอดคล้องกับตารางกำหนดลักษณะแบบทดสอบ จำนวน 30 ข้อ

4.2.1.11 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ ที่เป็นไปตามเกณฑ์และสอดคล้องกับตารางกำหนดลักษณะข้อสอบจำนวน 30 ข้อ มาวิเคราะห์คุณภาพอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบ ดังนี้

ค่าความเที่ยง	มีค่า	0.94
ค่าความยาก	มีค่า	0.28 – 0.71
ค่าอำนาจจำแนก	มีค่า	0.23 – 0.92

4.2.1.12 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

4.2.2. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 5 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

4.2.2.1 กำหนดกรอบการสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แนวคิดของ Torrance (1962: 34-38) ซึ่งสรุปได้ว่าความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วย ความคิด 3 ลักษณะ คือ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ผู้วิจัยจึงกำหนดแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ให้วัดทั้ง 3 ลักษณะ คือ

ก. ความคล่องในการคิดทางคณิตศาสตร์ โดยวัดความสามารถทางสมองของนักเรียนในการคิดหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดให้ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาที่จำกัด

ข. ความยืดหยุ่นในการคิดทางคณิตศาสตร์ โดยวัดความสามารถทางสมองของนักเรียนในการคิดหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดให้ได้หลายกลุ่ม และหลายแนวทาง

ค. ความคิดริเริ่มทางคณิตศาสตร์ โดยวัดความสามารถทางสมองของนักเรียนในการคิดหาคำตอบจากโจทย์ที่กำหนดให้ได้แปลกใหม่ แตกต่างไปจากความคิดของคนอื่น ไม่ซ้ำกับคนส่วนใหญ่

4.2.2.2 สร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 ชุด คู่ขนานกัน โดยแบบทดสอบนี้เป็นแบบอัตนัย ชุดละ 6 ข้อ ซึ่งในแบบทดสอบได้กำหนดข้อมูล แล้วให้นักเรียนเขียนสมการ สร้างโจทย์ปัญหาพร้อมแสดงวิธีหาคำตอบ เขียนข้อาคาดคะเน สร้างการดำเนินการ คิดหาคำตอบ และเขียนอธิบายการแก้สถานการณ์ปัญหา ซึ่งคำสั่งให้นักเรียนทำดังกล่าวนั้น จะทำให้นักเรียนได้แสดงถึงลักษณะความคิด 3 อย่างที่เป็นองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น

4.2.2.3 สร้างเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยเน้นความสามารถในการคิดหาคำตอบในปริมาณที่มาก ความสามารถในการแก้ปัญหาได้หลายแนวทาง และความคิดที่แปลกใหม่ โดยมีแนวทางการตรวจให้คะแนนดังต่อไปนี้

ก. คะแนนความคล่องในการคิด ผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจให้คะแนน โดยพิจารณาจากจำนวนคำตอบที่ตอบถูกต้องตามเงื่อนไขโจทย์ โดยให้คำตอบละ 5 คะแนน ถ้าตอบซ้ำจะไม่ได้คะแนนอีก

ข. คะแนนความยืดหยุ่นในการคิด ผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจให้คะแนน โดยพิจารณาจากจำนวนกลุ่มของคำตอบ หรือพิจารณาทิศทางของคำตอบ หรือคำตอบที่มีความหมายอย่างเดียวกัน เมื่อจัดกลุ่มคำตอบแล้วให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 5 คะแนน

ค. คะแนนความคิดริเริ่ม ผู้วิจัยพิจารณาจากคำตอบที่แปลกใหม่ไปจากคำตอบของผู้อื่น ไม่ซ้ำกับคนส่วนใหญ่ โดยใช้เกณฑ์ร้อยละ 1 ของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบได้ จัดว่ามี

ความคิดริเริ่มมากที่สุด แล้วนำจำนวนคำตอบที่ซ้ำกันของคำตอบทั้งหมดที่ได้ มาคิดคะแนน ซึ่ง Cropley (1966: 261-262) มีเกณฑ์ไว้ ดังนี้

จำนวนคำตอบซ้ำกัน	คะแนนที่ได้
12% ขึ้นไป	0
6-11%	1
3-5%	2
2%	3
ไม่เกิน1%	4

ดังนั้นการให้คะแนนความคิดริเริ่มจึงต้องใช้วิธีนับความถี่ของคำตอบ แล้วจึงนำความถี่นั้นมาเทียบกับเกณฑ์ข้างต้น ก่อนให้คะแนน

4.2.2.4 นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และเกณฑ์การให้คะแนนไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความสามารถในการวัดความคิดสร้างสรรค์ ความเหมาะสมของเวลาในการสอบ ความชัดเจนของสำนวนภาษา แล้วให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาได้ตรวจพิจารณา แล้วให้ข้อเสนอแนะดังนี้

- ก. ควรให้กระดาษคำถามและกระดาษคำตอบอยู่หน้าเดียวกัน
- ข. ข้อสอบที่ให้นักเรียนสร้างโจทย์ปัญหา ควรให้นักเรียนแสดงวิธีหา

คำตอบด้วย

4.2.2.5 นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับและเกณฑ์การให้คะแนนที่ผ่านการตรวจพิจารณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก. หน้า 83) พิจารณาตรวจสอบความตรง แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะว่า ควรออกข้อสอบคู่ขนานที่นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดแบบเดียวกัน ควรเป็นสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับบริบทของจังหวัดร้อยเอ็ด นอกจากนี้สถานการณ์ปัญหาควรสอดคล้องกับความเป็นจริง และมีความสมเหตุสมผล

4.2.2.6 นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแล้วไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพลราษฎร์พิทยาคม จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 79 คน แบ่งเป็นนักเรียนที่ได้รับการทดสอบแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ฉบับก่อนและหลังการทดลอง จำนวน 39 และ 40 คน ตามลำดับ เพื่อวิเคราะห์ค่าความเที่ยงด้วยการใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) โดยมีเกณฑ์ว่าค่าความเที่ยงต้องมีค่าเกิน 0.6 แล้วหาค่าอำนาจจำแนก และความยากเป็นรายข้อด้วยการใช้สูตร

ของ Whitney and Sabers โดยมีเกณฑ์ว่า ค่าความยากมีค่า 0.2 – 0.8 และค่าอำนาจจำแนกมีค่า 0.2 ขึ้นไป ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบ ดังนี้

คุณภาพแบบทดสอบ วัดความคิดสร้างสรรค์	ฉบับก่อนการทดลอง	ฉบับหลังการทดลอง
ค่าความเที่ยง	0.44	0.51
ค่าความยาก	0.24 - 0.53	0.35 – 0.68
ค่าอำนาจจำแนก	0.39 – 0.60	0.32 – 0.58

แสดงว่า ข้อสอบมีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทั้ง 6 ข้อ แต่แบบทดสอบฉบับนี้มีค่าความเที่ยงไม่เป็นไปตามเกณฑ์ จึงต้องทดลองใช้ครั้งที่ 2 ต่อไป

4.2.2.7 นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จำนวน 6 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนธวัชบุรีวิทยาคม จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 69 คน แบ่งเป็นนักเรียนที่ได้รับการทดสอบแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ฉบับก่อนและหลังการทดลอง จำนวน 37 และ 32 คน ตามลำดับ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบ ดังนี้

คุณภาพแบบทดสอบ วัดความคิดสร้างสรรค์	ฉบับก่อนการทดลอง	ฉบับหลังการทดลอง
ค่าความเที่ยง	0.61	0.63
ค่าความยาก	0.35 - 0.62	0.38 – 0.53
ค่าอำนาจจำแนก	0.38 – 0.69	0.43 – 0.55

แสดงว่า ข้อสอบมีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทั้ง 6 ข้อ และแบบทดสอบฉบับนี้มีค่าความเที่ยงเป็นไปตามเกณฑ์ ผู้วิจัยจึงคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงสุด 5 ข้อ โดยคำนึงถึงการเป็นแบบทดสอบคู่ขนานกันของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ฉบับก่อนและหลังการทดลองด้วย โดยการตัดข้อที่ 1 ที่มีค่าอำนาจจำแนกในการทดสอบครั้งที่ 2 เป็น 0.38 ซึ่งเป็นค่าอำนาจจำแนกที่ต่ำที่สุด เมื่อวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบ ดังนี้

คุณภาพแบบทดสอบ วัดความคิดสร้างสรรค์	ฉบับก่อนการทดลอง	ฉบับหลังการทดลอง
ค่าความเที่ยง	0.64	0.61
ค่าความยาก	0.35 - 0.60	0.38 - 0.53
ค่าอำนาจจำแนก	0.43 - 0.69	0.43 - 0.55

4.2.2.8 นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนการทดลองและฉบับหลังการทดลองที่มีความเที่ยง 0.64 และ 0.61 ตามลำดับ ที่ข้อสอบแต่ละข้อมีค่าความยาก 0.2 ถึง 0.8 และค่าอำนาจจำแนก 0.2 ขึ้นไป จำนวน 5 ข้อ ซึ่งมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

5. การดำเนินการทดลอง และการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยตนเอง โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการขั้นเตรียมการ และขั้นดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

5.1. ขั้นเตรียมการ

5.1.1 ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขสำหรับกลุ่มทดลองและแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม

5.1.2 ผู้วิจัยจัดเตรียมสื่อ อุปกรณ์ เอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแผนการจัดการเรียนรู้

5.1.3 ผู้วิจัยนำหนังสือขออนุญาตดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล จากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนขวาววิทยาคาร อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

5.1.4 ผู้วิจัยทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มโดยใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนการทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นคู่ขนานกับแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังการทดลอง

5.1.5 ผู้วิจัยตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ฉบับก่อนการทดลองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง. หน้า 152) โดยตรวจให้คะแนนที่ละข้อและให้คะแนนจำแนกตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

5.1.6 ผู้วิจัยรวมคะแนนทั้ง 3 องค์ประกอบเป็นคะแนนข้อนี้ๆ ของนักเรียนแต่ละคน ก่อนนำคะแนนทุกข้อของนักเรียนคนหนึ่งๆ มารวมกันเป็น คะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนการทดลองของนักเรียนคนนั้นๆ

5.1.7 ผู้วิจัยนำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลอง มาหาค่ามัชฌิมเลขคณิต และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พร้อมกับทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ค่าเอฟ (F-test) ซึ่งผลการทดสอบพบว่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน หลังจากนั้นทำการทดสอบความแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มด้วยค่าที (t-test) ผลการทดสอบพบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แสดงว่า นักเรียนทั้งสองห้องมีความคิดสร้างสรรค์ก่อนการทดลองแตกต่างกัน

5.2. ขั้นตอนการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

5.2.1 ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งสองชนิดที่เตรียมไว้

5.2.2 ผู้วิจัยทำการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม กลุ่มละ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เป็นเวลาประมาณ 4 สัปดาห์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548

5.2.3 เมื่อดำเนินการทดลองสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ครบ 15 ชั่วโมงแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังการทดลอง

5.2.4 ผู้วิจัยตรวจให้คะแนนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมแล้วบันทึกคะแนน แล้วตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแล้วบันทึกคะแนน โดยมีวิธีการตรวจ และเกณฑ์การให้คะแนนเช่นเดียวกับการตรวจแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนการทดลอง ซึ่งคะแนนที่บันทึกนั้นจะนำไปวิเคราะห์ต่อไป

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ มาวิเคราะห์ข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

6.1 วิเคราะห์หมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข ด้วยการใช้คะแนนสอบจากแบบทดสอบวัดหมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาคำนวณหาค่ามัชฌิมเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่ามัชฌิมเลขคณิตร้อยละ เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนแบบสอบทั้งฉบับ

6.2 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขก่อนการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้ โดยทดสอบค่าที่ (t - dependent)

6.3 เปรียบเทียบหมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้คะแนนสอบหลังการทดลองจากแบบทดสอบวัดหมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ มาหาค่ามัชฌิมเลขคณิต ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิต ด้วยการทดสอบค่าที่ (t-test)

6.4 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้คะแนนจากการสอบแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ฉบับหลังการทดลองมาหาค่ามัชฌิมเลขคณิต ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิต ด้วยการทดสอบค่าที่ (t-test) เนื่องจากผลการทดสอบความแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนการทดลอง ปรากฏว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนการทดลองของนักเรียนแตกต่างกัน จึงใช้การทดสอบค่าที่ (t - difference)

7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วยสถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดหมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

7.1 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

7.1.1 หาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - coefficient) ของ Cronbach ดังนี้

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

เมื่อ	α	แทน	ค่าความเที่ยงของแบบสอบ
	k	แทน	จำนวนข้อในแบบสอบ
	S_i^2	แทน	ความแปรปรวนของข้อสอบในแต่ละข้อ
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของข้อสอบทั้งหมด

(พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544: 128)

7.1.2 หาค่าความยากของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์รายข้อ โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers ดังนี้

$$\text{Index of Difficulty} = \frac{S_h + S_l - n_t X_{\min}}{n_t (X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	S_h	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	S_l	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	X_{\max}	แทน	คะแนนสูงสุดที่ได้
	X_{\min}	แทน	คะแนนต่ำสุดที่ได้
	n_t	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำรวมกัน

(พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544: 147)

7.1.3 หาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์รายข้อ โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers ดังนี้

$$\text{Index of Discrimination} = \frac{S_h - S_l}{n_h (X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	S_h	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	S_l	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	X_{\max}	แทน	คะแนนสูงสุดที่ได้
	X_{\min}	แทน	คะแนนต่ำสุดที่ได้
	n_h	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูง

(พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544: 147)

7.2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

การหาค่าความเที่ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ผู้วิจัยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบทดสอบ (Test Analysis Program: TAP Version 6.63) ที่พัฒนาขึ้นโดย Brooks (2003) ซึ่งผู้วิจัยดาวน์โหลดมาจาก <http://oak.ohiou.edu/~brooksg/tap.htm> [2005, Dec 21]

7.3. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

7.3.1 การหาค่ามัธยฐานเลขคณิต ค่ามัธยฐานเลขคณิตร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน วิเคราะห์ค่าที (t-test) นั้น ผู้วิจัยคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Sciences: SPSS Version 10)

7.3.2 วิเคราะห์ค่าที (t - difference) เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยใช้สูตรของ Scott and Wertheimer ดังนี้

$$t = \frac{MD_1 - MD_2}{S_{md_1 - md_2}}; df = N_1 + N_2 - 2$$
$$S_{md_1 - md_2} = \sqrt{\frac{s^2}{N_1} + \frac{s^2}{N_2}}$$
$$s^2 = \frac{\sum(D_1 - MD_1)^2 - \sum(D_2 - MD_2)^2}{N_1 + N_2 - 2}$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณา t - distribution
	D ₁	แทน	คะแนนผลต่างระหว่างการทดสอบหลังการเรียน กับก่อนการเรียนของกลุ่มทดลอง
	D ₂	แทน	คะแนนผลต่างระหว่างการทดสอบหลังการเรียน กับก่อนการเรียนของกลุ่มควบคุม
	MD ₁	แทน	คะแนนเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างการทดสอบ หลังการเรียนกับก่อนการเรียนของกลุ่มทดลอง
	MD ₂	แทน	คะแนนเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างการทดสอบ หลังการเรียนกับก่อนการเรียนของกลุ่มควบคุม
	S _{md₁-md₂}	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลต่างระหว่างการทดสอบ หลังการเรียนกับก่อนการเรียนของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

s^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนความแตกต่างระหว่างการทดสอบ หลังการเรียนกับก่อนการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
N_1	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง
N_2	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มควบคุม

(Scott and Wertheimer, 1962: 264)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัย เรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขที่มีต่อมโนทัศน์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดร้อยเอ็ด ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 4 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 50 เสนอในตารางที่ 2

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขก่อนการเรียนและหลังการเรียน เสนอในตารางที่ 3

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขและกลุ่มปกติ เสนอในตารางที่ 4

ตอนที่ 4 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขและกลุ่มปกติ เสนอในตารางที่ 5

มีรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละตอนดังนี้

สถาบันวิจัยประชากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 1 ผลการศึกษามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มที่ ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 50

ตารางที่ 2 ค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{x}) ค่ามัชฌิมเลขคณิตร้อยละ (\bar{x} ร้อยละ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขและกลุ่มปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	n	\bar{x}	s	\bar{x} ร้อยละ
กลุ่มทดลอง	34	15.50	5.21	51.67
กลุ่มควบคุม	34	8.88	2.61	29.60

จากตารางที่ 2 ผลปรากฏว่า จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขเท่ากับ 15.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 5.21 โดยมีค่ามัชฌิมเลขคณิตร้อยละเท่ากับ 51.67 นั้นแสดงให้เห็นว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดโดยกรมวิชาการคือ สูงกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนสอบทั้งฉบับ

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขก่อนการเรียนและหลังการเรียน

ตารางที่ 3 ค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนการเรียนและหลังการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข และค่าที (t-dependent)

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	n	\bar{x}	s	t
ก่อนการเรียน	34	92.18	43.29	
หลังการเรียน	34	141.97	59.82	-6.66*

*p<.05

จากตารางที่ 3 ผลปรากฏว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มที่
ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข และ
กลุ่มปกติ

ตารางที่ 4 ค่ามัธยเลขคณิต (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนนมโนทัศน์ทาง
คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรม
การเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขและกลุ่มปกติ
และค่าที (t-test)

กลุ่มตัวอย่าง	n	\bar{x}	s	t
กลุ่มทดลอง	34	15.5	5.21	6.62*
กลุ่มควบคุม	34	8.88	2.61	

*p<.05

จากตารางที่ 4 ผลปรากฏว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรม
การเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่
ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 4 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขและกลุ่มปกติ

ตารางที่ 5 ค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขและกลุ่มปกติ และค่าที (t-difference)

กลุ่มตัวอย่าง	n	\bar{x}	s	t
กลุ่มทดลอง	34	141.97	59.82	8.55*
กลุ่มปกติ	34	50.79	40.96	

*p<.05

จากตารางที่ 5 ผลปรากฏว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขที่มีต่อมโนทัศน์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดร้อยเอ็ด มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อศึกษามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข
2. เพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข
3. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข กับกลุ่มปกติ
4. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข กับกลุ่มปกติ

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จังหวัดร้อยเอ็ด

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มาจากการใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 โรงเรียนขวาววิทยาคาร อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ โดยผู้วิจัยนำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในการสอบกลางปี ปีการศึกษา 2548 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีทั้งหมดสามห้องเรียนมาหาค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{X}) และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) แล้วผู้วิจัยเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 ห้องเรียน ที่มีค่ามัชฌิมเลขคณิตใกล้เคียงกัน ได้แก่ ห้อง 2/1 และห้อง 2/2 มาทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ค่าเอฟ (F-test) ซึ่งผลการทดสอบพบว่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน แล้วผู้วิจัยได้ทดสอบความแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิตของผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทั้งสองห้องเรียนด้วยค่าที (t-test) ผลการทดสอบพบว่าผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทั้งสองห้องไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แสดงว่า นักเรียนทั้งสองห้องมีความรู้พื้นฐาน

ไม่แตกต่างกัน หลังจากนั้นผู้วิจัยได้จับฉลากเพื่อจัดนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทั้งสองห้องเรียน โดยให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลองและอีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุมโดยกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามโมเดลการแปลงของเลขได้แก่ นักเรียนห้อง 2/1 และกลุ่มควบคุมได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติได้แก่ นักเรียนห้อง 2/2

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข และแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ ซึ่งเขียนไว้ในแผนเดียวกัน เนื่องจากมีองค์ประกอบต่างๆ ในแผนเหมือนกัน แต่มีเพียงกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นสอนเท่านั้นที่มีขั้นตอนแตกต่างกัน ดังนั้นมีแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดจำนวน 15 แผน โดยใช้เวลาในการสอนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแผนละ 1 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดให้ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง การแปรผัน สาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 นำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา การลำดับเนื้อหา และความสอดคล้องขององค์ประกอบต่างๆ ในแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำมาปรับปรุง และนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 60 นาที ซึ่งมีค่าความเที่ยงเป็น 0.94 ค่าความยากเป็น 0.28 – 0.71 และค่าอำนาจจำแนกเป็น 0.23 – 0.92

3. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 5 ข้อ ใช้เวลาในการทำฉบับละ 1 ชั่วโมง 40 นาที เป็นแบบทดสอบฉบับก่อนการทดลองและฉบับหลังการทดลองที่คู่ขนานกัน ซึ่งมีค่าความเที่ยงเป็น 0.64 และ 0.61 มีค่าความยากเป็น 0.35 - 0.60 และ 0.38 – 0.53 มีค่าอำนาจจำแนกเป็น 0.43 – 0.69 และ 0.43 – 0.55 ตามลำดับ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มด้วยแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนการทดลอง แล้วดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เมื่อดำเนินการสอนกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ผู้วิจัยได้วัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์

ทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังการทดลอง ตามลำดับ ก่อนที่จะนำผลจากการทดสอบทั้งหมดที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล

สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนที่ได้นำเสนอไปแล้วนั้น ปรากฏผลการวิจัยดังต่อไปนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดโดยกรมวิชาการ คือ สูงกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนสอบทั้งฉบับ
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

1. จากผลการวิจัยที่พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดโดยกรมวิชาการ คือ สูงกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนสอบทั้งฉบับ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโมเดลการแปลงของเลขที่ผู้วิจัยใช้เป็นกรอบแนวคิดในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับกลุ่มทดลองนั้น ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความรู้คณิตศาสตร์ใน 5 แบบคือ การใช้สถานการณ์จริง (Real World Situations) การใช้รูปภาพ (Pictures) การใช้ภาษาพูด (Spoken Symbols) การใช้ภาษาเขียน (Written Symbols) และการใช้สื่อรูปธรรม (Manipulative Aids) ซึ่ง Wadlington et al. (1992: 207) กล่าวว่า การพูด ฟัง อ่าน และเขียนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ช่วยนักเรียนให้แสดงแนวคิดของตนอย่างชัดเจนและเข้าใจได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ Cramer (1995: 333) ยังได้กล่าวว่า โมเดลการแปลงของเลขนั้นช่วยให้นักเรียน

เข้าใจความรู้ทางคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้ง เพราะว่าความเข้าใจทางคณิตศาสตร์นั้นหมายถึงความสามารถในการแสดงความรู้ทางคณิตศาสตร์หลายๆ แบบ รวมทั้งนักเรียนยังได้สื่อสารภาษาทางคณิตศาสตร์อย่างไม่เป็นทางการอันเป็นสิ่งที่ช่วยส่งเสริมการเกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hail (2000: abstract) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้การนำเสนอหลายๆ แบบ ที่มีต่อความรู้ของนักเรียน และมโนทัศน์พีชคณิตขั้นพื้นฐาน ซึ่งการนำเสนอหลายๆ แบบประกอบด้วย การเขียนบนพื้นฐานประสบการณ์ ภาษาพูด การใช้สื่อจริงสัมผัสได้ กราฟ ตาราง และสัญลักษณ์ทางการเขียน แล้วพบว่านักเรียนใช้กราฟและสื่อจริงที่สัมผัสได้ในการได้มาซึ่งความรู้เกี่ยวกับการดำเนินการทางสัญลักษณ์ นอกจากนี้นักเรียนดังกล่าวได้ใช้กราฟและสื่อจริงที่สัมผัสได้ในการอธิบายการดำเนินการทางสัญลักษณ์และจุดที่ดำเนินการผิด อีกทั้ง การใช้สื่อจริงสัมผัสได้ยังช่วยนักเรียนให้แก้สมการได้ นั่นคือนักเรียนมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ขึ้นนั่นเอง

2. จากผลการวิจัยที่พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ ซึ่งผลการวิจัยทั้งสองประเด็นดังกล่าวสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้สถานการณ์จริง (Real World Situations) การใช้รูปภาพ (Pictures) การใช้ภาษาพูด (Spoken Symbols) การใช้ภาษาเขียน (Written Symbols) และการใช้สื่อรูปธรรม (Manipulative Aids) ที่เป็นการให้นักเรียนกลุ่มทดลองได้แสดงความรู้หนึ่งในแบบที่หลากหลายในกิจกรรมการเรียนรู้ทุกๆ ชั่วโมง ถึงแม้ว่านักเรียนกลุ่มทดลองจะได้ทำกิจกรรมแบบเป็นกลุ่ม แต่ทุกคนก็ได้พิจารณาและแสดงความรู้ในแบบต่างๆ ด้วยตนเองทำให้นักเรียนได้คิด คิดอย่างพิจารณาเป็นรายบุคคลก่อนที่จะแสดงความรู้หนึ่งๆ ออกมา ทำให้นักเรียนแต่ละคนได้ฝึกการคิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้สถานการณ์จริงที่นักเรียนต้องคิด ต้องจินตนาการว่าความรู้ทางคณิตศาสตร์นั้นๆ สอดคล้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริงอย่างไรบ้าง ตลอดจนสถานการณ์ในชีวิตจริงสอดคล้องกับความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้บ้าง ซึ่งการคิด จินตนาการของนักเรียนเป็นส่วนหนึ่งที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ได้ (Craft, 2000: 31) ในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกตินั้นไม่ค่อยมีโอกาสดำเนินการได้แสดงความรู้ของตนเองออกมามากนัก ทำให้ไม่ทราบว่าความคิดของตนเองนั้นถูกต้องหรือไม่ เมื่อพบสถานการณ์ปัญหาจึงเขียนแสดงคำตอบได้ไม่ถูกต้องเท่าที่ควร คำตอบที่ตอบนั้นไม่หลากหลาย และไม่ค่อยแตกต่างกันในกลุ่ม ซึ่งการเขียนคำตอบได้ไม่มาก ไม่หลากหลายทิศทาง และไม่แตกต่างจากคนอื่นนั้นทำให้นักเรียนมีความคิดคล่อง ความคิด

ยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มไม่มากนักเรียนกลุ่มทดลอง เป็นเหตุให้ได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ค่อนข้างน้อย โดยผลการวิจัยที่พบนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของบรรพต พรประเสริฐ (2538: 86-92) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัยที่มีระดับทักษะพื้นฐานการสังเกตต่างกันได้ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมสร้างสรรค์ทางรูปภาพ กิจกรรมสร้างสรรค์ทางสัญลักษณ์ กิจกรรมสร้างสรรค์ทางภาษา และกิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนปกติ แล้วพบว่า กลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมสร้างสรรค์ทางรูปภาพ กลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมสร้างสรรค์ทางสัญลักษณ์ และกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมสร้างสรรค์ทางภาษา ทั้งสามกลุ่มได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ในรูปของหน่วย จำพวก ความสัมพันธ์ ระบบ การแปลงรูป และการประยุกต์ ซึ่งมีองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน คือ ความคิด คล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนตามแผนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. จากผลการวิจัยที่พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกลุ่มทดลองได้ฝึกการแสดงความรู้คณิตศาสตร์ในแบบต่างๆ ตามโมเดลการแปลงของเลขดังกล่าวข้างต้น กล่าวคือ นักเรียนกลุ่มทดลองได้สัมผัสสื่อมองเห็นสถานการณ์ในชีวิตจริง ได้พูด ได้เขียน และเห็นรูปภาพที่แสดงความรู้ทางคณิตศาสตร์นั้น ในหลายแง่มุม ตลอดจนมีการเชื่อมโยงสัมพันธ์ความรู้และมโนทัศน์ต่างๆ ที่มีอยู่เดิมเข้าด้วยกัน จนนักเรียนได้สร้างมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง ในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมเพียงแต่ได้รับฟังความรู้จากผู้สอน และเห็นสื่อรูปธรรมที่ผู้สอนแสดงให้ดู แต่ไม่มีโอกาสได้คิดเชื่อมโยงความรู้ กับเหตุการณ์ในชีวิตจริงมากนัก ไม่ได้พูด เขียน หรือวาดภาพด้วยตนเองเป็นประจำ ทำให้ไม่เกิดความเข้าใจความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ลึกซึ้งพอที่จะเชื่อมโยงสัมพันธ์ความรู้เดิมให้เกิดมโนทัศน์ด้วยตนเองได้ ทำให้กลุ่มควบคุมมีมโนทัศน์ไม่แม่นยำเท่ากลุ่มทดลอง ซึ่งผลการวิจัย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kinney (1997: abstract) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟและโมเดลการแปลงของเลข ที่มีต่อความเข้าใจของนักเรียนเรื่องความสัมพันธ์เชิงกราฟระหว่างฟังก์ชัน และอนุพันธ์ของฟังก์ชันในชั้นเรียนแคลคูลัสสำหรับนักเรียนที่ยังไม่แม่นยำ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟพร้อมด้วยโมเดลการแปลงของเลข มีการเรียนรู้เรื่องการแปลงฟังก์ชันเป็นอนุพันธ์ และอนุพันธ์เป็นฟังก์ชันมากกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟแต่ไม่ใช้โมเดลการแปลงของเลขร่วมด้วย นอกจากนี้

ยังพบอีกว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีมีโนทัศน์เกี่ยวกับฟังก์ชัน และอนุพันธ์ที่เหมาะสมกว่ากลุ่มควบคุม

ผลการวิจัยข้อนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของงานวิจัยในประเทศที่มีการศึกษาการใช้โปรแกรมสร้างรูปเรขาคณิต The Geometer's Sketchpad และการใช้เครื่องคำนวณกราฟฟิก ซึ่งการใช้โปรแกรมสร้างรูปเรขาคณิต The Geometer's Sketchpad และการใช้เครื่องคำนวณกราฟฟิกนั้นนักเรียนได้แสดงความรู้โดยการใช้รูปภาพ (Pictures) และการใช้ภาษาเขียน (Written Symbols) เกิดการแปลงความรู้ทางคณิตศาสตร์ขึ้น ซึ่งงานวิจัยในประเทศดังกล่าวได้แก่ งานวิจัยของวัชรสันต์ อินธิสาร (2547) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการพัฒนามโนทัศน์ทางเรขาคณิต และเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad พบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีมีโนทัศน์ทางเรขาคณิตหลังการเรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ มีมีโนทัศน์ทางเรขาคณิตหลังการเรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad สูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และงานวิจัยของณัชชา กมล (2542) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟฟิกที่มีต่อมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิต สังกัดทบวงมหาวิทยาลัย พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้เครื่องคำนวณกราฟฟิก ประกอบการเรียนคณิตศาสตร์มีมีโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้ใช้เครื่องคำนวณกราฟฟิกประกอบการเรียนคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อสังเกตที่ได้จากการทดลอง

จากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลข ผู้วิจัยพบข้อสังเกต จำแนกตามวิธีการแสดงความรู้ 5 แบบ ดังนี้

1. การใช้สถานการณ์จริง (Real World Situations) ผู้วิจัยสังเกตพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์ในรูปแบบอื่นๆ มาเป็นรูปแบบการใช้สถานการณ์จริงด้วยตนเองในทันที แต่ครูต้องกล่าวนำถึงเรื่องราวเกี่ยวกับสถานการณ์จริงหนึ่งก่อน แล้วให้นักเรียนคิด และนำเสนอสถานการณ์จริงที่สอดคล้องกับเรื่องราวที่ครูกล่าวนำ

2. การใช้รูปภาพ (Pictures) ผู้วิจัยสังเกตพบว่า นักเรียนสามารถวาดรูปภาพจากสื่อรูปธรรมได้อย่างรวดเร็ว เมื่อได้ทำกิจกรรมดังกล่าวเป็นประจำ

3. การใช้ภาษาพูด (Spoken Symbols) ผู้วิจัยสังเกตพบว่า นักเรียนพูดแสดงความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ภาษาพูดเชื่อมโยงการใช้สื่อรูปธรรม ซึ่งใน

ระยะแรกครูต้องกล่าวเชื่อมโยงกับการแสดงความรู้แบบอื่นๆ ก่อน เพื่อเพิ่มความเข้าใจของนักเรียนแล้วนักเรียนจึงจะใช้ภาษาพูดแสดงความรู้แบบอื่นๆ ได้

4. การใช้ภาษาเขียน (Written Symbols) ผู้วิจัยสังเกตพบว่า มีนักเรียนส่วนหนึ่งเขียนสมการหรือสัญลักษณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวกับการแปรผันได้ แต่ยังมีนักเรียนอีกส่วนหนึ่งที่ครูต้องชี้แนะก่อน นักเรียนจึงจะสามารถใช้ภาษาเขียนเชื่อมโยงกับการแสดงความรู้แบบอื่น

5. การใช้สื่อรูปธรรม (Manipulative Aids) ผู้วิจัยสังเกตพบว่า นักเรียนมีความชื่นชอบและสนใจการใช้สื่อการเรียนรู้จริง เมื่อสื่อการเรียนรู้มีขนาดใหญ่เหมาะสม และสีสันสดใส

ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการวิจัย และผลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สรุปข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ และสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1. จากผลการวิจัยทำให้ทราบว่า โมเดลการแปลงของเลขมีประโยชน์ในการพัฒนามโนทัศน์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นสิ่งที่นักเรียนไทยส่วนใหญ่ยังไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร ดังนั้นจึงควรนำโมเดลการแปลงของเลขไปเป็นกรอบแนวคิดในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในสาระและระดับชั้นอื่นๆ

2. ผู้สอนควรผลิตสื่อการเรียนการสอนที่มีขนาดใหญ่และมีสีสันพอสสมควร เพราะสามารถดึงดูดความสนใจจากนักเรียนได้เป็นอย่างดี

3. ผู้สอนควรจัดเนื้อหาและเวลาให้เพียงพอต่อการเรียนรู้ และการทำกิจกรรม เนื่องจากในช่วงการทำกิจกรรมตามโมเดลการแปลงของเลขในระยะแรกๆ นั้น นักเรียนต้องใช้เวลานานในการแสดงความรู้ในบางแบบ เช่น การใช้รูปภาพ การใช้ภาษาเขียน หรือการคิดเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง เป็นต้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับการใช้โมเดลการแปลงของเลขในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์อื่นๆ ทั้งในระดับประถมศึกษา และมัธยมศึกษาตอนต้น เนื่องจากจะทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพ (Cramer, 2003: 1)

2. ควรมีการศึกษามูลของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขที่มีต่อทักษะการสื่อสาร ทักษะการเชื่อมโยง เนื่องจากในระหว่างการเรียนรู้การสอนนักเรียนได้ใช้ทักษะดังกล่าวด้วย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กมลรัตน์ หล้าสุวรรณ. 2528. จิตวิทยาการศึกษา ฉบับปรับปรุงใหม่. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. 2545. การคิดเชิงสร้างสรรค์. กรุงเทพมหานคร: ชัดเชสมิเดีย.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. 2546. การคิดเชิงมนทัศน์. กรุงเทพมหานคร: ชัดเชสมิเดีย.
- คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. 2544. สร้างสรรค้้นักคิด: คู่มือการจัดการศึกษา สำหรับผู้มีความสามารถพิเศษด้านทักษะความคิดระดับสูง. กรุงเทพมหานคร: รัตนพรชัย.
- ชาติรี สำราญ. 2538. สอนอย่างไรให้เกิดการเรียนรู้เพื่อรู้. สารพัฒนาหลักสูตร 120 (ม.ค.- มี.ค.): 2-12.
- ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล. 2542. ชุดกิจกรรมค่ายคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการจัดค่ายคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: บริษัท เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์ จำกัด.
- ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์. 2544. ความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชูชีพ อ่อนโคกสูง. 2518. จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช,
- ฐาปนี ตันยัชชฌาตุฒ. 2547. การเปรียบเทียบความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริมาตร และพื้นที่ผิวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยใช้สื่อประสมกับการสอนปกติ. ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ณัชชา กมล. 2542. ผลของการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟฟิคที่มีต่อมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิต สังกัด ทบวงมหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นวลจิตต์ เขาวีรติพงศ์. 2537. ความคิดรวบยอดกับการเรียนการสอน. สารพัฒนาหลักสูตร 119 (ต.ค.-ธ.ค.): 55-60.
- นวลจิตต์ เขาวีรติพงศ์. 2538. พัฒนาการของมนทัศน์เกี่ยวกับการสอน. สารพัฒนาหลักสูตร 120 (ม.ค. - มี.ค.): 63-75.
- น้อมศรี เคท. 2547. คุณภาพหลากหลายที่ได้จากการเรียนรู้คณิตศาสตร์. วารสารครุศาสตร์ 32 (มี.ค.- มิ.ย.): 18-28.

- นัญฐิตา โพธิ์เพชร. 2545. ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค 4 MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นาตยา ปิรันธนานนท์. 2542. การเรียนรู้ความคิดรวบยอด (Concept Learning). กรุงเทพฯ: เจ้าพระยาระบบการพิมพ์.
- นิสากร ปานประสงค์. พฤศจิกายน 2544. (สัมภาษณ์ศาสตราจารย์กิตติคุณยุพิน พิพิธกุล. นายกสมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์). อุพบเดท: 79-83.
- บรรพต พรประเสริฐ. 2538. การศึกษาเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัยที่มีระดับทักษะพื้นฐานการสังเกตต่างกันได้ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมสร้างสรรค์ทางรูปภาพ กิจกรรมสร้างสรรค์ทางสัญลักษณ์ กิจกรรมสร้างสรรค์ทางภาษาและกิจกรรมการเรียนรู้การสอนตามแผนปกติ. วารสารการวิจัยทางการศึกษา 25(2-4): 86-92.
- บรรพต พรประเสริฐ. 2545. การวัดความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัย. วารสารวิชาการ 5 (สิงหาคม): 2-8.
- บรรพต สุวรรณประเสริฐ. 2544. การพัฒนาหลักสูตรโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. เชียงใหม่: หจก. เชียงใหม่โรงพิมพ์แสงศิลป์.
- บุญเรียง ขจรศิลป์. 2548. การวิเคราะห์และแปรความหมายข้อมูลในการวิจัยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows Version 10-12. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เอส. พี. เอ็น. การพิมพ์.
- ประยูร อาษานาม. 2537. การเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา: หลักการและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพมหานคร: ประกายพริก.
- ประสาธ อิศรปรีดา. 2547. ส่วร้ดถะจิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: โครงการตำราคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ปราณี รามสูต. 2528. จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เจริญกิจ.
- ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. 2534. จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เจริญกิจ.
- ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ, สำนักงาน. 2546. สถิติการศึกษาระดับประถมศึกษา ปีการศึกษา 2545. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.
- ปานจิต รัตนพล. 2547. ผลของการใช้ปัญหาปลายเปิดที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- พร้อมพรรณ อุดมสิน. 2544. การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์.
กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ยุดา รักไทย. 2542. ความคิดสร้างสรรค์ (Personal creativity). พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร:
บริษัท เอ็กซ์เปอร์เน็ท จำกัด.
- ยุพิน พิพิธกุล. 2546. การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ยุคปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพมหานคร:
บพิธการพิมพ์.
- ราตรี เกตบุตรตา. 2546. ผลของการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักต่อความสามารถในการ
แก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรินทรา วัชรสิงห์. 2537. การสอนคณิตศาสตร์สำหรับเด็กที่เรียนอ่อน. สารพัฒนาหลักสูตร
119 (ต.ค.-ธ.ค.): 72-77.
- วัชรสันต์ อินธิสาร. 2547. ผลของการพัฒนามโนทัศน์ทางเรขาคณิตและเจตคติต่อการเรียน
คณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้โปรแกรม
The Geometer's Sketchpad วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาการศึกษา
คณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิไลวรรณ ตรีศรี ชะนะมา. 2537. แนวคิดบางประการเกี่ยวกับความคิดรวบยอด.
สารพัฒนาหลักสูตร 113(เม.ย.-มิ.ย.): 49-51.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. 2541. ความคิดสร้างสรรค์: ศักยภาพที่เสริมสร้างพัฒนาได้. วารสารวิชาการ
1 (สิงหาคม): 23-25.
- วิชาการ, กรม. กระทรวงศึกษาธิการ. 2542. รายงานการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับ
มัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2540. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- วิชาการ, กรม. กระทรวงศึกษาธิการ. 2544. หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544.
พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- วิชาการ, กรม. กระทรวงศึกษาธิการ. 2545. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้
คณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. 2547. สถิติประยุกต์สำหรับการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร:
โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. กระทรวงศึกษาธิการ. 2546. คู่มือครูสาระ
การเรียนรู้เพิ่มเติมคณิตศาสตร์ เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. กระทรวงศึกษาธิการ. 2546. หนังสือ
เรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมคณิตศาสตร์ เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สมศักดิ์ ภูวิภาดาพรรณ. 2537. เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์. พิมพ์ครั้งที่ 3.
กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.
- สำนักทดสอบทางการศึกษา. 2546. ผลการสอบวัดคุณภาพระดับชาติ ปี 2546 [Online].
แหล่งที่มา: [http://bet.obec.go.th/nt/NT46\(Country\).html](http://bet.obec.go.th/nt/NT46(Country).html) [2 สิงหาคม 2547].
- สิริพร ทิพย์คง. 2545. หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: บริษัทพัฒนา
คุณภาพวิชาการ จำกัด.
- สุนีย์ คล้ายนิล. 2546. คณิตศาสตร์ไทยไม่เข้มแข็งเพราะอะไร. วารสารการศึกษาศาสตร์
คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี. 31 (กรกฎาคม): 18-24.
- สุวัฒนา อุทัยรัตน์. 2546. วิธีและเทคนิคการสอนคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิดสำหรับครู
ในยุคปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวิทย์ มูลคำ. 2547. กลยุทธ์ การสอนคิดเชิงมโนทัศน์. กรุงเทพมหานคร: หจก. ภาพพิมพ์.
- โสภณ บำรุงสงฆ์ และสมหวัง ไตรต้นวงศ์. 2520. เทคนิคและวิธีการสอนคณิตศาสตร์แนวใหม่.
กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.
- อัมพร ม้าคนอง. 2546. คณิตศาสตร์: การสอนและการเรียนรู้. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคนอง. 2547ก. ประมวลบทความหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการ
เรียนรู้คณิตศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: บพิธการพิมพ์.
- อัมพร ม้าคนอง. 2547ข. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ทฤษฎีและการประยุกต์ทาง
การศึกษาคณิตศาสตร์. (เอกสารอัดสำเนา).
- อารี พันธุ์ณี. 2545. ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์. กรุงเทพมหานคร: ไยใหม่.
- อารี พันธุ์ณี. 2546. จิตวิทยาสร้างสรรค์การเรียนการสอน. กรุงเทพมหานคร: ไยใหม่.
- อุษณีย์ อนุรุทธ์วงศ์. 2545. สร้างเด็กให้เป็นอัจฉริยะ (Raising A Genius). กรุงเทพมหานคร:
มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

ภาษาอังกฤษ

- Bolton, N. 1977. Concept Formation. Oxford: Pergamon Press.
- Brooks, G. P. 2003. TAP: Test Analysis Program (Version 6.63) [Computer program]
Available from: <http://oak.ohiou.edu/~brooksg/tap.htm> [2005, Dec 21]

- Charlesworth, R. 2005. Experiences in Math for Young Children. 5th. United States: Thomson Delmar Learning.
- Cooney, T. J. 1975. Dynamics of Teaching Secondary School Mathematics. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Craft, A. 2000. Creativity Across the Primary Curriculum. London & New York: Taylor & Francis Group.
- Cramer, K. 2003. Using a translation model for curriculum development and classroom instruction. In Lesh, R., Doerr, H. (eds.), Beyond Constructivism Model and Modeling Perspectives on Mathematics Problem Solving, Learning and Teaching. New jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cramer, K. and Karnowski, L. 1995. The importance of informal language in representing mathematical Idea. Teaching Children Mathematics, 6 (February): 332-335.
- Cropley, A. J. 1966. Creative and Intelligence. The British Journal of Educational. 36 (11): 259-266.
- Davis, G. A. 2003. The schoolwide enrichment model: Developing creative and productive giftedness. In canlangelo, N and Davis, G. A. Handbook of Gifted Education, 184-203. United State of America: Pearson Education.
- Duffy, B. 1998. Supporting Creativity and Imagination in the Early Years. Buckingham: Open university press.
- Gallagher, J. J. and Gallagher, S. A. 1994. Teaching the Gifted Child. United State of America: Allyn & Bacon.
- Guilford, J. P. 1967. The Nature of Human Intelligence. New York: McGraw – Hill.
- Hail, C. J. 2001. The effects of using multiple representations on students' knowledge and perspectives of basic algebraic concepts. Dissertation Abstracts International 61/07: 2636
- Hutchinson, E. D. 1949. How to Think Creativity. Tennessee: Parthenon.
- Kelly, A. E. and Lesh, R. A. 2000. Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education. New jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kinney, D. P. 1997. The effect of graphing calculator use and the Lesh Translation Model on student understanding of graphical relationship between function and

- derivative in a nonrigorous calculus course. Dissertation Abstracts International 57/12: 5090
- Ish, R. 1981. Applied Mathematical Problem Solving. Educational Studies in Mathematics. 12 (May 1981): 235-264.
- Merrill, M. D. and Tennyson, R. D. 1977. Teaching Concepts: an Instructional Design Guide. New Jersey: Educational Technology Publication.
- Osborn, A. F. 1963. Creative Imagination. New York: Charles Scribner's Son.
- Post, T. R. 1992. Some note on the nature of mathematics learning. In Post, T. R. (ed.), Teaching Mathematics in Grades K – 8: Research Based Methods, 1-22. Massachusetts: Allyn & Bacon.
- Post, T. and Cramer, K. 1989. Knowledge, Representation and Quantitative Thinking. In M. Reynolds (ed.), Knowledge Base for the Beginning Teacher – Special Publication of the AACTE, 221-231. Oxford: Pergamon Press.
- Scott, W. A. and Wertheimer, M. 1962. Introduction to Psychological Research. United State of America: John Wiley & Sons.
- Sheffield, L. J. and Cruikshank, D. E. 2005. Teaching and learning Mathematics Pre-Kindergarten through Middle School. United State of America: John Wiley & Sons.
- Torrance, E. P. 1962. Guiding Creative Talent. New Delhi: Prentice-Hall, Inc.
- Torrance, E. P. 1973. Encouraging Creative in the Classroom. Iowa: Wm C. Brown company publisher.
- Wadlington, E., Bitner, J., Partridge, E. and Austin, S. 1992. Have a problems make the writing-mathematics connection! Arithmetic Teacher, 40 (December): 207-209.
- Wilson, J. W. 1971. Evaluation of learning in secondary school Mathematics. Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning, 645 - 670. New York: McGraw – Hill Book Company.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

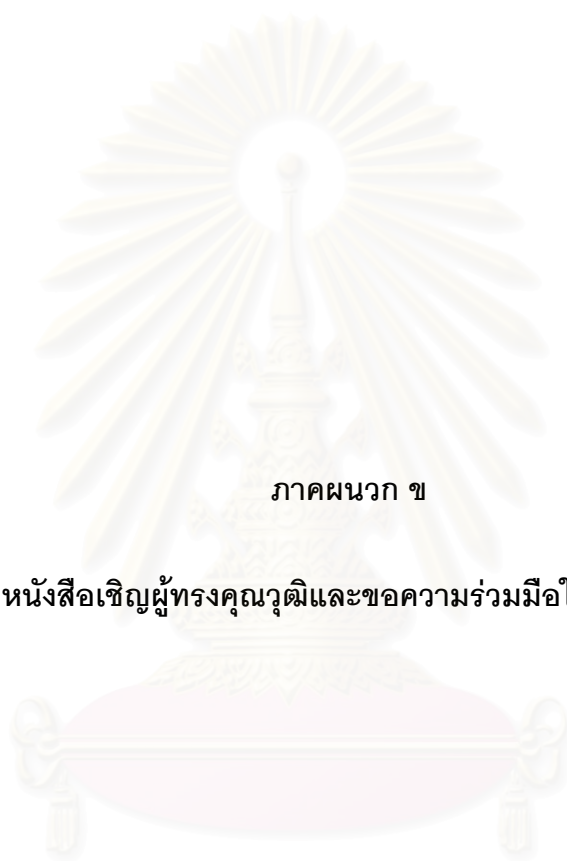
แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

1. รองศาสตราจารย์ศักดิ์ดา บุญยไวยโรจน์ อาจารย์ประจำสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ฝ่ายมัธยม
2. อาจารย์วัฒมิตา นำแสงวานิช อาจารย์ประจำสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ฝ่ายมัธยม
3. อาจารย์ถาวร วรพันธ์ อาจารย์ประจำสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
โรงเรียนขวาววิทยาคาร จังหวัดร้อยเอ็ด

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา เนาว์เย็นผล อาจารย์ประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
2. รองศาสตราจารย์ศักดิ์ดา บุญยไวยโรจน์ อาจารย์ประจำสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ฝ่ายมัธยม
3. อาจารย์พนิดา พิสิฐอมรชัย อาจารย์ประจำสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
โรงเรียนเทพศิรินทร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข

หนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิและขอความร่วมมือในการวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ หน่วยหลักสูตรและการสอนระดับบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาฯ โทร.82425

ที่ ศธ.0512.6(2770.0603)/1552

วันที่ 20 ธันวาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม และรองคณบดี

ด้วย นางสาวธีรนาถ ธงงาม นิสิตชั้นปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตร การสอนและ เทคโนโลยีการศึกษา สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขที่มีต่อมโนทัศน์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดร้อยเอ็ด” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญ รองศาสตราจารย์ศักดิ์ดา บุญยไวโรจน์ เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ รองศาสตราจารย์ศักดิ์ดา บุญยไวโรจน์ เป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป ขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

สถาบันวิทยบริการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณรุทธ์ สุทธจิตต์)

รองคณบดีด้านหลักสูตรและการสอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ หน่วยหลักสูตรและการสอนระดับบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาฯ โทร.82425
 ที่ ศธ.0512.6(2770.0603)/1553 วันที่ 20 ธันวาคม 2548
 เรื่อง ขอเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม และรองคณบดี

ด้วย นางสาวธีรนาถ ชงงาม นิสิตชั้นปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขที่มีค่อม โน้ตศันและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดร้อยเอ็ด” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญ อาจารย์วัฒนิตา นำแสงวานิช เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดอนุญาตให้ อาจารย์วัฒนิตา นำแสงวานิช เป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป ขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.นฤฤทธิ์ สุทธจิตต์)

รองคณบดีด้านหลักสูตรและการสอน

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่ ศธ 0512.6(2700.0603)/1555

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

20 ธันวาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ถาวร วรจันทร์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวธีรนาถ ชงงาม นิสิตชั้นปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยี การศึกษา สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัด กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขที่มีค่อม โนทส์และความคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดร้อยเอ็ด” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง เป็น อาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการ ต่อไป ขอคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณรุทธ์ สุทธจิตต์)

รองคณบดี

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยหลักสูตรและการสอนระดับบัณฑิตศึกษา

โทร. 0-2218-2425



ที่ ศธ 0512.6(2700.0603)/1551

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

20 ธันวาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรื่อง รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา เนาว์เย็นผล

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวธีรนาถ รงงาม นิสิตชั้นปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยี การศึกษา สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัด กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขที่มีต่อมโนทัศน์และความคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดร้อยเอ็ด” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคอง เป็น อาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์ ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการ ต่อไป ขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉรุทร์ สุทธิจิตต์)

รองคณบดี

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยหลักสูตรและการสอนระดับบัณฑิตศึกษา

โทร. 0-2218-2425



ที่ ศธ 0512.6(2700.0603)/1554

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

20 ธันวาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์พนิดา พิสิฐอมรชัย

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวธีรนาถ ธงงาม นิสิตชั้นปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยี การศึกษา สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัด กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขที่มีค่อมโนทัศน์และความคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดร้อยเอ็ด” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง เป็น อาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์ ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการ ค่ะไป ขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง)

รองคณบดี

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยหลักสูตรและการสอนระดับบัณฑิตศึกษา

โทร. 0-2218-2425



ที่ ศธ 0512.6(2700.0603)/1549

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

20 ธันวาคม 2548

เรื่อง ขออนุญาตทดลองใช้เครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการ โรงเรียนปทุมรัตน์พิทยาคม

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวธีรนาถ ธงงาม นิสิตชั้นปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยี การศึกษา สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขที่มีต่อมโนทัศน์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดร้อยเอ็ด” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องทดลองใช้เครื่องมือ คือ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นางสาวธีรนาถ ธงงาม ได้ทดลองใช้เครื่องมือดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป ขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร สุทธิจิตต์)

รองคณบดี

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยหลักสูตรและการสอนระดับบัณฑิตศึกษา

โทร. 0-2218-2425



ที่ ศธ 0512.6(2701)/1843

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

27 มกราคม 2549

เรื่อง ขออนุญาตทดลองใช้เครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้บริหารสถานศึกษา โรงเรียนสุวรรณภูมิพิทยาลัย

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวธีรนาถ ธงงาม นิสิตชั้นปริญญาโทบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยี การศึกษา สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัด กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขที่มีต่อมโนทัศน์และความคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดร้อยเอ็ด” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง เป็น อาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องทดลองใช้เครื่องมือ คือ แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทาง คณิตศาสตร์เรื่องการแปรผัน ตารางการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และแบบทดสอบวัด ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนการทดลองและฉบับหลังการทดลอง กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นางสาวธีรนาถ ธงงาม ได้ทดลองใช้ เครื่องมือดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป ขอคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณรุทธ์ สุทธจิตต์)

รองคณบดี

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยหลักสูตรและการสอนระดับบัณฑิตศึกษา

โทร. 0-2218-2425



ที่ ศธ 0512.6(2701)/1841

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

27 มกราคม 2549

เรื่อง ขออนุญาตทดลองใช้เครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้บริหารสถานศึกษา โรงเรียนธวัชบุรีวิทยาคม

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวธีรนาถ ธงงาม นิสิตชั้นปริญญาโทบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยี การศึกษา สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขที่มีต่อมโนทัศน์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดร้อยเอ็ด” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในกรณีนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องทดลองใช้เครื่องมือ คือ แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เรื่องการแปรผัน สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นางสาวธีรนาถ ธงงาม ได้ทดลองใช้เครื่องมือดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป ขอขอบคุณในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร สุทธิจิตต์)

รองคณบดี

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยหลักสูตรและการสอนระดับบัณฑิตศึกษา

โทร. 0-2218-2425



ที่ ศธ 0512.6(2700.0603)/1548

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

20 ธันวาคม 2548

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการ โรงเรียนขวาววิทยาลัย

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวธีรนาถ ธงงาม นิสิตชั้นปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยี การศึกษา สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัด กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแปลงของเลขที่มีต่อมโนทัศน์และความคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดร้อยเอ็ด” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง เป็น อาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลด้วยแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแปรผันที่ใช้โมเดลการ แปลงของเลข และแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแปรผันแบบปกติ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทั้งนี้ นิสิต ผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นางสาวธีรนาถ ธงงาม ได้ทำการเก็บข้อมูล วิจัยดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป ขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร สุทธิจิตต์)

รองคณบดี

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยหลักสูตรและการสอนระดับบัณฑิตศึกษา

โทร. 0-2218-2425



ภาคผนวก ค

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การแปรผัน

สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 1 ชม.

1. สาระการเรียนรู้

การแปรผัน

2. สาระการเรียนรู้ย่อย

การแปรผันตรง

3. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

นักเรียนสามารถ

3.1 บอกนิยามของการแปรผันตรงได้

3.2 เขียนสมการแสดงการแปรผัน เมื่อกำหนดสัญลักษณ์แทนการแปรผันให้

3.3 เขียนสัญลักษณ์แทนการแปรผัน เมื่อกำหนดสมการแสดงการแปรผันให้

4. สาระสำคัญ

สิ่งต่างๆ ที่อยู่ในโลกของเราไม่ว่าจะเป็น โต๊ะ เก้าอี้ เงิน ทอง อุณหภูมิ ความดันอากาศ กระแสไฟฟ้า อัตราเร็วในการเดินทาง ล้วนสามารถนับหรือวัดได้ออกมาในเชิงปริมาณดังตัวอย่างต่อไปนี้

- ในห้องนี้มีโต๊ะอยู่จำนวน 10 ตัว
- กระเป๋าราคาใบละ 100 บาท
- ห่อหนึ่งบรรจุขนมจำนวน 12 ซอง
- รถคันหนึ่งวิ่งด้วยอัตราเร็ว 78 กม./ชม.
- ขณะนี้มีอุณหภูมิ 25 °c

ในสถานการณ์จริง ปริมาณของสิ่งต่างๆ จะมากขึ้น น้อยลงอาจขึ้นอยู่กับปริมาณการเพิ่ม การลดของปริมาณอีกอย่างหนึ่งก็ได้ เช่น เมื่อนักเรียนไปซื้อขนมเยี้อห่อหนึ่ง ยิ่งนักเรียนซื้อหลายซอง นักเรียนก็จะยิ่งได้ขนมหลายชิ้นขึ้น

นอกจากนี้ยังมีสถานการณ์ความเกี่ยวข้องของปริมาณต่างๆ อีกหลายกรณี ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป เราเรียกความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ เมื่อปริมาณหนึ่งเพิ่มขึ้น หรือลดลง แล้วอีกปริมาณหนึ่งหรือหลายปริมาณก็มีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ว่า “การแปรผัน”

การแปรผันมีทั้งสิ้น 3 ชนิด ได้แก่ การแปรผันตรง การแปรผกผัน และ การแปรผันเกี่ยวเนื่อง ดังจะกล่าวรายละเอียดเนื้อหาต่อไปนี้

การแปรผันตรง (direct variation)

บทนิยาม

ให้ x และ y แทนปริมาณใด

y แปรผันตรงกับ x เมื่อ $y = kx$ โดยที่ k เป็นค่าคงตัว และ $k \neq 0$

หมายเหตุ เรียกสมการ $y = kx$ ว่า สมการแสดงการแปรผันของการแปรผันตรง

เรียก k ว่า ค่าคงตัวของการแปรผัน

y แปรผันตรงกับ x แทนด้วย $y \propto x$

เช่น มีผู้กล่าวว่า “ y แปรผันตรงกับ x โดยค่าคงตัวของการแปรผันเป็น 3”

เราสามารถเขียนสัญลักษณ์แทนคำกล่าวนั้นได้เป็น $y \propto x$ และ

เขียนสมการแทนคำกล่าวนั้นได้เป็น $y = 3x$

ตัวอย่างที่ 1 จงเขียนสมการของการแปรผันจากสิ่งที่กำหนดให้ต่อไปนี้

ก. $m \propto n$ เมื่อ 4 เป็นค่าคงตัวของการแปรผัน ตอบ $m = 4n$

ข. $s \propto t$ เมื่อ -2 เป็นค่าคงตัวของการแปรผัน ตอบ

ค. $m \propto c^2$ เมื่อ $\frac{3}{7}$ เป็นค่าคงตัวของการแปรผัน ตอบ

ง. $F \propto \frac{1}{d^2}$ เมื่อ 0.9 เป็นค่าคงตัวของการแปรผัน ตอบ

ตัวอย่างที่ 2 จงบอกความเกี่ยวข้องระหว่างตัวแปรสองตัวในสมการของการแปรผันที่กำหนดให้ต่อไปนี้

ก. $m = 3n$ ตอบ $m \propto n$ โดยมี 3 เป็นค่าคงตัวของการแปรผัน

ข. $s = 2u$ ตอบ

ค. $y = \frac{3}{4}x$ ตอบ

ง. $A = \pi r^2$ ตอบ

ตัวอย่างที่ 3 ถ้า y แปรผันตรงกับ x และ $y = 12$ เมื่อ $x = 3$ จงหาค่าคงตัวของการแปรผัน

วิธีทำ

กำหนดให้ $y \propto x$

จะได้ $y = kx$ เมื่อ k เป็นค่าคงตัวของการแปรผัน

แทน y ด้วย 12 และแทน x ด้วย 3 ในสมการ

$$\text{จะได้ } 12 = k \times 3$$

$$k = \frac{12}{3}$$

$$\text{หรือ } k = 4$$

ดังนั้นค่าคงตัวของการแปรผันคือ 4

ตอบ 4

ตัวอย่างที่ 4 ถ้า y แปรผันตรงกับ x และ $y = -12$ เมื่อ $x = 3$ จงหาค่าคงตัวของการแปรผัน และ

หาว่า ถ้า $x = 10$ แล้ว y จะมีค่าเท่ากับเท่าใด

วิธีทำ

กำหนดให้ $y \propto x$

จะได้ $y = kx$ เมื่อ k เป็นค่าคงตัวของการแปรผัน

แทน y ด้วย -12 และแทน x ด้วย 3 ในสมการ

$$\text{จะได้ } -12 = k \times 3$$

$$k = -\frac{12}{3}$$

$$\text{หรือ } k = -4$$

ดังนั้นค่าคงตัวของการแปรผันคือ -4

จะได้สมการแสดงการแปรผัน คือ $y = -4x$

แทนค่า $x = 10$ จะได้ $y = (-4)(10)$

$$y = -40$$

ตอบ $y = -40$ เมื่อ $x = 10$

ตัวอย่างที่ 5 จงพิจารณาทารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมัน และจำนวนเงินที่ต้องจ่าย ดังต่อไปนี้

ปริมาณน้ำมัน (ลิตร)	จำนวนเงินที่จ่าย (บาท)
0	0
1	18
2	36
3	54
4	72
5	90
⋮	⋮
⋮	⋮

พิจารณาด้วยว่า ถ้าต้องจ่ายเงิน 180 บาท แล้วจะได้น้ำมันกี่ลิตร ในทางกลับกัน ถ้าได้น้ำมัน 15 ลิตร แล้วต้องจ่ายเงินกี่บาท

วิธีทำ

จากโจทย์ ให้ x แทนปริมาณน้ำมัน (หน่วยเป็นลิตร)

y แทนจำนวนเงินที่ต้องจ่าย (หน่วยเป็นบาท)

จากการสังเกตแบบรูปในตารางสามารถเขียนความสัมพันธ์ y กับ x ได้เป็น

$$y = 18x \dots\dots\dots[*]$$

แสดงว่า $y \propto x$ โดยค่าคงตัวของการแปรผัน คือ 18

การนำไปแก้ปัญหา

ถ้าจ่ายเงิน 180 บาท

จากสมการ **[*]** จะได้ $180 = 18x$

หรือ $x = \frac{180}{18}$

หรือ $x = 10$

ตอบ จะได้น้ำมัน 10 ลิตร

ถ้าได้น้ำมัน 15 ลิตร

จากสมการ **[*]** จะได้ $y = 18 \times 15$

หรือ $y = 270$

ตอบ จะต้องจ่ายเงิน 270 บาท

x เพิ่มขึ้น y เพิ่มขึ้นตาม

หมายเหตุ

ค่าคงตัวของการแปรผันอาจเป็นจำนวนจริงบวก หรือจำนวนจริงลบก็ได้ แต่ส่วนใหญ่แล้วปริมาณในชีวิตประจำวันของคนเราที่แปรผันต่อกันนั้น “มักมีค่าคงตัวของการแปรผันเป็นจำนวนจริงบวก”

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ

ครูทบทวนความรู้เรื่องการเขียนสมการแทนแบบรูป และการแก้สมการเชิงเส้นสองตัวแปร

ขั้นสอน

กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
<p>เมื่อครูเห็นว่านักเรียนมีความรู้พื้นฐานในการเขียนสมการแทนแบบรูป และการแก้สมการเชิงเส้นสองตัวแปรแล้ว ครูจะให้นักเรียนได้ทำกิจกรรม “นับถูกับลูกหิน” ก่อนที่จะเรียนรู้เนื้อหาเรื่องการแปรผันตรง เพื่อให้นักเรียนได้แสดงความรู้ทั้ง 5 แบบตามโมเดลการแปลงของเลขตามลำดับต่อไปนี้</p> <p>1. การใช้สื่อรูปธรรม ครูให้นักเรียนนั่งเป็นกลุ่มกลุ่มละ 3-5 คน เพื่อให้ทุกคนได้ใช้สื่อการเรียนการสอนจริง(ถู 4 ใบ/กลุ่มและลูกหิน 12 ลูก/กลุ่ม)แล้วให้นักเรียนบรรจุลูกหินลงถูจำนวน 3 ลูก/ถู</p> <p>2. การใช้รูปภาพ เมื่อนักเรียนบรรจุลูกหินตามข้อ 1. เรียบร้อยแล้ว ครูให้นักเรียนวาดภาพถูบรรจุลูกหินเมื่อบรรจุเสร็จแล้ว 1, 2, 3 และ 4 ถู ตามลำดับ แล้วนับจำนวนถูกับจำนวนลูกอมในถู พร้อมบันทึกจำนวนดังกล่าวลงตารางในใบกิจกรรม</p>	<p>เมื่อครูเห็นว่านักเรียนมีความรู้พื้นฐานในการเขียนสมการแทนแบบรูปและการแก้สมการเชิงเส้นสองตัวแปรแล้ว และก่อนที่จะเรียนรู้เนื้อหาเรื่องการแปรผันตรง ครูจะสาธิตให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของปริมาณสองปริมาณคือ จำนวนถูกับลูกหินซึ่งแปรผันตรงต่อกัน ดังลำดับขั้นต่อไปนี้</p> <p>1. ครูหยิบถูที่บรรจุลูกหิน 3 ลูก ถูที่ 1 ขึ้นมาแล้วถามนักเรียนว่ามีถูทั้งหมดกี่ถู และลูกหินทั้งหมดกี่ลูก (ถู 1 ใบ ลูกหิน 3 ลูก)</p> <p>2. ครูหยิบถูที่บรรจุลูกหิน 3 ลูก ถูที่ 2 ขึ้นมาแล้วถามนักเรียนอีกว่ามีถูทั้งหมดกี่ถู และลูกหินทั้งหมดกี่ลูก(ถู 2 ใบ ลูกหิน 6 ลูก)</p> <p>3. ครูหยิบถูที่บรรจุลูกหิน</p>

กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
<p>3. การใช้ภาษาเขียน จากภาพที่วาดในข้อ 2. ครูให้นักเรียนเขียนสมการที่ข้างขวาของสมการเป็นจำนวนลูกหินต่อถุงคูณกับจำนวนถุง และข้างซ้ายของสมการเป็นจำนวนลูกหินทั้งหมด เมื่อนักเรียนเขียนครบทั้ง 4 สมการแล้ว ครูกล่าว ว่าถ้าเรากำหนดให้จำนวนถุงเป็น x ถุง และจำนวนลูกหินทั้งหมดเป็น y ลูก แล้วจะสามารถเขียนได้เป็นสมการ $y = 3x$ แล้วครูให้นักเรียนเติมสมการนี้ลงในช่องสมการที่มีตัวแปร x และ y ของตารางในใบกิจกรรม “นับถุงกับลูกหิน”</p> <p>4. การใช้ภาษาพูด ครูถามนักเรียนว่า ถ้าต้องการบรรจุลูกหินลงถุงจำนวน 5 ถุง จะต้องใช้ลูกหินกี่ลูก (15 ลูก) แล้วสุ่มนักเรียนคนหนึ่งให้ตอบ</p> <p>ครูถามต่อไปว่า ถ้าต้องการบรรจุหลายถุงขึ้นเรื่อยๆ แล้วจำนวนลูกหินที่ต้องใช้มากขึ้นหรือน้อยลง (เมื่อจำนวนถุงยิ่งมากขึ้น เราจะยิ่งต้องใช้ลูกหินจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ โดยถ้าถุงเพิ่มขึ้น 1 ถุง จะมีลูกหินเพิ่มขึ้น 3 ลูก)</p> <p>5. การใช้สถานการณ์จริง ครูให้นักเรียน ยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตจริงที่สอดคล้องกับการทำกิจกรรมกลุ่มละ 1 สถานการณ์ (เช่น ช็อคโกแลต 1 กล่องมี 2 ชิ้น ถ้าเราซื้อ 2 กล่องก็มี 4 ชิ้น ถ้าเราซื้อ 3 กล่อง ก็มี 6 ชิ้น)</p> <p>เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรม “นับถุงกับลูกหิน” แล้ว ครูจึงเริ่มสอนเนื้อหา “การแปรผันตรง”</p> <p>6. ครูกล่าวว่า กิจกรรมที่นักเรียนได้ทำเมื่อสักครู่นั้นเป็นเรื่องความสัมพันธ์ของสองปริมาณ คือ จำนวนถุง กับจำนวนลูกหิน ซึ่งใน</p>	<p>3. ลูก ถุงที่ 3 ขึ้นมาแล้วถามนักเรียนว่ามีถุงทั้งหมดกี่ถุง และลูกหินทั้งหมดกี่ลูก (ถุง 3 ใบ ลูกหิน 9 ลูก)</p> <p>4. ครูหยิบถุงที่บรรจุลูกหิน 3 ลูก ถุงที่ 4 ขึ้นมาแล้วถามนักเรียนว่ามีถุงทั้งหมดกี่ถุง และลูกหินทั้งหมดกี่ลูก (ถุง 4 ใบ ลูกหิน 12 ลูก)</p> <p>5. ครูถามว่า ถ้าเรากำหนดให้จำนวนถุงเป็น x ถุง และจำนวนลูกหินทั้งหมดเป็น y แล้วนักเรียนจะเขียนสมการที่มี y และ x ได้อย่างไร โดยครูให้นักเรียนอาสามาเขียนสมการที่แสดงความสัมพันธ์ของ y กับ x บนกระดาน ($y = 3x$)</p> <p>6. ครูให้นักเรียนลองยกตัวอย่างปริมาณสองปริมาณที่มีความสัมพันธ์คล้ายๆ กับจำนวนถุงกับลูกอมที่ครูสาธิตให้นักเรียนเห็นข้างต้น</p> <p>7. ครูกล่าว มีปริมาณของสิ่งต่างๆ มากมายที่จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของสิ่งอื่นๆ นั่นคือปริมาณต่างๆ มีความเกี่ยวข้องกัน เช่น เมื่อนักเรียนไปซื้อขนมเย็บห่อหนึ่งหลายซองขึ้น ก็ยังได้ขนมหลายชิ้นขึ้นด้วย เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสถานการณ์ความเกี่ยวข้องของปริมาณต่างๆ อีกหลายกรณี ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป เราเรียกความเกี่ยวข้องของนั้นว่า “การแปรผัน” โดยการแปรผันมีทั้งสิ้น 3 ชนิด ได้แก่ การแปรผันตรง</p>

กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
<p>โลกของเรามีปริมาณของสิ่งต่างๆ มากมายที่จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของสิ่งอื่นๆ เช่น เมื่อนักเรียนไปซื้อขนมยี่ห้อหนึ่งหลายซองขึ้น ก็ยิ่งได้ขนมหลายชิ้นขึ้นด้วย เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสถานการณ์ความเกี่ยวข้องของปริมาณต่างๆ อีกหลายกรณี ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป เราเรียกความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ เมื่อปริมาณหนึ่งเพิ่มขึ้น หรือลดลง แล้วอีกปริมาณหนึ่งหรือหลายปริมาณก็มีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยว่า “การแปรผัน” โดยการแปรผันมีทั้งสิ้น 3 ชนิด ได้แก่ การแปรผันตรง การแปรผกผัน และ การแปรผันเกี่ยวเนื่อง แต่ใน 5 ชั่วโมงแรกนี้เราจะเรียนเรื่องการแปรผันตรง</p> <p>7. ครูเขียนบทนิยามการแปรผันตรง และหมายเหตุนกกระดาน แล้วอธิบายว่า “ถ้าเราให้ปริมาณหนึ่งเป็น x และให้อีกปริมาณหนึ่งเป็น y เราจะกล่าวว่า ปริมาณ y แปรผันตรงกับ x เมื่อเขียนความสัมพันธ์ระหว่าง y กับ x ได้เป็น $y = kx$ โดยที่ k เป็นค่าคงตัว และ $k \neq 0$ ซึ่ง เรียกสมการนี้ว่า สมการแสดงการแปรผันของการแปรผันตรง เรียก k ว่า ค่าคงตัวของการแปรผัน และเขียนสัญลักษณ์แทนได้เป็น $y \propto x$</p> <p>8. ครูใช้การถามตอบกับนักเรียนในการทำตัวอย่างที่ 1, 2 แล้วให้นักเรียนทำใบงาน “บอกได้ไหม 1” เพื่อให้นักเรียนฝึกการเขียนสมการแสดงการแปรผัน และสัญลักษณ์แทนการแปรผันเมื่อนักเรียนทำเสร็จแล้วครูเฉลยบนกระดาน</p> <p>9. ครูกล่าวว่า ต่อไปนี้จะเป็นตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับการแปรผันตรงซึ่งมีทั้งโจทย์ และ โจทย์ปัญหาดังตัวอย่างที่ 3, 4 และ 5 แล้วครู</p>	<p>การแปรผกผัน และ การแปรผันเกี่ยวเนื่อง แต่ใน 5 ชั่วโมงแรกนี้เราจะเรียนเรื่องการแปรผันตรง</p> <p>8. ครูเขียนบทนิยามการแปรผันตรง และหมายเหตุนกกระดาน แล้วอธิบายว่า “ถ้าเราให้ปริมาณหนึ่งเป็น x และให้อีกปริมาณหนึ่งเป็น y เราจะกล่าวว่า ปริมาณ y แปรผันตรงกับ x เมื่อเขียน ความสัมพันธ์ ระหว่าง y กับ x ได้เป็น $y = kx$ โดยที่ k เป็นค่าคงตัว และ $k \neq 0$ ซึ่ง เรียกสมการนี้ว่า สมการแสดงการแปรผันของการแปรผันตรง เรียก k ว่า ค่าคงตัวของการแปรผัน และเขียนสัญลักษณ์แทนได้เป็น $y \propto x$</p> <p>9. ครูใช้การถามตอบกับนักเรียนในการทำตัวอย่างที่ 1, 2 แล้วให้นักเรียนทำใบงาน “บอกได้ไหม 1” เพื่อให้นักเรียนฝึกการเขียนสมการแสดงการแปรผัน และสัญลักษณ์แทนการแปรผัน เมื่อนักเรียนทำเสร็จแล้วครูเฉลยบนกระดาน</p> <p>10. ครูกล่าวว่า ต่อไปนี้จะเป็นตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับการแปรผันตรงซึ่งมีทั้งโจทย์ และ โจทย์ปัญหาดังตัวอย่างที่ 3, 4 และ 5 แล้วครูแสดงตัวอย่างที่ 3 ให้นักเรียนดู แล้วใช้การถามตอบกับนักเรียนในการทำตัวอย่างที่ 4 และ 5</p> <p>11. ครูชี้ให้นักเรียนสังเกตค่า</p>

กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
<p>แสดงตัวอย่างที่ 3 ให้นักเรียนดู แล้วใช้การถามตอบกับนักเรียนในการทำตัวอย่างที่ 4 และ 5</p> <p>10. ครูชี้ให้นักเรียนสังเกตค่าคงตัวของ การแปรผันในตัวอย่างทั้งห้าข้อว่าอาจเป็น จำนวนจริงบวก หรือจำนวนจริงลบก็ได้ แต่ส่วนใหญ่แล้วปริมาณในชีวิตประจำวันของคนเราที่แปรผันต่อกันนั้น “มักมีค่าคงตัวของ การแปรผันเป็นจำนวนจริงบวก” แล้วครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย จนทราบว่า กรณีที่ค่าคงตัวของ การแปรผันเป็นบวกและ $x \geq 0$ จะได้ว่า ถ้า x เพิ่มขึ้น แล้ว y จะเพิ่มขึ้นด้วย</p> <p>11. ครูถามนักเรียนว่า กรณีที่ค่าคงตัวของ การแปรผันเป็นลบ และ $x \geq 0$ ค่า y จะเพิ่มหรือลดลง เมื่อ x เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (y จะลดลงเรื่อยๆ) แล้วกล่าวว่านักเรียนจะได้พบโจทย์ปัญหาในชั่วโมงที่ 2</p> <p>12. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 1 เพื่อให้นักเรียนเกิดความคล่องแคล่วในการเขียนสมการแทนการแปรผัน และสัญลักษณ์แทนการแปรผัน และแก้โจทย์ปัญหาการแปรผันอย่างง่ายได้ เมื่อนักเรียนทำเสร็จแล้วครูเฉลยบนกระดาน</p>	<p>คงตัวของ การแปรผันในตัวอย่างทั้งห้าข้อว่าอาจเป็นจำนวนจริงบวก หรือจำนวนจริงลบก็ได้ แต่ส่วนใหญ่แล้วปริมาณในชีวิตประจำวันของคนเราที่แปรผันต่อกันนั้น “มักมีค่าคงตัวของ การแปรผันเป็นจำนวนจริงบวก” แล้วครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย จนทราบว่า กรณีที่ค่าคงตัวของ การแปรผันเป็นบวก และ $x \geq 0$ จะได้ว่า ถ้า x เพิ่มขึ้น แล้ว y จะเพิ่มขึ้นด้วย</p> <p>12. ครูถามนักเรียนว่า กรณีที่ค่าคงตัวของ การแปรผันเป็นลบ และ $x \geq 0$ ค่า y จะเพิ่มหรือลดลง เมื่อ x เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (y จะลดลงเรื่อยๆ) แล้วกล่าวว่านักเรียนจะได้พบโจทย์ปัญหาในชั่วโมงที่ 2</p> <p>13. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 1 เพื่อให้นักเรียนเกิดความคล่องแคล่วในการเขียนสมการแทนการแปรผัน และสัญลักษณ์แทนการแปรผัน และแก้โจทย์ปัญหาการแปรผันอย่างง่ายได้ เมื่อนักเรียนทำเสร็จแล้วครูเฉลยบนกระดาน</p>

ขั้นสรุป

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปบทนิยามของการแปรผันตรง

6. สื่อการเรียนรู้

- 6.1. ใบกิจกรรม “นับดูกับลูกหิน”
- 6.2. ใบงาน “บอกได้ไหม 1”
- 6.3. แบบฝึกหัดที่ 1

- 6.4. ถูงพลาสติกจำนวน 40 ถูง(ให้นักเรียนห้องทดลองกลุ่มละ 4 ถูง)
- 6.5. ลูกหินจำนวน 120 ลูก (ให้นักเรียนห้องทดลองกลุ่มละ 12 ลูก)

7. การวัด และประเมินผล

- 7.1. สังเกตจากการถามตอบในชั้นเรียน
- 7.2. สังเกตจากการเขียน พูด มีส่วนร่วมในชั้นเรียน และการทำงาน“บอกได้ไหม1” และ “แบบฝึกหัดชั่วโมงที่ 1”

8. บันทึกหลังการสอน

.....

.....

.....



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ใบกิจกรรม “นับถูกับลูกหิน”

ให้นักเรียนทำกิจกรรม“นับถูกับลูกหิน” ตามขั้นตอนที่ครูบอก แล้วเติมข้อมูลลงในตารางนี้

จำนวนถูก ทั้งหมด(x ถูก)	จำนวนลูกหิน ทั้งหมด(y ลูก)	รูปภาพ	สมการ	สมการที่มี ตัวแปร x และ y
1				
2				
3				
4				

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ใบงาน “บอกได้ไหม1”

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. จากสิ่งที่กำหนดให้ต่อไปนี้ จงเขียนสมการแสดงการแปรผัน

1) $y \propto x$ และ 4 เป็นค่าคงตัวของการแปรผัน

.....

2) $u \propto v$ และ $\frac{1}{3}$ เป็นค่าคงตัวของการแปรผัน

.....

3) $s \propto t$ และ 0.7 เป็นค่าคงตัวของการแปรผัน

.....

2. จากสมการแสดงการแปรผันที่กำหนดให้ต่อไปนี้ จงบอกความเกี่ยวข้องระหว่างตัวแปร และค่าคงตัวของการแปรผัน

1) $x = \frac{1}{3}y$

2) $f = -x$

3) $u = -0.5v$

4) $s = vt$ โดยที่ t เป็นค่าคงตัวและ $t \neq 0$

5) $u = -v$

แบบฝึกหัดที่ 1

1. จากสิ่งที่กำหนดให้ต่อไปนี้ จงเขียนสมการแสดงการแปรผันโดยใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดไว้ในแต่ละข้อ

1) ระยะทางที่รถยนต์คันหนึ่งแล่นได้ s (กิโลเมตร) เมื่อใช้อัตราเร็วคงที่ แปรผันตรงกับเวลาในการเดินทาง t (ชั่วโมง) และค่าคงตัวของการแปรผัน คือ 60.....

2) ค่าขนถ่ายสินค้า P (บาท) แปรผันตรงกับระยะทางที่ขนถ่ายสินค้า d (กิโลเมตร) และค่าคงตัวของการแปรผันคือ 10.....

3) ดอกเบี้ยจากเงินกู้ I (บาท) แปรผันตรงกับจำนวนเงินที่ให้กู้ P (บาท) และค่าคงตัวของการแปรผันคือ 0.15.....

- 4) ปริมาณเกลือแกงที่ละลาย s (กรัม) แปรผันตรงกับอุณหภูมิ t (องศาเซลเซียส) และค่าคงตัวของการแปรผันคือ 0.5.....
- 5) พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส A (ตารางหน่วย) แปรผันตรงกับกำลังสองของความยาวของเส้นทแยงมุม d (หน่วย) และค่าคงตัวของการแปรผันคือ $\frac{1}{2}$
- 6) พื้นที่ผิวของทรงกลม A (ตารางหน่วย) แปรผันตรงกับกำลังสองของความยาวของรัศมีทรงกลม r (หน่วย) และค่าคงตัวของการแปรผันคือ 4π

2. สมการต่อไปนี้แสดงการแปรผันตรง จงบอกว่าคุณสมบัติใดแปรผันตรงกับปริมาณใด พร้อมทั้งบอกค่าคงตัวของการแปรผันนั้น

- 1) $A = \pi r^2$
- 2) $e = 0.05m$
- 3) $T = \frac{2\pi}{w}$
- 4) $P = \frac{3q}{2}$
- 5) $V = PT$ เมื่อ T เป็นค่าคงตัว และ $T \neq 0$

3. ถ้า y แปรผันตรงกับ x และ $y = 6$ เมื่อ $x = 3$

- จงหาค่าคงตัวของการแปรผัน.....
- 1) y มีค่าเท่าใด เมื่อ $x = 11$
 - 2) ถ้า x เป็น 3 เท่าของปริมาณเดิม y จะเป็นกี่เท่าของปริมาณเดิม.....
 - 3) ถ้า x เพิ่มขึ้น 50% y จะเพิ่มขึ้นหรือ ลดลงกี่เปอร์เซ็นต์.....

4. ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นบนลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านในช่วงเวลาหนึ่ง แปรผันตรงกับความต้านทานของลวดตัวนำ ลวดตัวนำที่มีความต้านทาน 10 โอห์ม จะมีปริมาณความร้อน 1,536 แคลอรี เกิดขึ้นบนเส้นลวด จงหาว่าถ้าผ่านกระแสไฟฟ้าไปบนเส้นลวดที่มีความต้านทาน 15 โอห์ม จะมีปริมาณความร้อนเกิดขึ้นบนเส้นลวดเท่าใด

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7
เรื่อง การแปรผัน

สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 1ชม.

1. สาระการเรียนรู้

การแปรผัน

2. สาระการเรียนรู้ย่อย

การแปรผกผัน

(การตรวจสอบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสองปริมาณเป็นการแปรผกผันหรือไม่)

3. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

นักเรียนสามารถ

3.1 ตรวจสอบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสองปริมาณเป็นการแปรผกผันหรือไม่

4. สาระสำคัญ

การตรวจสอบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสองปริมาณเป็นการแปรผกผันหรือไม่

นักเรียนเคยทราบมาแล้วว่า การตรวจสอบการแปรผันตรงนั้น ทำได้โดยพิจารณาจากค่าของ $\frac{y}{x}$ สำหรับทุกคู่ของ x และ y ที่ $x \neq 0$ ว่าเป็นค่าคงตัวเดียวกันหรือไม่ นั้น ในเรื่องของการแปรผกผันก็มีวิธีการตรวจสอบการแปรผกผันด้วยเช่นกัน ดังหลักการต่อไปนี้

$xy = k$ เมื่อ xy เป็นค่าคงตัวเดียวกันที่ไม่เท่ากับศูนย์ สำหรับทุกคู่ของ x และ y

ดังนั้น ในการพิจารณาว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง x และ y ที่กำหนดให้ มีความสัมพันธ์กันแบบการแปรผกผันหรือไม่ อาจพิจารณาว่า ผลคูณของปริมาณทั้งสองนั้น เป็นค่าคงตัวเดียวกันหรือไม่เท่ากับศูนย์ สำหรับทุกคู่ของ x และ y หรือไม่

ถ้าเป็นค่าคงตัวเดียวกันที่ไม่เท่ากับศูนย์ แล้วความสัมพันธ์ระหว่างสองปริมาณนั้น “เป็นการแปรผกผัน” ที่มีค่าคงตัวดังกล่าวเป็นค่าคงตัวของ การแปรผัน

ถ้ามี x และ y บางคู่ที่ทำให้ผลคูณต่างจากผลคูณของ x และ y คู่อื่นๆ แล้วความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณนั้น “ไม่เป็นการแปรผกผัน”

ตัวอย่างที่ 1 ให้นักเรียนพิจารณาแบบรูปต่อไปนี้ แล้วตรวจสอบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณสองปริมาณเป็นการแปรผกผันหรือไม่ เพราะเหตุใด

1)

x	1	2	3	4
y	12	6	4	3

ตอบ จะได้ว่า

$$1 \times 12 = 12$$

$$2 \times 6 = 12$$

$$3 \times 4 = 12$$

$$4 \times 3 = 12$$

เนื่องจาก xy ทุกคู่ มีค่าเป็น 12

ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่าง x และ y เป็นการแปรผกผัน

2)

A	1	2	3	4	5
B	-3	-6	-9	-12	-15

ตอบ ความสัมพันธ์ระหว่าง A และ B ไม่เป็นการแปรผกผัน เพราะมี

$$1 \times (-3) = -3$$

$$2 \times (-6) = -12$$

$$3 \times (-9) = -27$$

$$4 \times (-12) = -48$$

$$5 \times (-15) = -75$$

ซึ่ง $-3, -12, -27, -48$ และ -75 มีค่าไม่เท่ากัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3)

☺	1	2	3	4	5
♠	3	$\frac{3}{2}$	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{5}$

ตอบ จะได้ว่า

$$1 \times 3 = 3$$

$$2 \times \frac{3}{2} = 3$$

$$3 \times 1 = 3$$

$$4 \times \frac{3}{4} = 3$$

$$5 \times \frac{3}{5} = 3$$

เนื่องจาก ☺x♠ ทุกคู่ มีค่าเป็น 3

ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่าง ☺ และ ♠ เป็นการแปรผกผัน

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างการแปรผกผันของปริมาณที่นักเรียนพบได้ในชีวิตประจำวัน

ตัวอย่างที่ 2 ให้นักเรียนพิจารณาว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเฉลี่ยและเวลาที่ใช้ในการเดินทางของรถยนต์คันหนึ่งที่วิ่งเป็นระยะทาง 240 กิโลเมตร เป็นการแปรผันตรงหรือ การแปรผกผัน พร้อมเขียนสมการการแปรผันและระบุค่าคงตัวของการแปรผันด้วย

ให้ v แทน อัตราเร็วเฉลี่ยของรถยนต์เป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง

t แทน เวลาที่ใช้ในการเดินทางเป็นชั่วโมงในระยะเวลาทาง 240 กิโลเมตร

v	t	$\frac{t}{v}$	$v \times t$
40	6	$\frac{3}{20}$	240
60	4	$\frac{1}{15}$	240
80	3	$\frac{3}{80}$	240
100	$\frac{12}{5}$	$\frac{3}{125}$	240
120	2	$\frac{1}{60}$	240

จากตารางจะเห็นว่า เมื่ออัตราเร็วเฉลี่ย v ของรถยนต์เพิ่มขึ้น
เวลา t ที่ใช้ในการเดินทางจะลดลงในอัตราที่ไม่คงตัว

เมื่อพิจารณา $\frac{t}{v}$ หรือ ผลหารของเวลาที่ใช้เดินทางกับอัตราเร็วเฉลี่ยของรถยนต์ จะพบว่า

ค่า $\frac{t}{v}$ สำหรับ v และ t แต่ละคู่ที่หาได้ไม่เท่ากัน

ดังนั้น t ไม่แปรผันตรงกับ v

แต่เมื่อพิจารณาค่า $v \times t$ หรือผลคูณของอัตราเร็วเฉลี่ยของรถยนต์กับเวลาที่ใช้ในการเดินทาง จากข้อมูลในตารางจะเห็นว่า

$v \times t$ เป็นค่าคงตัวเท่ากับ 240 สำหรับทุกคู่ของ v และ t

นั่นคือ ความสัมพันธ์ระหว่าง v และ t เขียนแสดงได้ด้วยสมการ $vt = 240$ หรือ

$$t = 240 \times \frac{1}{v}$$

จากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเฉลี่ย และเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ซึ่งแสดงด้วยสมการ

$$vt = 240 \text{ หรือ } t = 240 \times \frac{1}{v} \text{ ข้างต้น}$$

จะได้ว่า t แปรผกผันกับ v โดยมีสมการแสดงการแปรผันเป็น $t = 240 \times \frac{1}{v}$ และมีค่าคง

ตัวของการแปรผันเป็น 240

ในการทำงานเกี่ยวกับตัวอย่างที่ 2 ให้นักเรียนลองพิจารณาตัวอย่างที่ 3 ต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 3 ให้นักเรียนพิจารณาว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ x และปริมาณ y ที่เป็นแบบรูป
ดังในตารางต่อไปนี้ เป็นการแปรผันตรง หรือ การแปรผกผัน พร้อมเขียนสมการการ
แปรผันและระบุค่าคงตัวของการแปรผันด้วย

x	y	$\frac{y}{x}$	$x \times y$
1	-12	-12	-12
2	-6	-3	-12
3	-4	$-\frac{4}{3}$	-12
4	-3	$-\frac{3}{4}$	-12

จากตารางจะเห็นว่า $\frac{y}{x}$ หรือผลหารของ y กับ x แต่ละคู่ จะได้ว่า $\frac{y}{x}$ ไม่เป็นค่าคงตัว

เดียวกันสำหรับทุกคู่ของ x และ y

ดังนั้น y ไม่แปรผันตรงกับ x

เมื่อพิจารณาค่า $x \times y$ หรือผลคูณของ y กับ x แต่ละคู่ จากตาราง

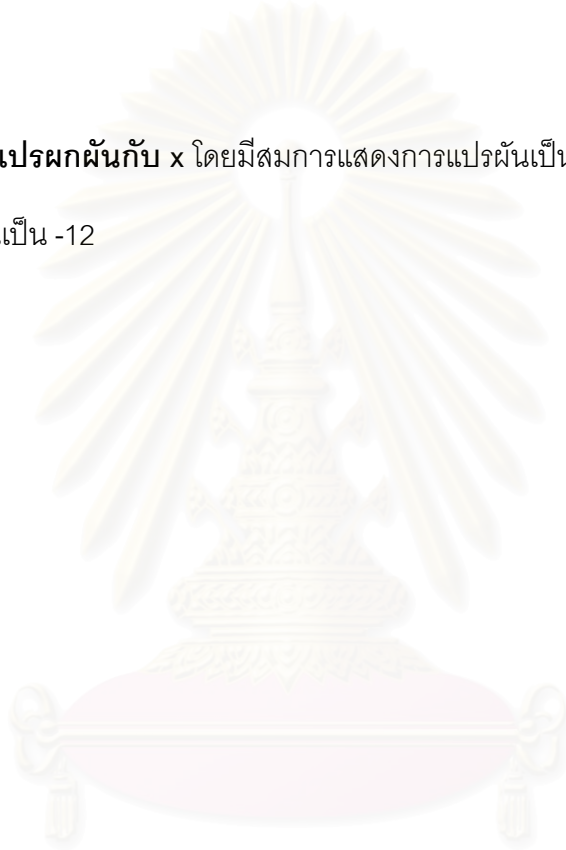
จะเห็นว่า $x \times y$ เป็นค่าคงตัวเท่ากับ -12 สำหรับทุกคู่ของ x และ y

นั่นคือ ความสัมพันธ์ระหว่าง x และ y เขียนแสดงได้ด้วยสมการ $xy = -12$ หรือ

$$y = -12 \times \frac{1}{x}$$

ดังนั้น y แปรผกผันกับ x โดยมีสมการแสดงการแปรผันเป็น $y = -12 \times \frac{1}{x}$ และมีค่าคง

ตัวของการแปรผันเป็น -12



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ

ครูทบทวนการตรวจสอบการแปรผันตรงที่นักเรียนได้เรียนในชั่วโมงที่ 4 แล้วกล่าวด้วยว่า สำหรับเรื่องการแปรผกผันนี้มีวิธีทดสอบเช่นกัน

ขั้นสอน

กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
<p>1. ครูอธิบายว่าการตรวจสอบการแปรผกใช้หลักการที่ว่า $y \propto \frac{1}{x}$ เมื่อ xy เป็นค่าคงตัวตัวเดียวกันที่ไม่เท่ากับศูนย์ สำหรับทุกคู่ของ x และ y ดังนั้น ในการพิจารณาว่าความสัมพันธ์ระหว่าง x และ y ที่กำหนดให้ มีความสัมพันธ์กันแบบการแปรผกผันหรือไม่ อาจพิจารณาว่า ผลคูณของปริมาณทั้งสองนั้นเป็นค่าคงตัวตัวเดียวกันที่ไม่เท่ากับศูนย์ สำหรับทุกคู่ของ x และ y หรือไม่ ถ้าเป็นค่าคงตัวเดียวกันที่ไม่เท่ากับศูนย์ แล้วความสัมพันธ์ระหว่างสองปริมาณนั้น “เป็นการแปรผกผัน” ที่มีค่าคงตัวดังกล่าวเป็นค่าคงตัวของการแปรผันถ้ามี x และ y บางคู่ที่ทำให้ผลคูณต่างจากผลคูณของ x และ y คู่อื่นๆ แล้วความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณนั้น “ไม่เป็นการแปรผกผัน”</p> <p>2. ครูยกตัวอย่างที่ 1 ข้อย่อยที่ 1) ให้นักเรียนพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณ y กับ x ว่า y แปรผกผันกับ x หรือไม่ เพราะเหตุผลใด ($1 \times 12 = 12, 2 \times 6 = 12, 3 \times 4 = 12, 4 \times 3 = 12$ เนื่องจาก xy ทุกคู่ มีค่าเป็น 12 ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่าง x และ y เป็นการแปรผกผัน)</p> <p>3. ครูใช้การถามตอบกับนักเรียนในการทำตัวอย่างที่ 1 ข้อย่อยที่ 2) และ 3) แล้วให้นักเรียนทำใบงาน “เขียนได้ใหม่ 2” ข้อที่ 1</p>	<p>1. ครูอธิบายว่าการตรวจสอบการแปรผกใช้หลักการที่ว่า $y \propto \frac{1}{x}$ เมื่อ xy เป็นค่าคงตัวตัวเดียวกันที่ไม่เท่ากับศูนย์ สำหรับทุกคู่ของ x และ y ดังนั้น ในการพิจารณาว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง x และ y ที่กำหนดให้ มีความสัมพันธ์กันแบบการแปรผกผันหรือไม่ อาจพิจารณาว่า ผลคูณของปริมาณทั้งสองนั้นเป็นค่าคงตัวตัวเดียวกันที่ไม่เท่ากับศูนย์ สำหรับทุกคู่ของ x และ y หรือไม่ ถ้าเป็นค่าคงตัวเดียวกันที่ไม่เท่ากับศูนย์ แล้วความสัมพันธ์ระหว่างสองปริมาณนั้น “เป็นการแปรผกผัน” ที่มีค่าคงตัวดังกล่าวเป็นค่าคงตัวของการแปรผันถ้ามี x และ y บางคู่ที่ทำให้ผลคูณต่างจากผลคูณของ x และ y คู่อื่นๆ แล้วความสัมพันธ์ระหว่างสองปริมาณนั้น “ไม่เป็นการแปรผกผัน”</p> <p>2. ครูยกตัวอย่างที่ 1 ข้อย่อยที่ 1) ให้นักเรียนพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณ y กับ x ว่า y แปรผกผันกับ x หรือไม่ เพราะเหตุผลใด ($1 \times 12 = 12, 2 \times 6 = 12, 3 \times 4 = 12, 4 \times 3 = 12$ เนื่องจาก xy ทุกคู่ มีค่าเป็น 12 ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่าง x และ y เป็นการ</p>

กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
<p>ก่อนใช้การอภิปรายกันในการทำข้อที่ 2 ว่า “เมื่อ y แปรผกผันกับ x แล้วนั้น นักเรียนสามารถเขียนสมการการแปรผันได้เลย และจากสมการการแปรผันนักเรียนสามารถเปลี่ยนสมการจาก $y = \frac{k}{x}$ เป็น $x = \frac{k}{y}$ จึงกล่าวได้ว่า $x \propto \frac{1}{y}$”</p> <p>4. ครูกล่าวว่า “จากตัวอย่างที่ 1 นี้ นักเรียนอาจเห็นแค่เพียงปริมาณในรูปตัวเลข ยังไม่เห็นภาพการผกผันในชีวิตประจำวันมากนัก ซึ่งตัวอย่างที่ 2 ต่อไปนี้จะแสดงปริมาณที่นักเรียนพบได้จากเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน</p> <p>5. ครูใช้การถามตอบกับนักเรียนในการทำตัวอย่างที่ 2 แล้วสุ่มให้นักเรียนพิจารณาตัวอย่างที่ 3 ในทำนองเดียวกับตัวอย่างที่ 2</p> <p>เพื่อให้นักเรียนได้แสดงความรู้ทั้ง 5 แบบตามโมเดลการแปลงของเลข ครูจึงให้นักเรียนทำใบกิจกรรม “แปรผกผันหรือเปล่านะ” ต่อไปนี้</p> <p>6. การใช้สื่อรูปธรรม ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 3-5 คน แล้วแจกกระดาษรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีขนาด 1×9, 1.5×6, 2×4.5, 2.5×3.6 และ 3×3 ตารางนิ้ว แล้วให้ทุกคนได้วัดความกว้าง และความยาวของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากทั้งห้าชิ้นลงในใบกิจกรรม</p> <p>7. การใช้รูปภาพ ครูให้นักเรียนวาดภาพของรูปสี่เหลี่ยมทั้งห้ารูปในข้อ 6. แล้วถามนักเรียนว่าพื้นที่กระดาษทุกรูปเป็นกี่ตารางนิ้ว</p>	<p>แปรผกผัน)</p> <p>3. ครูใช้การถามตอบกับนักเรียนในการทำตัวอย่างที่ 1 ข้อย่อยที่ 2) และ 3) แล้วให้นักเรียนทำใบงาน “เขียนได้ไหม 2” ข้อที่ 1 ก่อนใช้การอภิปรายกันในการทำข้อที่ 2 ว่า “เมื่อ y แปรผกผันกับ x แล้วนั้น นักเรียนสามารถเขียนสมการการแปรผันได้เลย และจากสมการการแปรผันนักเรียนสามารถเปลี่ยนสมการจาก $y = \frac{k}{x}$ เป็น $x = \frac{k}{y}$ จึงกล่าวได้ว่า $x \propto \frac{1}{y}$”</p> <p>4. ครูกล่าวว่า “จากตัวอย่างที่ 1 นี้ นักเรียนอาจเห็นแค่เพียงปริมาณในรูปตัวเลข ยังไม่เห็นภาพการผกผันในชีวิตประจำวันมากนัก ซึ่งตัวอย่างที่ 2 ต่อไปนี้จะแสดงปริมาณที่นักเรียนพบได้จากเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน</p> <p>5. ครูใช้การถามตอบกับนักเรียนในการทำตัวอย่างที่ 2 แล้วสุ่มให้นักเรียนพิจารณาตัวอย่างที่ 3 ในทำนองเดียวกับตัวอย่างที่ 2</p> <p>6. ครูหยิบกระดาษรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีขนาด 1×9, 1.5×6, 2×4.5, 2.5×3.6 และ 3×3 ตารางนิ้ว ทากาวดินแล้วติดบนกระดาน ครูให้นักเรียนตอบขนาดความกว้าง ความยาว ผลคูณของความกว้างกับความยาว (xy) ของรูปสี่เหลี่ยมแต่ละรูป แล้วครูเขียนบนกระดาน</p>

กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
<p>(9 ตารางนิ้ว) แล้วกล่าวว่าหากครูให้ความกว้างของรูปสี่เหลี่ยมเป็น x และความยาวเป็น y นักเรียนคิดว่าผลคูณของ x กับ y (xy) จะเป็นเท่าใด (9 ตารางนิ้ว) แล้วให้นักเรียนเติมคำตอบลงในใบกิจกรรม</p> <p>8. การใช้ภาษาพูด ครูให้นักเรียนดูข้อมูลในใบกิจกรรมแล้วถามนักเรียนว่า ผลคูณของ x และ y ทุกคู่เป็นเท่าใด (เป็น 9) แล้วถามต่อไปว่า ถ้าผลคูณเป็น 9 เช่นเดิม แต่ว่า x มีค่าเพิ่มขึ้นนักเรียนคิดว่าค่า y จะมีค่าเป็นอย่างไร(ลดลง) ในทำนองเดียวกันถ้า x มีค่าลดลงนักเรียนคิดว่าค่า y จะมีค่าเป็นอย่างไร (เพิ่มขึ้น)</p> <p>9. การใช้ภาษาเขียน ครูให้นักเรียนเขียนประโยคที่พูดตอบเกี่ยวกับการเพิ่ม และลดลงของปริมาณ x และ y ในข้อ 8. นั้น ลงในช่องว่าง “สิ่งที่สังเกตพบ” ในใบกิจกรรม และเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ของความยาวกับความกว้าง($xy=9$ หรือ $y = \frac{9}{x}$)</p> <p>10. การใช้สถานการณ์จริง ครูกล่าวว่า ถ้านักเรียนไปแกะกระเบื้องปูพื้นขนาด 1 ตารางเมตรที่ปูพื้นห้องเก็บของขนาด 3×5 ตารางเมตร ไปปูพื้นห้องที่มีความยาว 4 เมตร ได้เต็มห้องพอดี แล้วนักเรียนคิดว่าห้องหลังนี้ จะมีความกว้างมากหรือน้อยกว่าความกว้างของห้องแรก(มากกว่าเพราะว่าความยาวน้อยลง ความกว้างต้องมากขึ้น)</p>	<p>7. ครูให้นักเรียนสังเกตการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความกว้างความยาวในกรณีที่ความกว้างลดลงเรื่อยๆ โดยสุ่มเลือกนักเรียนคนหนึ่งให้ตอบ (y จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ)</p> <p>8. ครูกล่าวว่าถ้าเราให้ความกว้างเป็น x และความยาวเป็น y นักเรียนจะเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณสองชนิดได้อย่างไร แล้วสุ่มนักเรียนคนหนึ่งให้ตอบ ($xy=9$ หรือ $y = \frac{9}{x}$)</p> <p>9. ครูให้นักเรียนดูสมการที่ได้ในข้อ 8 แล้วถามนักเรียนว่า y แปรผกผันกับ x หรือไม่ มีค่าคงตัวของการแปรผันเป็นเท่าใด (y แปรผกผันกับ x โดยมีค่าคงตัวของการแปรผันเป็น 9)</p>

ขั้นสรุป

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการตรวจสอบการแปรผกผันของปริมาณสองปริมาณ อีกครั้งหนึ่ง

6. สื่อการเรียนรู้

- 6.1. ใบงาน “เขียนได้ไหม2”
- 6.2. ใบกิจกรรม “แปรผกผันหรือเปล่านะ”
- 6.3. กระดาษรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีขนาด 1×9 , 1.5×6 , 2×4.5 , 2.5×3.6 และ 3×3 ตารางนิ้ว ขนาดละ 10 ชั้น
- 6.4. กาวดิน

7. การวัด และประเมินผล

- 7.1. สังเกตจากการทำใบงาน “เขียนได้ไหม2”
- 7.2. สังเกตจากการถามตอบตัวอย่างที่ 1-3

8. บันทึกหลังการสอน

.....

.....

.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ใบกิจกรรม “แปรผกผันหรือเปล่านะ”

คำสั่ง ให้นักเรียนวาดภาพกระดาษให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากทั้งห้ารูปที่มีความกว้างและความยาวต่างกัน แล้ววัดหาความกว้าง (x) ความยาว(y) ผลคูณของ x กับ y (xy) และเขียนสมการแสดงความเกี่ยวข้องของ x และ y พร้อมบันทึกลงในตารางต่อไปนี้

รูปภาพประกอบ	ความกว้าง(x)	ความยาว (y)	xy	สมการแสดงความเกี่ยวข้องของ x และ y
	1			
	1.5			
	2			
	2.5			
	3			

สิ่งที่สังเกตพบ.....

ใบงาน “เขียนได้ใหม่2”

1. จากตารางแสดงแบบรูปของความเกี่ยวข้องระหว่าง x และ y ตารางใดแสดงว่า y แปรผกผันกับ x และถ้า y แปรผกผันกับ x ให้หาค่าคงตัวของการแปรผัน และเขียนสมการแสดงการแปรผันด้วย

1)

x	1	2	3	4
y	12	6	4	3

.....

2)

x	3	6	9	12
y	6	9	12	15

.....

3)

x	-2	-1	$\frac{1}{2}$	6
y	2	4	-8	$\frac{2}{3}$

.....

4)

x	3	2	1	$\frac{1}{2}$
y	$\frac{1}{2}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	3

.....

2. 1) จากข้อ 1 ในกรณีที่ y แปรผกผันกับ x แล้ว x แปรผกผันกับ y ด้วยหรือไม่ ถ้า x แปรผกผันกับ y แล้วจงหาค่าคงตัวของการแปรผัน และสมการแสดงการแปรผัน

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

2) นักเรียนคิดว่าในกรณีทั่วไป ถ้า y แปรผกผันกับ x แล้ว x แปรผกผันกับ y หรือไม่ เพราะเหตุใด

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



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6

ลักษณะแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน

เนื้อหา	มโนทัศน์	ชั่วโมงที่	จำนวน			
			ข้อ (ข้อที่)	ข้อที่ใช้จริง	ชั่วโมง	ชั่วโมงรวม
1.การแปรผันตรง	<p><u>มโนทัศน์ที่ 1</u></p> <p>ให้ x และ y แทนปริมาณใด ๆ y แปรผันตรงกับ x เมื่อ $y = kx$ โดยที่ k เป็นค่าคงตัว และ $k \neq 0$ เรียกสมการ $y = kx$ ว่า สมการแสดงการแปรผันของการแปรผันตรง เรียก k ว่า ค่าคงตัวของการแปรผัน y แปรผันตรงกับ x เขียนแทนด้วย $y \propto x$ y แปรผันตรงกับ x กล่าวได้อีกอย่าง หนึ่งว่า y เป็นสัดส่วนกับ x</p>	1-2	3 (1-3)	2	2	5
	<p><u>มโนทัศน์ที่ 2</u></p> <p>ค่าคงตัวของการแปรผันอาจเป็น จำนวนจริงบวกหรือจำนวนจริงลบก็ได้</p>		3 (4-6)	2		
	<p><u>มโนทัศน์ที่ 3</u></p> <p>กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่เป็น การแปรผันตรงจะเป็นส่วนของเส้นตรง รั้งสี หรือ เส้นตรงที่ผ่านจุด $(0,0)$ อย่าง ใดอย่างหนึ่ง</p>	3	3 (7-9)	2	1	

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ลักษณะแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน

เนื้อหา	มโนทัศน์	ชั่วโมงที่	จำนวน			
			ข้อ (ข้อที่)	ข้อ ที่ใช้จริง	ชั่วโมง	ชั่วโมงรวม
1.การแปรผันตรง (ต่อ)	<p><u>มโนทัศน์ที่ 4</u></p> <p>$y \propto x$ เมื่อ $\frac{y}{x}$ เป็นค่าคงตัวเดียวกัน สำหรับทุกคู่ของ x และ y ที่ $x \neq 0$ และค่าคงตัวนี้เป็น ค่าคงตัวของ การแปรผัน</p>	4	3 (10-12)	2	1	
	<p><u>มโนทัศน์ที่ 5</u></p> <p>ในการพิจารณาว่า ปริมาณ y แปรผันตรงกับปริมาณ x หรือไม่ เราอาจพิจารณาจากค่าของ $\frac{y}{x}$ สำหรับทุกคู่ของ x และ y ที่ $x \neq 0$ ว่าเป็นค่าคงตัวเดียวกันหรือไม่</p> <p>ถ้าเป็นค่าคงตัวเดียวกัน แล้วความสัมพันธ์ระหว่างสองปริมาณดังกล่าวก็เป็นการแปรผันตรง</p> <p>ถ้ามี x และ y บางคู่ที่ค่าของ $\frac{y}{x}$ ต่างจาก x และ y คู่อื่นๆ แล้ว ความสัมพันธ์ระหว่างสองปริมาณนั้นก็ไม่ใช่การแปรผันตรง</p>					
	<p><u>มโนทัศน์ที่ 6</u></p> <p>y อาจแปรผันตรงกับปริมาณอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับ x เช่น y แปรผันตรงกับกำลังสองของ x ($y \propto x^2$) y แปรผันตรงกับรากที่สองของ x ($y \propto \sqrt{x}$)</p>	5	3 (13-15)	2	1	

ตารางที่ 6 (ต่อ)ลักษณะแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน

เนื้อหา	มโนทัศน์	ชั่วโมงที่	จำนวน			
			ข้อ (ข้อที่)	ข้อที่ใช้จริง	ชั่วโมง	ชั่วโมงรวม
2.การแปรผกผัน	<p><u>มโนทัศน์ที่ 7</u></p> <p>ให้ x และ y แทนปริมาณใด ๆ ที่ไม่ใช่ศูนย์</p> <p>y แปรผกผันกับ x เมื่อ $y = k \times \frac{1}{x}$ โดยที่ k เป็นค่าคงตัว และ $k \neq 0$</p> <p>เรียกสมการ $y = k \times \frac{1}{x}$ ว่าสมการแสดงการแปรผันของการแปรผกผัน</p> <p>เรียก k ว่า ค่าคงตัวของการแปรผัน</p> <p>y แปรผกผันกับ x เขียนแทนด้วย $y \propto \frac{1}{x}$</p>	6	3 (16-18)	2	1	5
	<p><u>มโนทัศน์ที่ 8</u></p> <p>กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่เป็นการแปรผกผัน จะไม่ผ่านจุด $(0,0)$ ไม่เป็นส่วนของเส้นตรง ไม่เป็นรังสี และไม่ เป็นเส้นตรง</p>	7	3 (19-21)	2	1	

ตารางที่ 6 (ต่อ) ลักษณะแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน

เนื้อหา	มโนทัศน์	ชั่วโมงที่	จำนวน			
			ข้อ (ข้อที่)	ข้อที่ ใช้จริง	ชั่วโมง	ชั่วโมงรวม
2.การ แปรผกผัน (ต่อ)	<p><u>มโนทัศน์ที่ 9</u></p> <p>$y \propto \frac{1}{x}$ เมื่อ xy เป็นค่าคงตัวตัวเดียวกันที่ไม่เท่ากับศูนย์ สำหรับทุกคู่ของ x และ y</p>	8-9	3 (22-24)	2	2	
	<p><u>มโนทัศน์ที่ 10</u></p> <p>ในการพิจารณาว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ x และ ปริมาณ y ที่กำหนดให้ มีความสัมพันธ์กันแบบการแปรผกผันหรือไม่ อาจพิจารณาว่า ผลคูณของปริมาณทั้งสองนั้น เป็นค่าคงตัวตัวเดียวกันที่ไม่เท่ากับศูนย์ สำหรับทุกคู่ของ x และ y หรือไม่</p> <p>ถ้าเป็นค่าคงตัว ตัวเดียวกันที่ไม่เท่ากับศูนย์ แล้วความสัมพันธ์ระหว่างสองปริมาณนั้นก็เป็นการแปรผกผัน ที่มีค่าคงตัวดังกล่าวเป็นค่าคงตัวของการแปรผัน</p> <p>ถ้ามี x และ y บางคู่ที่ทำให้ผลคูณต่างจากผลคูณของ x และ y คู่อื่นๆ แล้วความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณนั้นก็ไม่เป็นการแปรผกผัน</p>		3 (25-27)	2		

ตารางที่ 6 (ต่อ) ลักษณะแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน

เนื้อหา	มโนทัศน์	ชั่วโมงที่	จำนวน			
			ข้อ (ข้อที่)	ข้อที่แท้จริง	ชั่วโมง	ชั่วโมงรวม
2.การแปรผกผัน (ต่อ)	<p><u>มโนทัศน์ที่ 11</u></p> <p>ปริมาณสองปริมาณที่แปรผันกันในรูป $y \propto \frac{1}{x^2}$ เราเรียกว่า ปริมาณสองปริมาณนั้นมีความเกี่ยวข้องกันตาม “กฎกำลังสองผกผัน”</p>	10	3 (28-30)	2	1	
3.การแปรผัน เกี่ยวเนื่อง	<p><u>มโนทัศน์ที่ 12</u></p> <p>ให้ $y, x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ แทนปริมาณใด ๆ</p> <p>y แปรผันเกี่ยวเนื่องกับ $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ เมื่อ y แปรผันตรงกับผลคูณของ $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ นั่นคือ</p> <p>y แปรผันเกี่ยวเนื่องกับ $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ เมื่อ $y = k(x_1)(x_2)(x_3) \dots (x_n)$ โดยที่ k เป็น ค่าคงตัว และ $k \neq 0$</p>	11- 12	6 (31-36)	4	2	5
	<p><u>มโนทัศน์ที่ 13</u></p> <p>เมื่อปริมาณหนึ่งแปรผันเกี่ยวเนื่องกับปริมาณต่างๆ จะได้ว่า ปริมาณนั้นแปรผันตรงกับแต่ละปริมาณ เมื่อปริมาณอื่นๆ ที่เหลือ เป็นค่าคงตัว เช่น ถ้า y แปรผันเกี่ยวเนื่องกับ x และ z จะได้ว่า y แปรผันตรงกับ x เมื่อ z เป็นค่าคงตัว และ y แปรผันตรงกับ z เมื่อ x เป็นค่าคงตัว</p>	13- 14	6 (37-42)	4	2	

ตารางที่ 6 (ต่อ) ลักษณะแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปรผัน

เนื้อหา	มโนทัศน์	ชั่วโมงที่	จำนวน			
			ข้อ (ข้อที่)	ข้อที่ ใช้จริง	ชั่วโมง	ชั่วโมงรวม
3.การแปร ผัน เกี่ยวเนื่อง (ต่อ)	มโนทัศน์ที่ 14 y แปรผันตรงกับ x และแปรผกผัน กับ z มีความหมายเช่นเดียวกันกับ y แปรผันเกี่ยวกับ x และ $\frac{1}{z}$ นั่นคือ y แปรผันตรงกับ $x \times \frac{1}{z}$	15	3 (43-45)	2	1	
รวม			45	30	15	15

แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
เรื่อง การแปรผัน

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีจำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 60 นาที
2. ก่อนทำแบบทดสอบ ให้นักเรียนเขียนชื่อ-สกุล เลขที่ ชั้น / ห้องเรียน ชื่อโรงเรียน ปีการศึกษา ลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน
3. แบบทดสอบแต่ละข้อมีตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องแล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
4. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบให้ครบทุกข้อ อย่างเต็มความสามารถ

ตัวอย่างการทำแบบทดสอบ

ข้อ 0 ข้อใดเป็นสมการแสดงการแปรผัน

ก. $xy = 18$

ข. $x = 12$

ค. $Z = 0$

ง. $y = -2$

ถ้านักเรียนเห็นว่าคำตอบข้อ ง. ถูกต้อง ให้ทำเครื่องหมายกากบาท (X) ในช่อง ง. ดังนี้

ข้อ 0 ก ข ค ง

			X
--	--	--	---

ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบจากข้อ ง. เป็นข้อ ก. ให้ทำเครื่องหมายขีดคู่ (≠) ทับเครื่องหมายกากบาทในข้อ ง. ทำเครื่องหมายกากบาท (X) ในช่อง ก. ดังนี้

ข้อ 0 ก ข ค ง

X			X
---	--	--	--------------

1. ข้อใดเป็นสมการแสดงการแปรผันตรงระหว่าง A กับ z เมื่อ k เป็นค่าคงตัวของการแปรผัน

ก. $A = \frac{k}{z}$

ค. $A = \frac{k}{-15z}$

ข. $A = 4kz$

ง. $A = \frac{1}{kz}$

2. ข้อใดเป็นค่าคงตัวของการแปรผันในข้อ 2.

ก. 1

ค. -15

ข. 4

ง. 4k

3. จากสูตร $A = 4\pi r^2$ ถ้า A แทนพื้นที่ของวงกลม
r แทน รัศมีของวงกลม

ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

1. $A \propto 4\pi$

2. $A \propto 4\pi r^2$

3. ค่าคงตัวของการแปรผันคือ π

ก. ข้อ 3

ค. ข้อ 1 และข้อ 2

ข. ข้อ 1 และ ข้อ 3

ง. ข้อ 1 ข้อ 2 และข้อ 3

4. ให้ x และ y เป็นปริมาณสองปริมาณใดๆ ข้อใด **ไม่**เป็นสมการแสดงการแปรผันตรงระหว่าง y กับ x

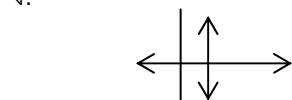
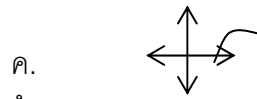
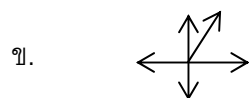
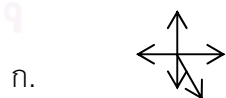
ก. $y = 2x$ โดยค่าคงตัวของการแปรผันคือ 2

ข. $y = -\frac{8}{11}x$ โดยค่าคงตัวของการแปรผันคือ $-\frac{8}{11}$

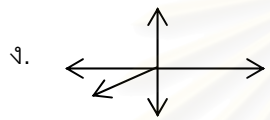
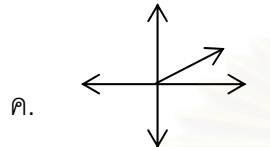
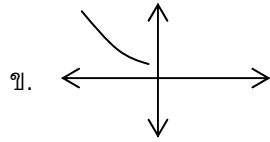
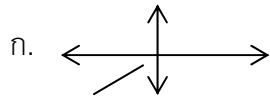
ค. $y = \frac{kx}{16}$ เมื่อ k เป็นค่าคงตัวและ $k \geq 0$

ง. $y = kx$ เมื่อ k เป็นค่าคงตัวและ k ไม่เท่ากับศูนย์

5. ข้อใดควรจะเป็นกราฟของสมการ $y = -15x$ เมื่อ $x \geq 0$ มากที่สุด



6. ข้อใดเป็นกราฟที่แสดงว่า y แปรผันตรง x เมื่อ $x \geq 0$



7. $\frac{12}{13}$ เป็นค่าคงตัวของการแปรผันของสมการในข้อใด เมื่อ $y \propto x$

ก. $x = \frac{12y}{13}$

ข. $y = \frac{13}{12x}$

ค. $\frac{12x}{13} = y$

ง. $\frac{12y}{13x} = 1$

8. จากตาราง B แปรผันตรงกับ A หรือไม่ เพราะเหตุใด

A	2	3	4
B	5	6	9

ก. B ไม่แปรผันตรงกับ A เพราะ $\frac{5}{2} \neq \frac{6}{3}$

ข. B ไม่แปรผันตรงกับ A เพราะ $\frac{3}{2} \neq \frac{6}{3}$

ค. B แปรผันตรงกับ A เพราะ $\frac{5}{2} = \frac{9}{4}$

ง. B แปรผันตรงกับ A เพราะ $\frac{5}{2} = \frac{9}{4} \neq \frac{3}{6}$

9. ข้อใดเป็นสมการแสดงการแปรผันตรง

ก. $s = \frac{8}{2x}$

ข. $q = \frac{5}{9} \sqrt{2p}$

ค. $y = \frac{x}{h}$

ง. $y = \frac{7}{-8g}$

10. ข้อใดหมายถึง “y แปรผันตรงกับกำลังสองของ x”

ก. $y \propto \frac{2}{x}$

ค. $y \propto 2x$

ง. $y \propto x^2$

ข. $y \propto 2 + x$

11. ข้อใดเป็นสมการที่แสดงว่า “y แปรผกผันกับ x”

ก. $\frac{x}{y} = 10$

ค. $y = \frac{x^2}{2}$

ข. $y = \frac{10}{x}$

ง. $y = 5x$

12. ข้อใดเป็นการเขียนสัญลักษณ์แทนคำว่า Z แปรผกผัน R

ก. $Z = \frac{1}{R}$

ค. $Z \propto R$

ข. $Z \propto \frac{1}{R}$

ง. $ZR = 1$

13. ข้อใดกล่าวสอดคล้องกับลักษณะกราฟของการแปรผกผันระหว่าง y กับ x

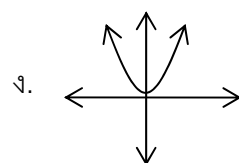
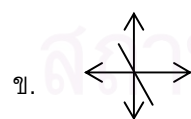
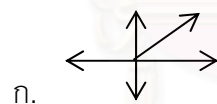
ก. ผ่านจุด (0,0) และเป็นเส้นตรง

ข. ผ่านจุด (0,0) แต่ไม่เป็นเส้นตรง

ค. ไม่ผ่านจุด (0,0) และไม่เป็นเส้นตรง

ง. ไม่ผ่านจุด (0,0) แต่เป็นเส้นตรง

14. ข้อใด เป็นกราฟที่แสดงว่า y แปรผกผันกับ x เมื่อ $x > 0$



15. ข้อใดกล่าวถูกต้อง เกี่ยวกับการแปรผกผัน

x	-2	-1	$\frac{1}{2}$	6
y	2	4	-8	$-\frac{2}{3}$

y แปรผกผันกับ x หรือไม่ เพราะเหตุใด

- ก. y ไม่แปรผกผันกับ x เพราะ $\frac{x}{y}$ ทุกคู่ไม่เป็นค่าคงตัวเดียวกัน
- ข. y ไม่แปรผกผันกับ x เพราะไม่มีค่าคงตัวของการแปรผัน
- ค. y แปรผกผันกับ x เพราะมีค่าคงตัวของการแปรผันเป็น -4
- ง. y แปรผกผันกับ x เพราะเราทราบว่า $-2 \times 2 = -1 \times 4$

19. สมการของการแปรผันในข้อใดแสดงความเกี่ยวข้องกันของปริมาณ A กับ B ที่สอดคล้องกับกฎกำลังสองผกผัน

ก. $A = \frac{0.4\sqrt{B^2}}{9}$

ค. $A = \frac{0.4}{9B^2}$

ข. $A = \sqrt{\left(\frac{0.4}{9B^2}\right)}$

ง. $A = \frac{0.4B^2}{9}$

20. ข้อใด แสดงว่าปริมาณสองปริมาณเกี่ยวข้องกันตามกฎกำลังสองผกผัน

ก. $s = vt$ เมื่อ s เป็นค่าคงตัวที่ไม่เท่ากับศูนย์

ข. $p = r^2h$ เมื่อ h เป็นค่าคงตัวที่ไม่เท่ากับศูนย์

ค. $i = vr$ เมื่อ v เป็นค่าคงตัวที่ไม่เท่ากับศูนย์

ง. $p = \frac{y}{r^2}$ เมื่อ y เป็นค่าคงตัวที่ไม่เท่ากับศูนย์

21. ให้ y แปรผันเกี่ยวข้องกับ x_1, x_2, x_3, x_4 เมื่อ x_1, x_2, x_3, x_4, y เป็นปริมาณใดๆ ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. y แปรผันตรงกับ $(x_1)(x_2)(x_3)(x_4)$

ข. y แปรผันตรงกับ x_1, x_2, x_3 และ x_4

ค. y แปรผกผันกับ $(x_1)(x_2)(x_3)(x_4)$

ง. y แปรผกผันกับ x_1, x_2, x_3 และ x_4

22. ข้อใดเป็นสมการแสดงการแปรผันในข้อ 21

ก. $y = \frac{k}{(x_1)(x_2)(x_3)(x_4)}$ เมื่อ k เป็นค่าคงตัวที่ไม่เท่ากับศูนย์

ข. $y = k(x_1 + x_2 + x_3 + x_4)$ เมื่อ k เป็นค่าคงตัวที่ไม่เท่ากับศูนย์

ค. $y = k(x_1)(x_2)(x_3)(x_4)$ เมื่อ k เป็นค่าคงตัวที่ไม่เท่ากับศูนย์

ง. $y = \frac{k}{(x_1 + x_2 + x_3 + x_4)}$ เมื่อ k เป็นค่าคงตัวที่ไม่เท่ากับศูนย์

23. ข้อใด**ไม่**เป็นสมการแสดงการแปรผันเกี่ยวเนื่อง

ก. $A = \frac{1}{2}BH$ เมื่อ A, B และ H แทนปริมาณใดๆ

ข. $A = 100 + 10B$ เมื่อ A และ B แทนปริมาณใดๆ

ค. $v = 20r^2h$ เมื่อ V, r และ h แทนปริมาณใดๆ

ง. $V = IR$ เมื่อ V, I และ R แทนปริมาณใดๆ

24. ข้อใดเป็นสมการแทนข้อความ “ y แปรผันเกี่ยวเนื่องกับ x และ $\frac{1}{z^2}$ โดยค่าคงตัวของการแปร

ผันคือ 0.5

ก. $y \propto \frac{0.5x}{z^2}$

ค. $y = 0.5 \frac{x}{z^2}$

ข. $y \propto 0.5xz^2$

ง. $y = 0.5xz^2$

25. จาก $V = \frac{9T}{P}$ ข้อใดกล่าว**ไม่**ถูกต้อง

ก. เมื่อ P มีค่าคงที่ ถ้า T เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า V จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า

ข. เมื่อ T มีค่าคงที่ ถ้า P เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า V จะมีค่าลดลงเป็นครึ่งหนึ่ง

ค. V แปรผันตรงกับ T และแปรผกผันกับ P

ง. เมื่อค่า T เปลี่ยนไป ค่า P คงที่ แล้วค่า V ก็คงที่ด้วย

26. ให้ T เป็นระยะเวลาที่ดาวเทียมโคจรรอบโลก

R เป็นรัศมีวงโคจรรอบโลกของดาวเทียม

V เป็นอัตราเร็วของดาวเทียมขณะโคจรรอบโลก(คงที่)

กำหนด $T \propto R^V$ ถ้าดาวเทียมมีรัศมีวงโคจรแคบลง ต้องใช้เวลาตามข้อใด

ก. มากขึ้น

ค. เท่าเดิม

ข. น้อยลง

ง. สรุปไม่ได้

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

ตารางที่ 7 ค่าความเที่ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อสอบของ Brooks (2003)

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความเที่ยง ของแบบทดสอบทั้งฉบับ
1	0.46	0.59	0.94
2	0.38	0.42	
3	0.28	0.67	
4	0.49	0.84	
5	0.54	0.85	
6	0.56	0.69	
7	0.41	0.76	
8	0.59	0.92	
9	0.49	0.92	
10	0.69	0.23	
11	0.72	0.62	
12	0.56	0.76	
13	0.51	0.92	
14	0.56	0.92	
15	0.54	0.76	
16	0.36	0.51	
17	0.62	0.85	
18	0.46	0.85	
19	0.46	0.84	
20	0.44	0.52	
21	0.44	0.44	
22	0.41	0.60	
23	0.54	0.60	
24	0.38	0.67	
25	0.49	0.53	
26	0.51	0.53	
27	0.33	0.35	
28	0.33	0.51	
29	0.41	0.36	
30	0.46	0.69	



แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
(ฉบับก่อนการทดลอง)

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ชุดนี้ เป็นแบบทดสอบที่ให้นักเรียนเขียนคำตอบได้อย่างอิสระเท่าที่นักเรียนสามารถจะตอบได้
2. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบจำนวน 5 ข้อ 1 ชั่วโมง 40 นาที
3. ให้นักเรียนเติมคำตอบลงในช่องว่าง โดยนักเรียนสามารถขอกระดาษคำตอบเพิ่มเติมได้ หากกระดาษคำตอบไม่เพียงพอ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โจทย์ ที่	โจทย์	วิธีทำ	คำตอบ
	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	
	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	
	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ตารางต่อไปนี้แสดงปริมาณของแบคทีเรียชนิด A และชนิด B เมื่ออยู่ในห้องทดลองอุณหภูมิ 25 °c เป็นระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลาที่แบคทีเรียอยู่ในห้องทดลอง (นาทีก)	1	2	3	4
ปริมาณของแบคทีเรียชนิด (ล้านตัว)				
A	2	4	6	8
B	12	6	4	3

จากตารางข้างต้น ให้นักเรียนคาดคะเนเกี่ยวกับปริมาณของแบคทีเรียทั้งสองชนิดเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งแล้ว โดยให้ได้ข้อคาดคะเนมากที่สุด

ตอบ

- ข้อคาดคะเนที่ 1
- ข้อคาดคะเนที่ 2
- ข้อคาดคะเนที่ 3
- ข้อคาดคะเนที่ 4
- ข้อคาดคะเนที่ 5
- ข้อคาดคะเนที่ 6
- ข้อคาดคะเนที่ 7
- ข้อคาดคะเนที่ 8
- ข้อคาดคะเนที่ 9
- ข้อคาดคะเนที่ 10

3. ให้ a, b เป็นจำนวนนับใดๆ

1) $a * b = a^2 + b$ เช่น ถ้า $a=5$ และ $b=23$ จะได้สมการ $5 * 23 = 5^2 + 23 = 48$

2) $a \oplus b = a^2 - b$ เช่น ถ้า $a=1$ และ $b=3$ จะได้สมการ $1 \oplus 3 = 1^2 - 3 = -2$

ให้นักเรียนใช้จำนวนนับ a และ b สร้างการดำเนินการรูปแบบต่างๆกันไป พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ในทำนองเดียวกับ 1) และ 2) ให้ได้หลายข้อที่สุด

ตอบ

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.

4. ปรายณมีเงินทั้งหมด 1,500 บาท ต้องการนำไปซื้อสินค้า ได้แก่ เสื้อ กระโปรง และรองเท้า นักเรียน ซึ่งมีราคาขายส่งต่อชิ้นเป็น 300 บาท 200 บาท และ 100 บาท ตามลำดับ
ให้นักเรียนหาวิธีการซื้อสินค้าโดยใช้เงินทั้งหมดซื้อสินค้าให้ได้ครบทุกชนิด และหลายวิธีที่สุด

หมายเหตุ

จำนวนเสื้อเท่ากันได้ไม่เกิน 2 วิธี

ตอบ

วิธีที่	จำนวนสินค้า(ชิ้น)		
	เสื้อ (ราคาชิ้นละ 300 บาท)	กระโปรง (ราคาชิ้นละ 200 บาท)	รองเท้า (ราคาชิ้นละ 100 บาท)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. มีเรือลำหนึ่งซึ่งลอยอยู่ในแม่น้ำ อยากทราบว่าเรือลำนี้อยู่ห่างจากฝั่งเป็นระยะทางเท่าไร
ให้นักเรียนอธิบายวิธีการหาระยะทางนั้น ให้ได้หลายวิธีที่สุด

ตอบ

วิธีที่ 1

.....

.....

.....

วิธีที่ 2

.....

.....

.....

วิธีที่ 3

.....

.....

.....

วิธีที่ 4

.....

.....

.....

วิธีที่ 5

.....

.....

.....

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
(ฉบับหลังการทดลอง)

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ชุดนี้ เป็นแบบทดสอบที่ให้นักเรียนเขียนคำตอบได้อย่างอิสระเท่าที่นักเรียนสามารถจะตอบได้
2. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบจำนวน 5 ข้อ 1 ชั่วโมง 40 นาที
3. ให้นักเรียนเติมคำตอบลงในช่องว่าง โดยนักเรียนสามารถขอกระดาษคำตอบเพิ่มเติมได้ หากกระดาษคำตอบไม่เพียงพอ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. จากข้อมูลของร้านดอกไม้แห่งหนึ่งต่อไปนี้

- ก. เจ้าของร้านซื้อดอกไม้มาในราคาดอกละ 10 บาท เพื่อนำมาจัดช่อดอกไม้ขาย
- ข. ช่อดอกไม้ขนาดเล็ก ใช้ดอกไม้ 3 ดอก ขายช่อละ 40 บาท
- ค. ช่อดอกไม้ขนาดกลาง ใช้ดอกไม้ 7 ดอก ขายช่อละ 80 บาท
- ง. ช่อดอกไม้ขนาดใหญ่ ใช้ดอกไม้ 10 ดอก ขายช่อละ 110 บาท
- จ. พนักงานได้รับค่าจ้างจัดช่อดอกไม้ช่อละ 20 บาท ทุกขนาด

จากข้อมูลข้างต้น ให้นักเรียนสร้างโจทย์ปัญหา ให้ได้โจทย์ปัญหาต่างๆ กันจำนวนมากที่สุดเท่าที่จะสร้างได้ แล้วแสดงวิธีทำ พร้อมหาคำตอบของโจทย์นั้นๆ

ตอบ

โจทย์ ที่	โจทย์	วิธีทำ	คำตอบ
	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	
	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	

โจทย์ ที่	โจทย์	วิธีทำ	คำตอบ
	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	
	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	
	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ตารางต่อไปนี้แสดงน้ำหนักของสารเคมีชนิด A และชนิด B (กรัม) เมื่ออยู่ในห้องอุณหภูมิ 25 °c เป็นระยะเวลา (นาที) แตกต่างกัน

ระยะเวลาที่สารเคมีอยู่ในห้องทดลอง (นาที)	1	2	3	4
น้ำหนักของสารเคมีชนิด (กรัม)				
A	2	4	6	8
B	12	6	4	3

จากตารางข้างต้น ให้นักเรียนคาดคะเนเกี่ยวกับน้ำหนักของสารเคมีทั้งสองชนิด เมื่อเวลาผ่านไป ระยะเวลาหนึ่งแล้ว โดยให้ได้ข้อคาดคะเนมากที่สุด

ตอบ

- ข้อคาดคะเนที่ 1
- ข้อคาดคะเนที่ 2
- ข้อคาดคะเนที่ 3
- ข้อคาดคะเนที่ 4
- ข้อคาดคะเนที่ 5
- ข้อคาดคะเนที่ 6
- ข้อคาดคะเนที่ 7
- ข้อคาดคะเนที่ 8
- ข้อคาดคะเนที่ 9
- ข้อคาดคะเนที่ 10

3. ให้ a, b เป็นจำนวนนับใดๆ

1) $a \# b = a^2 + b$ ตัวอย่างเช่น ถ้า $a=5$ และ $b=23$ จะได้สมการ $5 \# 23 = 5^2 + 23 = 48$

2) $a \odot b = a^2 - b$ ตัวอย่างเช่น ถ้า $a=1$ และ $b=3$ จะได้สมการ $1 \odot 3 = 1^2 - 3 = -2$

ให้นักเรียนใช้จำนวนนับ a และ b สร้างการดำเนินการรูปแบบต่างๆกันไป พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ในทำนองเดียวกับ 1) และ 2) ให้ได้หลายข้อที่สุด

ตอบ

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.

4. เจ้าของร้านเสื้อผ้า และเครื่องประดับสตรีมีเงินเหลือ 1,500 บาท ต้องการนำไปซื้อสินค้า ได้แก่ เสื้อ กระโปรง และกระเป๋าทึอ ซึ่งมีราคาขายส่งต้อขึ้นเป็น 300 บาท 200 บาท และ 100 บาท ตามลำดับ
- ให้นักเรียนหาวิธีการซื้อสินค้าโดยใช้เงินทั้งหมดซื้อสินค้าให้ได้ครบทุกชนิด และหลายวิธีที่สุด

หมายเหตุ

จำนวนเสื้อเท่ากันได้ไม่เกิน 2 วิธี

ตอบ

วิธีที่	จำนวนสินค้า(ชิ้น)		
	เสื้อ (ราคาชิ้นละ 300 บาท)	กระโปรง (ราคาชิ้นละ 200 บาท)	กระเป๋าทึอ (ราคาชิ้นละ 100 บาท)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. ศิรดาเย็นอยู่ที่ชายฝั่งทะเล มองเห็นเกาะแห่งหนึ่งอยู่กลางทะเล เธออยากทราบว่าเกาะแห่งนั้นอยู่ห่างจากชายฝั่งที่เธอเย็นอยู่นั้น เป็นระยะทางเท่าไร
ให้นักเรียนอธิบายวิธีการหาระยะทางนั้น ให้ได้หลายวิธีที่สุด

ตอบ

วิธีที่ 1

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

วิธีที่ 2

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

วิธีที่ 3

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

วิธีที่ 4

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

วิธีที่ 5

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

สถาบันวิจัยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
 (ฉบับก่อนและฉบับหลังการทดลอง)

สำหรับแบบทดสอบข้อที่ 1.

ความคิดคล่อง	<p>ผู้ตรวจจะให้คะแนนโจทย์ปัญหาที่แตกต่างกันในด้านเนื้อหา โจทย์ละ 5 คะแนน</p>										
ความคิด ยืดหยุ่น	<p>โจทย์ปัญหาแต่ละข้อสามารถจัดเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. โจทย์ปัญหาที่ใช้การคูณเพียงอย่างเดียวในการหาคำตอบ 2. โจทย์ปัญหาที่ใช้การคูณและการบวกในการหาคำตอบ 3. โจทย์ปัญหาที่ใช้การคูณและการลบในการหาคำตอบ 4. โจทย์ปัญหาที่ใช้การคูณและการหารในการหาคำตอบ <p>ถ้าโจทย์ปัญหาที่นักเรียนสร้างมีความแตกต่างกัน และแต่ละข้อสามารถจัดเข้าประเภทต่างๆ ใน 4 ประเภทข้างต้น แล้วผู้ตรวจจะนับจำนวนประเภทของโจทย์ปัญหา แล้วให้คะแนนประเภทละ 5 คะแนน</p> <p>หมายเหตุ</p> <p>ถ้ามีโจทย์ปัญหาที่ไม่สามารถจัดเข้าประเภทต่างๆ ใน 4 ประเภทข้างต้นได้ ผู้ตรวจจะกำหนดประเภทเพิ่มเติม</p>										
ความคิดริเริ่ม	<p>ผู้ตรวจพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของความถี่ของโจทย์ปัญหาแต่ละโจทย์ของผู้เข้าสอบทั้งหมด ซึ่งจะตรวจสอบว่าโจทย์ปัญหาแต่ละโจทย์นั้น มีนักเรียนตอบซ้ำกันคิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ แล้วให้คะแนนตามเกณฑ์ต่อไปนี้</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน 12% ขึ้นไป</td> <td>ให้ 0 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน 6-11%</td> <td>ให้ 1 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน 3-5%</td> <td>ให้ 2 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน 2%</td> <td>ให้ 3 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกันไม่เกิน 1%</td> <td>ให้ 4 คะแนน</td> </tr> </table>	คำตอบที่ซ้ำกัน 12% ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกัน 6-11%	ให้ 1 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกัน 3-5%	ให้ 2 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกัน 2%	ให้ 3 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกันไม่เกิน 1%	ให้ 4 คะแนน
คำตอบที่ซ้ำกัน 12% ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน										
คำตอบที่ซ้ำกัน 6-11%	ให้ 1 คะแนน										
คำตอบที่ซ้ำกัน 3-5%	ให้ 2 คะแนน										
คำตอบที่ซ้ำกัน 2%	ให้ 3 คะแนน										
คำตอบที่ซ้ำกันไม่เกิน 1%	ให้ 4 คะแนน										

สำหรับแบบทดสอบข้อที่ 2.

<p>ความคิดคล่อง</p>	<p>ถ้าข้อคาคะเนของนักเรียนมีความแตกต่างกัน แล้วผู้ตรวจจะให้คะแนนทุกข้อ ข้อละ 5 คะแนน</p>															
<p>ความคิดยืดหยุ่น</p>	<p>ข้อคาคะเนของนักเรียน สามารถจัดเป็นประเภทต่างๆ ได้ ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. เป็นข้อความที่กล่าวถึงปริมาณแบคทีเรียชนิด A หรือน้ำหนักสารเคมีชนิด A ในเชิงคุณภาพ 2. เป็นข้อความที่กล่าวถึงปริมาณแบคทีเรียชนิด A หรือน้ำหนักสารเคมีชนิด A ในเชิงปริมาณ 3. เป็นข้อความที่กล่าวถึงปริมาณแบคทีเรียชนิด A หรือน้ำหนักสารเคมีชนิด B ในเชิงคุณภาพ 4. เป็นข้อความที่กล่าวถึงปริมาณแบคทีเรียชนิด A หรือน้ำหนักสารเคมีชนิด B ในเชิงปริมาณ 5. เป็นข้อความที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ของปริมาณแบคทีเรียชนิด A กับปริมาณแบคทีเรียชนิด B หรือน้ำหนักสารเคมีชนิด A กับน้ำหนักสารเคมีชนิด B <p>ถ้าข้อคาคะเนที่นักเรียนตอบมีความแตกต่างกัน และแต่ละข้อสามารถจัดเข้าประเภทต่างๆ ใน 5 ประเภทข้างต้น แล้วผู้ตรวจจะนับจำนวนประเภทของข้อคาคะเน แล้วให้คะแนนประเภทละ 5 คะแนน</p> <p>หมายเหตุ</p> <p>ถ้ามีข้อคาคะเนที่ไม่สามารถจัดเข้าประเภทต่างๆ ใน 5 ประเภทข้างต้นได้ ผู้ตรวจจะกำหนดประเภทเพิ่มเติม</p>															
<p>ความคิดริเริ่ม</p>	<p>ผู้ตรวจพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของความถี่ของคำตอบแต่ละคำตอบ ซึ่งในข้อนี้ จะตรวจสอบว่าข้อคาคะเนแต่ละข้อนั้น มีนักเรียนตอบซ้ำกันคิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ แล้วให้คะแนนตามเกณฑ์ต่อไปนี้</p> <table style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน</td> <td>12% ขึ้นไป</td> <td>ให้ 0 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน</td> <td>6-11%</td> <td>ให้ 1 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน</td> <td>3-5%</td> <td>ให้ 2 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน</td> <td>2%</td> <td>ให้ 3 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกันไม่เกิน</td> <td>1%</td> <td>ให้ 4 คะแนน</td> </tr> </table>	คำตอบที่ซ้ำกัน	12% ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกัน	6-11%	ให้ 1 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกัน	3-5%	ให้ 2 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกัน	2%	ให้ 3 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกันไม่เกิน	1%	ให้ 4 คะแนน
คำตอบที่ซ้ำกัน	12% ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน														
คำตอบที่ซ้ำกัน	6-11%	ให้ 1 คะแนน														
คำตอบที่ซ้ำกัน	3-5%	ให้ 2 คะแนน														
คำตอบที่ซ้ำกัน	2%	ให้ 3 คะแนน														
คำตอบที่ซ้ำกันไม่เกิน	1%	ให้ 4 คะแนน														

สำหรับแบบทดสอบข้อที่ 3.

ความคิดคล่อง	ถ้าการดำเนินการที่นักเรียนเขียนเป็นการดำเนินการของจำนวนนับ a, b ที่มีรูปแบบต่างๆ กัน และยกตัวอย่างประกอบได้อย่างถูกต้อง แล้วผู้ตรวจจะให้คะแนน การดำเนินการละ 5 คะแนน										
ความคิดยืดหยุ่น	<p>การดำเนินการในแต่ละข้อสามารถจัดเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การดำเนินการประเภทที่เป็นการบวก 2. การดำเนินการประเภทที่เป็นการลบ 3. การดำเนินการประเภทที่เป็นการคูณ 4. การดำเนินการประเภทที่เป็นการหาร 5. การดำเนินการประเภทที่เป็นการบวกและลบ 6. การดำเนินการประเภทที่เป็นการบวกและหาร <p>ถ้าการดำเนินการที่นักเรียนตอบมีความแตกต่างกัน และแต่ละข้อสามารถจัดเข้าประเภทต่างๆ ใน 6 ประเภทข้างต้น แล้วผู้ตรวจจะนับจำนวนประเภทของการดำเนินการ แล้วให้คะแนนประเภทละ 5 คะแนน</p>										
ความคิดริเริ่ม	<p>ผู้ตรวจพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของความถี่ของคำตอบแต่ละคำตอบของผู้เข้าสอบทั้งหมด ซึ่งจะตรวจสอบว่าการดำเนินการแต่ละการดำเนินการนั้น มีนักเรียนตอบซ้ำกันคิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ แล้วให้คะแนนตามเกณฑ์ต่อไปนี้</p> <table style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน 12% ขึ้นไป</td> <td>ให้ 0 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน 6-11%</td> <td>ให้ 1 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน 3-5%</td> <td>ให้ 2 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน 2%</td> <td>ให้ 3 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกันไม่เกิน 1%</td> <td>ให้ 4 คะแนน</td> </tr> </table>	คำตอบที่ซ้ำกัน 12% ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกัน 6-11%	ให้ 1 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกัน 3-5%	ให้ 2 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกัน 2%	ให้ 3 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกันไม่เกิน 1%	ให้ 4 คะแนน
คำตอบที่ซ้ำกัน 12% ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน										
คำตอบที่ซ้ำกัน 6-11%	ให้ 1 คะแนน										
คำตอบที่ซ้ำกัน 3-5%	ให้ 2 คะแนน										
คำตอบที่ซ้ำกัน 2%	ให้ 3 คะแนน										
คำตอบที่ซ้ำกันไม่เกิน 1%	ให้ 4 คะแนน										

สำหรับแบบทดสอบข้อที่ 4.

ความคิดคล่อง	ถ้าวิธีซื้อสินค้าแตกต่างกัน และวิธีที่จำนวนเสื้อเท่ากัน มีไม่เกิน 2 ข้อ ผู้ตรวจจะให้คะแนนวิธีละ 5 คะแนน										
ความคิดยืดหยุ่น	<p>วิธีแต่ละวิธีสามารถจัดเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ซื้อเสื้อจำนวน 1 ชิ้น 2. ซื้อเสื้อจำนวน 2 ชิ้น 3. ซื้อเสื้อจำนวน 3 ชิ้น <p>ถ้าวิธีที่นักเรียนนักเรียนตอบมีความแตกต่างกัน และแต่ละข้อสามารถจัดเข้าประเภทต่างๆ ใน 3 ประเภทข้างต้น แล้วผู้ตรวจจะนับจำนวนประเภทของข้อาคัดคะแนน แล้วให้คะแนนประเภทละ 5 คะแนน</p>										
ความคิดริเริ่ม	<p>ผู้ตรวจพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของความถี่แต่ละวิธีของผู้เข้าสอบทั้งหมด ซึ่งจะตรวจสอบว่าวิธีแต่ละวิธีนั้น มีนักเรียนตอบซ้ำกันคิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ แล้วให้คะแนนตามเกณฑ์ต่อไปนี้</p> <table border="0" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน 12% ขึ้นไป</td> <td>ให้ 0 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน 6-11%</td> <td>ให้ 1 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน 3-5%</td> <td>ให้ 2 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน 2%</td> <td>ให้ 3 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกันไม่เกิน 1%</td> <td>ให้ 4 คะแนน</td> </tr> </table>	คำตอบที่ซ้ำกัน 12% ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกัน 6-11%	ให้ 1 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกัน 3-5%	ให้ 2 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกัน 2%	ให้ 3 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกันไม่เกิน 1%	ให้ 4 คะแนน
คำตอบที่ซ้ำกัน 12% ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน										
คำตอบที่ซ้ำกัน 6-11%	ให้ 1 คะแนน										
คำตอบที่ซ้ำกัน 3-5%	ให้ 2 คะแนน										
คำตอบที่ซ้ำกัน 2%	ให้ 3 คะแนน										
คำตอบที่ซ้ำกันไม่เกิน 1%	ให้ 4 คะแนน										

สำหรับแบบทดสอบข้อที่ 5.

ความคิดคล่อง	ถ้าวิธีการหระยะห่างจากเรือ/ เกาะถึงฝั่งแต่ละวิธีมีความแตกต่างกัน ผู้ตรวจจะให้คะแนนวิธีละ 5 คะแนน										
ความคิดยืดหยุ่น	<p>วิธีหระยะห่างจากเรือ/ เกาะถึงฝั่งแต่ละวิธีนั้น สามารถจัดเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. หระยะห่างด้วยการวัด 2. หระยะห่างด้วยวิธีการคำนวณ โดยใช้สูตรต่างๆ <p>ถ้าวิธีที่นักเรียนนักเรียนตอบมีความแตกต่างกัน และแต่ละข้อสามารถจัดเข้าประเภทต่างๆ ใน 2 ประเภทข้างต้น แล้วผู้ตรวจจะนับจำนวนประเภทของข้อาคาดคะแนน แล้วให้คะแนนประเภทละ 5 คะแนน</p>										
ความคิดริเริ่ม	<p>ผู้ตรวจพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของความถี่แต่ละวิธีของผู้เข้าสอบทั้งหมด ซึ่งจะตรวจสอบว่าวิธีแต่ละวิธีนั้น มีนักเรียนตอบซ้ำกันคิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ แล้วให้คะแนนตามเกณฑ์ต่อไปนี้</p> <table border="0" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน 12% ขึ้นไป</td> <td>ให้ 0 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน 6-11%</td> <td>ให้ 1 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน 3-5%</td> <td>ให้ 2 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกัน 2%</td> <td>ให้ 3 คะแนน</td> </tr> <tr> <td>คำตอบที่ซ้ำกันไม่เกิน 1%</td> <td>ให้ 4 คะแนน</td> </tr> </table>	คำตอบที่ซ้ำกัน 12% ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกัน 6-11%	ให้ 1 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกัน 3-5%	ให้ 2 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกัน 2%	ให้ 3 คะแนน	คำตอบที่ซ้ำกันไม่เกิน 1%	ให้ 4 คะแนน
คำตอบที่ซ้ำกัน 12% ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน										
คำตอบที่ซ้ำกัน 6-11%	ให้ 1 คะแนน										
คำตอบที่ซ้ำกัน 3-5%	ให้ 2 คะแนน										
คำตอบที่ซ้ำกัน 2%	ให้ 3 คะแนน										
คำตอบที่ซ้ำกันไม่เกิน 1%	ให้ 4 คะแนน										

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

1. ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ ที่คำนวณโดยใช้โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - coefficient) ของ Cronbach

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนการทดลอง

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right) \\ &= \frac{5}{5-1} \left(1 - \frac{974.93}{1982.12} \right) \\ &= 0.64\end{aligned}$$

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังการทดลอง

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right) \\ &= \frac{5}{5-1} \left(1 - \frac{1299.54}{2535.94} \right) \\ &= 0.61\end{aligned}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบรายข้อ โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers แสดงในตารางที่ 8 ต่อไปนี้

ตารางที่ 8 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนการทดลองและฉบับหลังการทดลอง

ข้อที่	ค่าความยาก(p)	ค่าอำนาจจำแนก
ฉบับก่อนการทดลอง		
1	0.35	0.43
2	0.36	0.62
3	0.52	0.52
4	0.6	0.49
5	0.43	0.69
ฉบับหลังการทดลอง		
1	0.38	0.55
2	0.53	0.53
3	0.43	0.43
4	0.47	0.48
5	0.49	0.49

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก จ

ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าความแปรปรวน (F-test)
และความแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิต (t-test) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาคณิตศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลอง
ของกลุ่มตัวอย่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าความแปรปรวน (F-test) และความแตกต่างของค่า
มัชฌิมเลขคณิต (t-test) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลองของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 9 ค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{x}) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง ในการสอบกลางปี
ปีการศึกษา 2548 ค่าเอฟ (F-test) และค่าที (t-test)

กลุ่มตัวอย่าง	n	\bar{x}	s	F	t
กลุ่มทดลอง	34	13.68	3.11	1.586	1.112
กลุ่มควบคุม	34	12.91	2.53		

*p<.05

ตารางที่ 10 ค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{x}) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนนความคิด
สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลองของกลุ่มตัวอย่าง
ค่าเอฟ (F-test) และค่าที (t-test)

กลุ่มตัวอย่าง	n	\bar{x}	s	F	t
กลุ่มทดลอง	34	92.18	43.29	0.074	5.534*
กลุ่มควบคุม	34	39.76	34.29		

*p<.05

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวธีรนาถ ธงงาม เกิดเมื่อวันที่ 13 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2522
อยู่บ้านเลขที่ 113 หมู่ที่ 9 ตำบลสระบัว อำเภอปทุมรัตต์ จังหวัดร้อยเอ็ด สำเร็จการศึกษาปริญญา
ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชามัธยมศึกษา (แผนกวิทยาศาสตร์) วิชาเอกคณิตศาสตร์ โครงการเร่งรัด
การผลิตและพัฒนาบัณฑิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ของประเทศ (รพค.)
จากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2544 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตร
ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยี
การศึกษา ในปีการศึกษา 2547 ปัจจุบันรับราชการครู โรงเรียนขวาววิทยาคาร อำเภอเสลภูมิ
จังหวัดร้อยเอ็ด



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย