



การศึกษาลักษณะสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความคิดทางเรขาคณิต เรื่องวงกลมของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The

Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน

A STUDY OF LEARNING ACHIEVEMENT IN MATHEMATICS AND CIRCULAR
GEOMETRIC THINKING

พิพากษา บุญฤทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2561

การศึกษาลักษณะพฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์และความคิดทางเรขาคณิต เรื่องวงกลม
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้
โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

A STUDY OF LEARNING ACHIEVEMENT IN MATHEMATICS AND CIRCULAR
GEOMETRIC THINKING
AMONG MATHAYOMSUKSA THREE STUDENTS LEARNING BY USING THE
GEOMETER SKETCHPAD PROGRAM (GSP)
WITH A CONCEPT OF FLIPPED CLASSROOM ACTIVITIES



A Thesis Submitted in partial Fulfillment of Requirements
for MASTER OF EDUCATION (Educational Science & Learning Management)

Faculty of Education Srinakharinwirot University

2018

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความคิดทางเรขาคณิต เรื่องวงกลมของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad
(GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน

ของ

พิพक्षा นุญฤทธิ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์จักรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร.สุนิสา สุมิตรณะ)

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชูชาติ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี)

ชื่อเรื่อง	การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความคิดทางเรขาคณิต เรื่อง วงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน
ผู้วิจัย	พิพาภา นุญฤทธิ์
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. สุนิสา สุมิตรณะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1)เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน เรื่อง วงกลมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน 2)เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเรื่อง วงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านกับเกณฑ์ร้อยละ 70 3) ศึกษาระดับความคิดทางเรขาคณิตก่อนและหลังเรียนเรื่อง วงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพืชมงคล เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โดยได้มาจากกลุ่มจำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 32 คน ซึ่งได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยดำเนินการสอนกับนักเรียนทั้งหมด 11 คาบ คาบละ 55 นาที เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องวงกลม แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน (มีค่าความเชื่อมั่น KR-20 เท่ากับ 0.53) และแบบวัดความคิดทางเรขาคณิตเรื่องวงกลม แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกฉบับก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน (มีค่าความเชื่อมั่น KR-20 เท่ากับ 0.68) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติ t-test one group t-test for dependent samples การหาค่าร้อยละ และนำเสนอค่าทางสถิติโดยใช้ตารางแจกแจงความถี่และกราฟ โดยผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง วงกลมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องวงกลมผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับความคิดทางเรขาคณิตหลังเรียนสูงขึ้นจากก่อนเรียนโดยมากที่สุดอยู่ในระดับ 2(การอนุมานอย่างไม่มีแบบแผน)และระดับ 3 (การอนุมานอย่างมีแบบแผน)

คำสำคัญ : โปรแกรมThe Geometer's Sketchpad(GSP), แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน, ระดับความคิดทางเรขาคณิต

Title	A STUDY OF LEARNING ACHIEVEMENT IN MATHEMATICS AND CIRCULAR GEOMETRIC THINKING AMONG MATHAYOMSUKSA THREE STUDENTS LEARNING BY USING THE GEOMETER SKETCHPAD PROGRAM (GSP) WITH A CONCEPT OF FLIPPED CLASSROOM ACTIVITIES
Author	PIPAKSA BOONRID
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2018
Thesis Advisor	Sunisa Sumirattana , Ph.D.

The objectives of this study were as follows: 1) to compare the academic achievement of Mathayomsuksa three students who were taught using the Geometer's Sketchpad Program (GSP) along with the concept of Flipped Classroom activities with a seventy percent standardized criterion; 2) to compare academic achievement before and after learning; 3) to study levels of Geometric Thinking based on the Van Hiele Model by using the Geometer Sketchpad Program (GSP) with the concept of Flipped Classroom activities before and after learning. The subjects of this study were thirty-two Mathayomsuksa Three students of Taweethapisek School in the Bangkok Yai District of Bangkok, during the first semester of the 2018 academic year. The students were randomly selected using cluster random sampling. The total time spent teaching consisted of eleven periods, fifty five minutes each. The instruments used for data collection consisted of an achievement test and a geometric thinking level test. A one group Pretest-Posttest design was used in this study. The data were statistically analyzed using a one-group t-test and a t-test for dependent samples. The results of study revealed the following: 1) academic achievement of students who had achieved sixty percent standardize criterion at the .05 level of statistical significance; 2) students had academic achievement at a statistically the higher level than before the experiment at the a .05 level of significance; 3) the students had the most increasing levels of geometric thinking based on the Van Hiele Model at level two (Informal Deduction) and level three (formal Deduction)

Keyword : Flipped Classroom, Geometer Sketchpad Program(GSP), Geometric Thinking, Van Hiele Model

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือ แนะนำและให้คำปรึกษาอย่างดียิ่งของท่านอาจารย์ ดร.สุณิสา สุมิตรณะ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาถ่ายทอดความรู้ แนวคิด วิธีการ คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ ตลอดจน รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ชูชาติ ที่กรุณาให้เกียรติเป็นประธานในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี กรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. ประพนธ์ จ่ายเจริญ ประธานกรรมการสอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้ปริญญานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ น่วมนุ้ม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศันสนีย์ เณรเทียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิศวรา เลิศอมรพงษ์ นางสาวสุทธาทิพย์ มะโนแจ่ม นางสาวฉัฐมดี เมฆเมืองทอง นายบุญเสียร คงกลับ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและกรุณาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง และให้คำแนะนำในการสร้างเครื่องมือให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งบุคคลที่ผู้วิจัยได้อ้างอิงทางวิชาการตามที่ปรากฏในบรรณานุกรม

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนทวิธาภิเศกและคุณครูโรงเรียนทวิธาภิเศกทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยและขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนทวิธาภิเศก ทำให้วิทยานิพนธ์ของผู้เขียนครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ นายกุลชร บุญฤทธิ์ นางสุนิสา บุญฤทธิ์ และนางสาววรลักษณ์บุญฤทธิ์ และญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนทั้งด้านกำลังใจและกำลังใจด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณนางสาวชมพูนุท บัวเงิน ที่ได้ช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูล นอกจากนี้ยังมีผู้ให้ความช่วยเหลืออีกหลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ได้ทั้งหมด จึงขอขอบคุณท่านเหล่านั้นไว้ในโอกาสนี้คุณค่าทั้งหมดยังที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูตเวทีแด่บิดามารดา และบูรพาจารย์ที่เคยอบรมสั่งสอน ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

พิพากษา บุญฤทธิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญรูปภาพ.....	ท
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	5
ขอบเขตของการวิจัย	5
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย.....	5
กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย.....	6
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย.....	6
ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง	8
ตัวแปรที่ศึกษา	8
นิยามคำศัพท์เฉพาะ	8
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	12
สมมุติฐานของการวิจัย.....	13
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห้องเรียนกลับด้าน	15
ความหมายของห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom).....	15

ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ห้องเรียนกลับด้าน	16
ลักษณะห้องเรียนห้องเรียนกลับด้าน.....	19
ห้องเรียนกลับด้านกับการจัดการเรียนการสอน	26
ประโยชน์ของการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้าน.....	27
การจัดกิจกรรมห้องเรียนห้องเรียนกลับด้าน	31
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ห้องเรียนกลับด้าน	34
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรม GSP	36
ความเป็นมาของโปรแกรมGSP	36
ความหมายของโปรแกรม GSP	37
การใช้งานโปรแกรม The Geometer's Sketchpad Program (GSP) เบื้องต้น	38
ประโยชน์ของโปรแกรม GSPในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์.....	41
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนการใช้โปรแกรม GSP	43
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดทางเรขาคณิต.....	44
ความเป็นมาของแนวคิดของแวน ฮีลี	44
ระดับความคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบของแวน ฮีลี	45
ลักษณะสำคัญของระดับความคิดทางเรขาคณิต	46
ขั้นตอนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดทางเรขาคณิต	48
การจัดกิจกรรมตามความคิดตามระดับความคิดทางเรขาคณิต	49
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความคิดทางเรขาคณิต	52
4.เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	56
ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	56
วิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	58
ประโยชน์ของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	64
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	65

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	68
การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	68
ประชากร	68
กลุ่มตัวอย่าง	68
การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	68
1. แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เรื่องวงกลม	69
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องวงกลม	76
3. แบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิตเรื่อง วงกลม	78
การเก็บรวบรวมข้อมูล	84
แบบแผนการวิจัย	84
การเก็บรวบรวมข้อมูล	85
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	86
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	86
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ	91
สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	98
อภิปรายผล	99
ข้อเสนอแนะ	101
การนำไปใช้ประโยชน์	101
ภาคผนวก	102
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	103
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	105
ภาคผนวก ค การออกแบบและผลการวิเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	110

ภาคผนวก ง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer'sSketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เรื่องวงกลม	91
บรรณานุกรม.....	106
ประวัติผู้เขียน	111



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1สรุปคะแนนค่าเฉลี่ยสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของการทดสอบทางการศึกษา ระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ทั่วประเทศปีการศึกษา 2558	2
ตาราง 2 สรุปคะแนนค่าเฉลี่ยในมาตรฐานที่ 3เรขาคณิตกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของการทดสอบทางการศึกษา ระดับชาติขั้นพื้นฐาน(O-NET)ทั่วประเทศปีการศึกษา 2558.....	2
ตาราง 3 แสดงลำดับเนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน	6
ตาราง 4 แสดงวิธีการจำแนกผู้สอบของ Usiskin ตามลำดับชั้นของแวน ฮีลี และแปะระดับชั้นความคิดทางเรขาคณิตจากแต้มคะแนนรวมทั้งหมดตามลำดับชั้นของแวน ฮีลี	11
ตาราง 5 เปรียบเทียบกิจกรรมและเวลาเรียนระหว่างห้องเรียนแบบเดิมกับห้องเรียนกลับด้าน	20
ตาราง 6 แสดงชื่อและหน้าที่ต่างในโปรแกรม GSP(the Geometer's Sketchpad Program)	39
ตาราง 7 แสดงคำสั่งที่ใช้กำหนดคุณลักษณะของอ็อบเจกต์ในโปรแกรม GSP(the Geometer's Sketchpad Program).....	40
ตาราง 8แสดงตัวอย่างกิจกรรมที่บ่งชี้ถึงพฤติกรรมแต่ละระดับชั้นของแวน ฮีลี	49
ตาราง 9แสดงช่วงเวลาและชนิดของข้อสอบที่ใช้ในการทำการวิจัยของ Usiskin	55
ตาราง 10แสดงรายละเอียดของกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง วงกลม รายคาบมีดังนี้.....	71
ตาราง 11แสดงรายละเอียดของชนิดของข้อคำถามระดับความคิดทางเรขาคณิตของ แวน ฮีลี ในแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่อง วงกลม	79
ตาราง 12แสดงวิธีการจำแนกผู้สอบของ Usiskin ตามลำดับชั้นของแวน ฮีลี และแปะระดับชั้นความคิดทางเรขาคณิตจากแต้มคะแนนรวมทั้งหมดตามลำดับชั้นของแวน ฮีลี	81
ตาราง 13 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องวงกลมก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน (คะแนนเต็ม 20 คะแนน).....	86

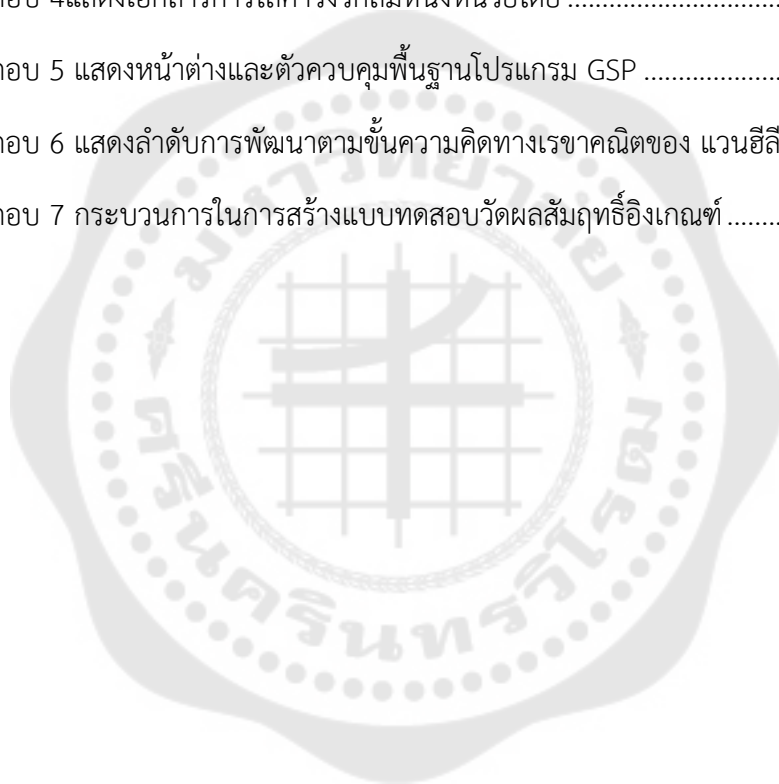
ตาราง 14 แสดงผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเรื่อง วงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 20 คะแนน).....	87
ตาราง 15 ผลการเปรียบเทียบระดับความคิดทางเรขาคณิตก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน (จำนวน 32 คน).....	87
ตาราง 16 ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงลำดับความคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน.....	88
ตาราง 17 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก	106
ตาราง 18 ตารางความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก	107
ตาราง 19 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่องวงกลม ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก	108
ตาราง 20 ค่าความยาก(p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่อง วงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก	109
ตาราง 21 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ด้านโครงสร้างของข้อคำถามระหว่างข้อสอบ ชุด A และ ชุด B ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ	110
ตาราง 22 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ด้านโครงสร้างของข้อคำถามระหว่างข้อสอบ ชุด A และ ชุด B ของแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่องวงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ.....	111
ตาราง 23 การวิเคราะห์การออกแบบการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามระดับพฤติกรรมของวิลสัน.....	111
ตาราง 24 การวิเคราะห์การออกแบบการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามระดับพฤติกรรมของวิลสัน.....	112

ตาราง 25 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องวงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 แบบ เลือกตอบ 4 ตัวเลือกก่อนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 32 คน (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)	113
ตาราง 26 คะแนนระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่องวงกลมชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 32 คนก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (คะแนนเต็ม 20 คะแนน).....	114
ตาราง 27 คะแนนระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่องวงกลมชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 32 คนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (คะแนนเต็ม 20 คะแนน).....	115



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 โมเดลห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom Model).....	22
ภาพประกอบ 2 แสดงการเปรียบเทียบการเรียนรู้แบบเดิมกับการเรียนห้องเรียนกลับด้าน	23
ภาพประกอบ 3 แสดงความสัมพันธ์ของวิธีการสอนที่สัมพันธ์กับพัฒนาทางสติปัญญา.....	24
ภาพประกอบ 4แสดงเอกสารการใส่ค่าวงกลมหนึ่งหน่วยโดย	34
ภาพประกอบ 5 แสดงหน้าต่างและตัวควบคุมพื้นฐานโปรแกรม GSP	38
ภาพประกอบ 6 แสดงลำดับการพัฒนาตามขั้นความคิดทางเรขาคณิตของ แวนฮิลลี.....	47
ภาพประกอบ 7 กระบวนการในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เชิงเกณฑ์.....	63



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 หมวด 4 แนวทางการจัดการศึกษาได้กำหนดให้ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถ เรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนสำคัญที่สุด โดยกระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ(หนังสือราชกิจจานุเบกษา ฉบับกฤษฎีกา, 2542) ดังนั้นในการจัดกระบวนการเรียนรู้ต้องฝึกการปฏิบัติ คิดเป็น ทำเป็น รวมทั้งส่งเสริมสนับสนุนการสร้างบรรยากาศ สภาพห้องเรียน สื่อการเรียนเพื่ออำนวยความสะดวกและประเมินพัฒนาการของผู้เรียน สังเกตพฤติกรรมการเรียนซึ่งสอดคล้องกับสมเดช บุญประจักษ์ (2551) ที่กล่าวว่าธรรมชาติของคณิตศาสตร์เป็นวิชาเกี่ยวกับการคิด ที่ต้องอาศัยประสบการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น จนนำไปสู่ความคิดรวบยอดซึ่งมีแบบแผนหรือกฎที่แน่นอนโดยแต่ละขั้นตอนมีเหตุผลอย่างสมเหตุสมผลสามารถตรวจสอบได้ อีกทั้งคณิตศาสตร์ยังมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์และความเจริญก้าวหน้าของโลก ในแง่ที่คณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานในการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ รวมทั้งเป็นเครื่องมือในการพัฒนาความคิดที่หลากหลายทั้งการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ คิดอย่างมีเหตุผล คิดอย่างมีวิจารณ์ญาณและคิดอย่างเป็นระบบ และมีระเบียบแบบแผน ซึ่งลักษณะการคิดดังกล่าวทำให้มนุษย์สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555)และ(สิริพร ทิพย์คง, 2545)

สำหรับเรขาคณิตเป็นวิชาหนึ่งในวิชาคณิตศาสตร์ที่ปรากฏอยู่รอบตัวทั้งที่เป็นธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยเนื้อหาทางเรขาคณิตส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นนามธรรมที่มีโครงสร้างประกอบด้วยข้อตกลงเบื้องต้นในรูปของคำนิยาม นิยามและสัจพจน์ การให้เหตุผลเพื่อสร้างทฤษฎีบทต่าง ๆ ที่นำไปใช้ได้อย่างเป็นระบบคณิตศาสตร์จึงมีความถูกต้อง เทียงตรง คงเส้นคงวามีความเป็นเหตุเป็นผล และมีความสมบูรณ์ในตัวเอง และมีบทบาทสำคัญต่อวิทยาการสาขาอื่น ๆ เช่น วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ สถาปัตยกรรมศาสตร์ ศิลปกรรมศาสตร์ และเป็นวิชาที่มีการฝึกทักษะความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ทักษะการคิดหาเหตุผล และทักษะการแก้ปัญหา ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนและชีวิตประจำวัน ช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีเหตุผล ทำงานเป็นระบบ (วรรณวิภา สุทธิเกียรติ, 2542)ด้วยความสำคัญดังกล่าวทำให้เรขาคณิตยังถูกกำหนดเป็นสาระ

หลักที่จำเป็นสำหรับนักเรียนทุกคนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 โดยสำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2555) ได้ให้ความหมายของเรขาคณิตว่าเป็นแขนงหนึ่งที่ว่าด้วยการจำแนกประเภท สมบัติ และโครงสร้างของเซตของจุดที่เรียงกันอย่างมีระเบียบตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดให้เป็นรูปทรงต่างๆ เช่น เส้นตรง วงกลม รูปสามเหลี่ยม ระนาบ รูปกรวย เป็นต้น โดยมีเนื้อหาในการเรียนการสอนได้แก่ รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ การนิยามภาพแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิต เช่น การเลื่อนขนาน การสะท้อนและการหมุน เป็นต้น

แต่ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้ขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2558 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั่วประเทศ พบว่ามาตรฐานที่ 3 เรขาคณิต มีค่าเฉลี่ย 40.03 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็มเมื่อเทียบกับทุกมาตรฐาน (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2559) ตามตาราง 1 และตาราง 2 ดังนี้

ตาราง 1 สรุปคะแนนค่าเฉลี่ยสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของการทดสอบทางการศึกษา ระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ทั่วประเทศปีการศึกษา 2558

สาระการเรียนรู้	คะแนนเฉลี่ยร้อยละของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
1. จำนวนและการดำเนินการ	35.52
2. การวัด	37.32
3. เรขาคณิต	40.03
4. พีชคณิต	50.45
5. การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น	26.59
6. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์	9.23

ตาราง 2 สรุปคะแนนค่าเฉลี่ยในมาตรฐานที่ 3 เรขาคณิตกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของการทดสอบทางการศึกษา ระดับชาติขั้นพื้นฐาน(O-NET)ทั่วประเทศปีการศึกษา 2558

มาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์	คะแนนเฉลี่ยร้อยละของ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่3
ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ	33.44
ค. 3.2 ใช้การนึกภาพ(visualization)ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (spatial reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (geometric model) ในการแก้ปัญหา	43.33

ที่มา: สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2559). รายงานผลการประเมินคุณภาพผู้เรียนระดับชาติปี การศึกษา2558. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. หน้า86.

อนึ่งจากการศึกษาค้นคว้าวิธีการพัฒนาการเรียนรู้สอนเรขาคณิตโดยฉวีวรรณ เสวตมาลย์ (2544) ได้อธิบายไว้ว่า เรขาคณิตเป็นวิชาที่อุดมไปด้วยสื่อที่สามารถดึงดูดความสนใจและ จินตนาการ โดยกิจกรรมในเรขาคณิตพื้นฐานสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นสามารถนำมาใช้ แนะนำความคิดใหม่ ๆ หรือทบทวนความคิดเดิมโดยเริ่มต้นจากประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมที่ สามารถสัมผัสได้สร้างความเข้าใจที่มีความหมายก่อนที่จะพิสูจน์อย่างเป็นทางการเป็นขั้นตอน โดยกิจกรรมจะ ส่งเสริมให้มองเห็นภาพในใจส่งผลต่อการทำงานที่คล่องแคล่ว สร้างสรรค์ยิ่งขึ้นและนำไปสู่การ พัฒนาความคิดทางเรขาคณิตที่สูงขึ้น โดยจากการศึกษาของ Pierre Van Hiele และ Dina Van Hiele-Geldof ที่พบปัญหาในการเรียนเรขาคณิตนำไปสู่การพัฒนาปรับปรุงหลักสูตรวิชาเรขาคณิต และลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างมากประกอบด้วย 5 ขั้น ได้แก่ ระดับ 0 การนึกภาพ (Visualization) ระดับ 1 การวิเคราะห์ (Analysis) ระดับ 2 การอนุมานอย่าง ไม่มีแบบแผน (Informal Deduction) ระดับ 3 การอนุมานอย่างมีแบบแผน(Deduction) และ ระดับ 4 การคิดสุดยอด (Rigor) (Crowley, 1987) ซึ่งสอดคล้องกับ เสรี สุขโยธิน (2555)และ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555)ได้อธิบายการจัดการเรียนการสอน เรขาคณิตโดยใช้สื่อคือ โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)ไว้ว่า สามารถนำมาใช้ในการ เรียนการสอนคณิตศาสตร์สะดวกขึ้นเพราะสามารถแสดงการเคลื่อนไหวให้ผู้เรียนเห็นเป็น รูปธรรมเหมือนการสาธิตหรือการทดลองเพียงแค่เราเคลื่อนเมาส์เพื่อให้ลูกศรเลื่อนไปตามจุด ต่าง ๆ ส่งผลให้ผู้เรียนมองเห็นภาพได้อย่างถูกต้องฝึกคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาต่างๆ สามารถพิสูจน์ทฤษฎี นิยามต่างๆ สรุปรว ตั้งข้อคาดเดาและสืบค้นเพื่อยืนยันเหตุผล เกิดจินตนาการในการค้นคว้าหาเหตุผล เพิ่มเติมความรู้ ทำให้การเรียนคณิตศาสตร์

ง่ายขึ้นและสามารถนำมาใช้ในการประกอบการเรียนการสอนได้อย่างหลากหลายทาง
 เรขาคณิต เช่น เส้นตรงและมุม การสร้างความเท่ากันทุกประการ ทฤษฎีบทพีทาโกรัส เส้นขนาน
 ความคล้าย วงกลม เป็นต้น นอกจากนี้สามารถนำไปประยุกต์สร้างงานศิลปะได้แต่ในทาง
 ปฏิบัติการเรียนการสอนในห้องเรียนมีข้อจำกัดในเรื่องเวลา เนื้อหา ซึ่งทำให้การเรียนสอน
 โดยเฉพาะเรขาคณิตในห้องเรียนที่เน้นนักเรียนได้ลงมือทำ เช่นการพิสูจน์ทฤษฎี การแก้ปัญหา
 โจทย์ที่ซับซ้อนเป็นไปไดยากส่งผลต่อการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิตที่ไม่มี
 ประสิทธิภาพทำให้ผู้วิจัยค้นคว้ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยเพิ่มเวลาการเรียนรู้
 ของนักเรียนให้มากขึ้นโดยไม่จำกัดเฉพาะในห้องเรียนเท่านั้นซึ่งพบว่า จินดาร์ตน์ โพธิ์นอก
 (2557)และ สุพัตรา อุตมั่ง (2015)และ Muir and Geiger (2016)ได้อธิบายลักษณะการจัด
 การเรียนรู้ห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) ไว้สอดคล้องกันว่าเป็นการเรียน
 การสอนที่ผู้เรียนสามารถศึกษาสาระสำคัญของบทเรียนที่ครูจัดเอาไว้นอกชั้นเรียนจาก
 แหล่งความรู้ ที่ครูจัดเตรียมไว้ เช่น เอกสาร วิดีทัศน์ สื่อต่าง ๆ แล้วบันทึกหรือจดประเด็น
 สำคัญ นำผลงานหรือปัญหาที่บันทึกไว้ มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับครูหรือเพื่อนในห้องเรียนผ่าน
 กิจกรรมทั้งเดี่ยวและกลุ่มซึ่งนักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติจนนำไปสู่การเรียนรู้จริง (Mastery
 Learning) และช่วยเพิ่มปฏิสัมพันธ์รายบุคคลระหว่างนักเรียนกับครู นำไปสู่การช่วยเหลือนักเรียน
 เป็นรายบุคคลซึ่งสนับสนุนความสามารถและความแตกต่างของของนักเรียนแต่ละบุคคลในการ
 เรียนรู้ได้ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้านจะช่วย
 ส่งเสริมให้ครูมีเวลาในห้องเรียนเพื่อสอนการพิสูจน์ทางเรขาคณิตซึ่งเป็นความรู้ที่ต้อง
 ฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอเปลี่ยนบทบาทของครูจากผู้บอกความรู้ ประสพการณ์ให้นักเรียนใน
 ลักษณะที่ครูเป็นศูนย์กลาง (Teacher Center) เป็นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง (Student Center)
 โดยครูทำหน้าที่จุดประกายและอำนวยความสะดวกในการเรียน โดยกระบวนการเรียนรู้
 ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้านของนักเรียนจะพัฒนาตามวัฏจักรการเรียนรู้โดยหมุนเวียนกัน
 อย่างเป็นระบบ ได้แก่ 1. การกำหนดยุทธวิธีเพิ่มพูนประสบการณ์ (Experiential Engagement)
 2. การสืบค้นให้เกิดความคิดรวบยอด (Concept Exploration) 3. การสร้างองค์ความรู้อย่างมี
 ความหมาย (Meaning Making)และ 4. การสาธิตและประยุกต์ใช้ (Demonstration &
 Application) เป็นการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนด้วยตนเองในเชิงสร้างสรรค์โดย
 การจัดทำเป็นโครงงาน (Projection) และผ่านกระบวนการนำเสนอผลงาน(Presentations)
 ที่เกิดจากการสร้างสรรค์งาน

จากเหตุผลและประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้านที่สามารถเอื้อให้โปรแกรม GSP มีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนมากขึ้นข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วงกลม ซึ่งเป็นระดับที่มีเนื้อหาเหมาะสมในการพัฒนาความคิดทางเรขาคณิตเนื่องจากสามารถใช้โปรแกรม GSP แสดงเนื้อหาที่เป็นรูปธรรมเหมือนการสาธิตหรือการทดลอง รวมทั้งการเรียนการสอนตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้านจะช่วยเพิ่มเวลาในห้องเรียนเพื่อฝึกคิดการพิสูจน์ วิเคราะห์และการแก้ปัญหาต่าง ๆ เกี่ยวกับทฤษฎีทางเรขาคณิต ซึ่งเป็นพื้นฐานในการเรียนเรขาคณิตในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนและหลังเรียน เรื่องวงกลม ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่องวงกลม ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านกับเกณฑ์ร้อยละ 70
3. เพื่อศึกษาระดับความคิดทางเรขาคณิตก่อนและหลังเรียนเรื่องวงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนทวีธาภิเศก แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 ที่ได้รับการเรียนการสอนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 127 คน

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนทวีธาภิเศก แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านโดยได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 32 คนจากทั้งหมด 3 ห้องเรียน ซึ่งมีการจัดชั้นเรียนแบบ คณะความสามารถ

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วงกลม ซึ่งมีเนื้อหาประกอบด้วย รู้จักวงกลม มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม คอร์ด เส้นสัมผัสวงกลม เนื้อหาที่มีความเหมาะสมที่นักเรียนสามารถสำรวจสมบัติของวงกลมด้วยตนเองนอกห้องเรียนโดยอาศัยโปรแกรม GSP ซึ่งทำให้สิ่งที่เป็นามธรรมเป็นรูปธรรมได้อย่างชัดเจน และครูสามารถใช้เวลาในห้องเรียนพิสูจน์ทฤษฎีและทำโจทย์ที่ซับซ้อนขึ้นทำให้พัฒนาระดับความคิดทางเรขาคณิตที่สูงขึ้นดังนี้

ตาราง 3 แสดงลำดับเนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน

ลำดับที่	เนื้อหาทฤษฎีเรื่อง วงกลม
1	ส่วนประกอบเบื้องต้นของวงกลม
2	ทฤษฎี “รูปสามเหลี่ยมที่แนบในครึ่งวงกลมจะมีมุมที่เส้นรอบวงเป็นมุมฉาก”
3	ทฤษฎี “ในวงกลมเดียวกัน มุมที่จุดศูนย์กลางจะมีขนาดเป็นสองเท่าของขนาดมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน”
4	ทฤษฎี “ในวงกลมเดียวกัน มุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันจะมีขนาดเท่ากัน”
5	ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกันหรือวงกลมที่เท่ากันทุกประการทุกประการ ถ้ามุมที่จุดศูนย์กลางมีขนาดเท่ากันแล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมที่จุดศูนย์กลางจะยาวเท่ากัน”

ตาราง 3 (ต่อ)

ลำดับที่	เนื้อหาทฤษฎีเรื่อง วงกลม
	ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกัน หรือในวงกลมที่เท่ากันทุกประการ ถ้าส่วนโค้งยาวเท่ากัน แล้วมุมที่จุดศูนย์กลางที่รองรับด้วยส่วนโค้งนั้นจะมีขนาดเท่ากัน”
	ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกัน หรือในวงกลมที่เท่ากันทุกประการ ถ้ามุมในส่วนโค้งของวงกลมมีขนาดเท่ากันแล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมทั้งสองจะยาวเท่ากัน”
	ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกัน หรือในวงกลมที่เท่ากันทุกประการ ถ้าส่วนโค้งยาวเท่ากัน แล้วมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งนั้นจะมีขนาดเท่ากัน”
6	รูปหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่แนบในวงกลม
7	ทฤษฎี “ถ้าส่วนของเส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมตั้งฉากกับคอร์ดที่ไม่ใช่เส้นผ่านศูนย์กลางแล้วส่วนของเส้นตรงนั้นจะแบ่งครึ่งคอร์ด” ทฤษฎี “ถ้าส่วนของเส้นตรงซึ่งผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมแบ่งครึ่งคอร์ดซึ่งไม่ใช่เส้นผ่านศูนย์กลางแล้วส่วนของเส้นตรงนั้นจะตั้งฉากกับคอร์ด”
8	ทฤษฎี “ในวงกลมวงหนึ่ง ถ้าคอร์ดสองเส้นยาวเท่ากัน แล้วคอร์ดทั้งสองนั้นจะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นระยะเท่ากัน” ทฤษฎี “ถ้าคอร์ดสองเส้นอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นระยะเท่ากัน แล้วคอร์ดทั้งสองยาวเท่ากัน ”
9	การหาขนาดของมุมของจุดตัดภายนอกและภายในของวงกลมที่เกิดจากคอร์ดสองเส้นตัดกัน
10	การตัดกันของคอร์ด
11	ทฤษฎี “เส้นสัมผัสวงกลมจะตั้งฉากกับรัศมีของวงกลมที่จุดสัมผัส” ทฤษฎี “เส้นตรงที่ตั้งฉากกับรัศมีของวงกลมที่จุดจุดหนึ่งบนวงกลมจะเป็นเส้นสัมผัสวงกลมที่จุดนั้น”

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองด้วยตนเองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โดยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านจำนวน 11 คาบ คาบละ 55 นาที และใช้เวลานอกห้องเรียนประมาณ 20 นาที

ตัวแปรที่ศึกษา

5.1. ตัวแปรจัดกระทำ ได้แก่

5.1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน

5.2. ตัวแปรตาม ได้แก่

5.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องวงกลม

5.2.2 ระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่องวงกลม

นิยามคำศัพท์เฉพาะ

แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) หมายถึง การเรียนการสอนที่เปลี่ยนการใช้ช่วงเวลาของการบรรยายเนื้อหาในห้องเรียนเป็นการทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาให้เกิดการเรียนรู้จริง ส่วนการศึกษาเนื้อหาของบทเรียนจะใช้เวลานอกชั้นเรียนผ่านสื่อ เทคโนโลยีที่ครูได้เตรียมไว้ล่วงหน้า

โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) หมายถึง ชุดคำสั่ง ซอฟต์แวร์สำหรับเครื่องคณิตศาสตร์ที่ช่วยในการแสดงการเคลื่อนไหวรูปเรขาคณิตจากนามธรรมเป็นรูปธรรมเหมือนการสาธิตหรือการทดลอง ทำให้ผู้เรียนมองเห็นรูปเรขาคณิตได้อย่างถูกต้องช่วยในเรื่องการฝึกคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาต่าง ๆ สามารถพิสูจน์ทฤษฎี นิยามต่าง ๆ ของวงกลมได้ง่าย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน หมายถึง การเรียนการสอนในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมเรื่อง วงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยนักเรียนใช้เวลานอกชั้นเรียนศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจทฤษฎีวงกลมใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) เป็นเครื่องมือช่วยแสดงการเคลื่อนไหวรูปวงกลมให้ผู้เรียนเห็นเป็นรูปธรรมผ่านสื่อที่ครูจัดเตรียมไว้ใน Google Classroom เช่น วิดีทัศน์ ใบความรู้ แล้วใช้เวลาในห้องเรียนฝึกทำแบบฝึกหัด หรือการพิสูจน์ทฤษฎีต่าง ๆ โดยมีกระบวนการจัดการเรียนการสอนดังนี้

ขั้นศึกษาเนื้อหานอกชั้นเรียน

1. นักเรียนศึกษาเนื้อหาจากวีดิทัศน์ในGoogle Classroom เกี่ยวกับทฤษฎีวงกลมที่ครูแสดงการเคลื่อนไหวรูปวงกลมประกอบใบงานในกรณีที่แตกต่างกันเพื่อให้นักเรียนจดบันทึกสิ่งที่สังเกตได้และคาดเดาทฤษฎี

2. ครูสรุปทฤษฎีวงกลมและแสดงตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับทฤษฎีวงกลม 1-2ข้อ

3. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดโดยเป็นโจทย์อย่างง่าย 1-2 ข้อเกี่ยวกับทฤษฎีที่ได้เรียนไปแล้วด้วยตัวเองแล้วมาเฉลยในห้องเรียน

4. นักเรียนส่งใบงานภายในเวลาก่อนคาบ1 ในวันที่กำหนดส่งงาน

ขั้นการเรียนการสอนในห้องเรียน

5. ครูตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีวงกลมโดยครูถามคำถามเกี่ยวกับบทนิยามทฤษฎีที่นักเรียนได้ศึกษานอกชั้นเรียนโดยเขียนอธิบายเป็นภาษาของตนเองเพื่อตรวจสอบการดูวิดิทัศน์

6. ครูสอบถามข้อสงสัยเกี่ยวกับทฤษฎี แบบฝึกหัดและข้อจำกัดในการเรียนขั้นศึกษาเนื้อหานอกชั้นเรียน

7. ครูขึ้นข้อความทฤษฎีวงกลมที่นักเรียนได้ศึกษามาแล้วประกอบรูปวงกลมในโปรแกรม GSP และให้นักเรียนบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ถามแล้วให้นักเรียนสำรวจรูปวงกลมโดยใช้โปรแกรมGSP เช่น การเคลื่อนไหวรูป การวัดขนาดของมุม การวัดความยาวส่วนของเส้นตรง ซึ่งครูใช้การซักถามทำให้นักเรียนสร้างข้อความ เหตุผลประกอบการพิสูจน์ในแต่ละขั้นตอน

8. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดทั้งแบบรายบุคคลหรือแบบกลุ่มโดยเป็นโจทย์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นโดยครูให้คำปรึกษาพร้อมทั้งให้ผลป้อนกลับ

9. ครูใช้การถามตอบประกอบการซักถามเพื่อให้นักเรียนสรุปบทเรียนร่วมกันอีกครั้ง

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึงความรู้ ความสามารถทางสติปัญญา (Cognitive Domain) ที่ได้รับการพัฒนาความรู้และทักษะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง วงกลม ซึ่งวัดจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรและได้รับการตรวจสอบคุณภาพแล้วว่าสอดคล้องกับพฤติกรรมด้านสติปัญญา (Cognitive Domain) ความรู้และความคิดในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนตาม 4 ขั้นตอนของวิลสัน (Wilson. 1971:643-696) ดังนี้

1) ความรู้ความจำ (Computation) คือ พฤติกรรมระดับต่ำสุดแบ่งเป็น 3 ชั้น ได้แก่ ความรู้ความจำ เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม และความสามารถในการใช้กระบวนการคิดคำนวณ

2) ความเข้าใจ (Comprehension) คือ พฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมระดับความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ แต่ซับซ้อนกว่า แบ่งเป็น 6 ชั้น ได้แก่ ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติ ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎทางคณิตศาสตร์และการสรุปอ้างอิงในกรณีทั่วไป ความเข้าใจในโครงสร้าง ความสามารถในการเปลี่ยนรูปแบบปัญหาจากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง ความสามารถในการติดตามแนวของเหตุผล และความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3) การนำไปใช้ (Application) คือ ความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคย เพราะคล้ายกับปัญหาที่นักเรียนสะสมอยู่ในระหว่างเรียนหรือแบบฝึกหัดที่นักเรียนเลือกกระบวนการแก้ปัญหา และดำเนินการแก้ปัญหาจนได้คำตอบออกมา

4) การวิเคราะห์ (Analysis) คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาที่นักเรียนไม่เคยเห็นหรือไม่เคยทำแบบฝึกหัดนั้นมาก่อนซึ่งส่วนใหญ่เป็นโจทย์พลิกแพลง แต่ก็อยู่ในขอบเขตของเนื้อหาวิชาที่เรียน การแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าว ต้องอาศัยความรู้ที่ได้เรียนร่วมกับความคิดสร้างสรรค์ ผสมผสานกันเพื่อแก้ปัญหา พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าพฤติกรรมขั้นสูงของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องใช้สมรรถภาพสมองระดับสูง

ความคิดทางเรขาคณิต (Geometric Thinking) หมายถึงลักษณะของความคิดที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรขาคณิตทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Pierre Van Hiele และ Dina Van Hiele โดยได้จำแนกแนวคิดทางเรขาคณิตจากระดับต่ำที่สุดไปสู่ระดับสูงที่สุดเป็น 5 ระดับ ได้แก่

ระดับ 0 การนึกภาพ (Visualization) เป็นการคิดที่เกี่ยวข้องกับรูปเรขาคณิตในลักษณะที่เห็นรูปเรขาคณิตแล้วรู้จักชื่อสามารถบอกชื่อได้ แต่ไม่สามารถบอกสมบัติทางเรขาคณิตของรูปได้

ระดับ 1 เรขาคณิต หรือรูปภาพที่กำหนดให้ด้วยการสังเกตและการทดลอง การมองเห็นคุณลักษณะของรูปเรขาคณิตสามารถบอกรายละเอียดข้อเท็จจริงที่เป็นสมบัติร่วมกันของรูปเรขาคณิตเป็นประเภทๆได้

ระดับ 2 การอนุมานที่ไม่มีแบบแผน (Informal Deduction) เป็นการคิดที่เกี่ยวข้องกับการบอกสมบัติของรูปเรขาคณิตรูปหนึ่งได้พร้อมกันทั้งสมบัติของรูปเรขาคณิตเองและ

สมบัติร่วมกับรูปเรขาคณิตอื่นๆซึ่งเป็นการสรุปโดยไม่ใช้สัจพจน์ อนิยาม บทนิยาม สัจพจน์ ทฤษฎีบทซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่เป็นแบบแผน

ระดับ 3 การอนุมานที่เป็นแบบแผน(Formal Deduction) เป็นการคิดที่นักเรียนสรุปความรู้โดยอาศัยสัจพจน์ อนิยาม นิยาม ทฤษฎีบท ในการพิสูจน์ทฤษฎี

ระดับ 4 การคิดสุดยอด(Rigor) เป็นการคิดที่เกี่ยวข้องกับลักษณะเป็นนามธรรมขั้นสูง ผู้เรียนต้องเปรียบเทียบสัจพจน์ หลาย ๆ สัจพจน์ เชื่อมโยงทฤษฎีบท จึงจะสามารถเชื่อมโยงความคิดเข้ากับความเข้าใจเรขาคณิตที่ซับซ้อนได้ซึ่งมักเกิดขึ้นในระดับมหาวิทยาลัย

การวัดและประเมินระดับความคิดทางเรขาคณิต หมายถึงการวัดระดับความคิดทางเรขาคณิตวัดโดยใช้แบบทดสอบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิตโดยเป็นข้อสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการนำแบบทดสอบระดับความคิดทางเรขาคณิตของ Usiskin (1982) มาปรับในด้านภาษาและเนื้อหา โดยทำการวัดระดับ 0 การนึกภาพ (Visualization) ถึงระดับ 3 การอนุมานไม่เป็นแบบแผน (Formal Deduction) โดยจำแนกข้อสอบเป็นช่วงตามระดับความคิดทางเรขาคณิตช่วงละ 5 ข้อและใช้เกณฑ์ตอบถูก 3 ใน 5 ข้อของแต่ละช่วงเพื่อให้น้ำหนักคะแนนเพื่อใช้ในการแปลผลโดยจากลักษณะของระดับความคิดทางเรขาคณิตของ Crowley, Mary L ที่ต้องพัฒนาเป็นลำดับขั้นจะข้ามขั้นไม่ได้ดังนั้นน้ำหนักคะแนนรวมของแบบทดสอบที่เป็นไปได้มี 4 กรณี ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงวิธีการจำแนกผู้สอบของ Usiskin ตามลำดับขั้นของแวน ฮีลี และแปลระดับขั้นความคิดทางเรขาคณิตจากแต้มคะแนนรวมทั้งหมดตามลำดับขั้นของแวน ฮีลี

ระดับ ความคิดทาง เรขาคณิต	ข้อที่	จำนวนข้อที่ ทำถูก	น้ำหนักคะแนนที่ ได้	น้ำหนักคะแนนรวมและ แปลระดับขั้นความคิด ทางเรขาคณิต
ระดับ 0 การนึกภาพ	1-5	ตอบถูก 3-5 ข้อ	ได้ 1 คะแนน (ผ่านระดับ 0)	รวม 1 คะแนน (พิจารณาในระดับ 1 ต่อไป)
		ตอบถูก 0-2 ข้อ	- (ไม่ผ่านระดับ 0)	นักเรียนไม่ผ่าน ระดับ ความคิดทางเรขาคณิต ระดับ 0
ระดับ 1 การวิเคราะห์	6-10	ตอบถูก 3-5 ข้อ	ได้ 2 คะแนน (ผ่านระดับ 1)	รวม 3 คะแนน (พิจารณาในระดับ 2 ต่อไป)

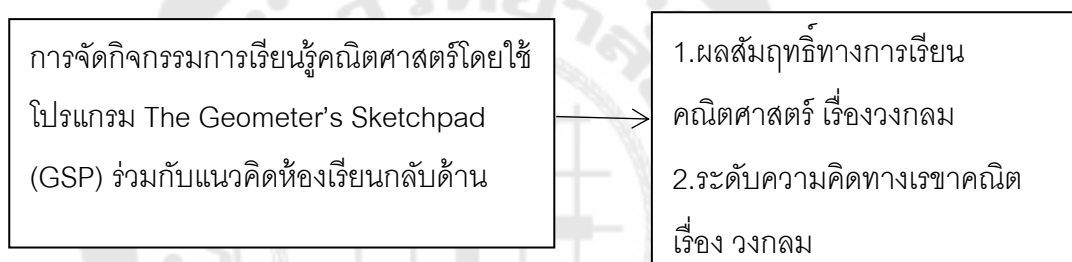
ตาราง 4 (ต่อ)

ระดับ ความคิดทาง เรขาคณิต	ข้อที่	จำนวนข้อที่ ทำถูก	น้ำหนักคะแนนที่ ได้	น้ำหนักคะแนนรวมและ แปลระดับชั้นความคิด ทางเรขาคณิต
		ตอบถูก 0-2 ข้อ	- (ไม่ผ่านระดับ 1)	นักเรียนมีระดับความคิดทาง เรขาคณิตระดับ 0 การนึก ภาพ
ระดับ 2 การอนุมาน อย่างไม่มี แบบแผน	11-15	ตอบถูก 3-5 ข้อ	ได้ 4 คะแนน (ผ่านระดับ 2)	รวม 7 คะแนน (พิจารณาในระดับ 3 ต่อไป)
		ตอบถูก 0-2 ข้อ	- (ไม่ผ่านระดับ 2)	นักเรียนมีระดับความคิดทาง เรขาคณิตระดับ 1 การ วิเคราะห์
ระดับ 3 การอนุมาน อย่างมีแบบ แผน	16-20	ตอบถูก 3-5 ข้อ	ได้ 8 คะแนน (ผ่านระดับ 3)	รวม 15 คะแนน นักเรียนมีระดับความคิดทาง เรขาคณิตระดับ 3 การ อนุมานอย่างมีแบบแผน
		ตอบถูก 0-2 ข้อ	- (ไม่ผ่านระดับ 3)	นักเรียนมีระดับความคิดทาง เรขาคณิตระดับ 2 การ อนุมานอย่างไม่มีแบบแผน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยเรื่องการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความคิดทางเรขาคณิต เรื่อง วงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านได้ศึกษาแนวคิด เอกสาร และงานวิจัย พบว่า สุนันทา ไสสีทา (2556) จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GSP ตามแนวขั้นตอนของ Van Hiele ทำให้นักเรียนได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และสามารถพัฒนาความคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนจากระดับที่ 1 การรับรู้จากการมองเห็นและระดับ 2 การวิเคราะห์ไปสู่ระดับที่ 3 การให้เหตุผลเชิงนิรนัยอย่างไม่เป็นแบบแผน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย

ของอนนท์ ฤกษ์ยาม (2554) พบว่าหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องเส้นขนานโดยใช้โปรแกรม GSP และวิธีการสอนตามแนวคิดของ Van Hiele นักเรียนสามารถพัฒนาระดับความคิดทางเรขาคณิตจากระดับที่ 2 การวิเคราะห์ไปสู่ระดับที่ 3 การให้เหตุผลเชิงนิรนัยอย่างไม่เป็นแบบแผนแต่มีข้อเสนอนะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ว่าการจัดกิจกรรมค่อนข้างใช้เวลามาก ควรเพิ่มเวลาการสอนจาก 1 คาบเป็น 2 คาบ จากข้อเสนอนะในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าวนี้ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่ช่วยเพิ่มเวลาในการเรียนซึ่งจินดาร์ตน์ โพธิ์นอก (2557) พบว่า ได้ใช้แนวคิดที่เปลี่ยนการสอนของครูจากการบรรยายในห้องเรียนเป็นการศึกษานอกห้องเรียน ช่วยเพิ่มเวลาในห้องเรียนเพื่อฝึกปฏิบัตินำไปสู่เรียนเรื่องวงกลมที่ลึกซึ้งมากขึ้นได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดกรอบแนวคิดของการวิจัยดังนี้



สมมุติฐานของการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง วงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนเรื่อง วงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05
3. ระดับความคิดทางเรขาคณิตหลังเรียนเรื่อง วงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านสูงกว่าก่อนเรียน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความคิดทางเรขาคณิต เรื่อง วงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเรื่องนี้และได้นำเสนอผลการศึกษา ค้นคว้า ตามลำดับดังนี้

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom)

- 1.1 ความหมายของห้องเรียนกลับด้าน
- 1.2 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ห้องเรียนกลับด้าน
- 1.3 ลักษณะการจัดห้องเรียนห้องเรียนกลับด้าน
- 1.4 ห้องเรียนกลับด้านกับการสอน
- 1.5 ประโยชน์ของการเรียนการสอนห้องเรียนกลับด้าน
- 1.6 การจัดกิจกรรมห้องเรียนกลับด้าน
- 1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห้องเรียนกลับด้าน

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้โปรแกรม GSP (The Geometer's Sketchpad Program)

- 2.1 ความเป็นมาของโปรแกรม GSP
- 2.2 ความหมายของโปรแกรม GSP
- 2.3 การใช้งานโปรแกรมเบื้องต้น
- 2.4 ประโยชน์ของโปรแกรม GSP ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้โปรแกรม GSP

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดทางเรขาคณิต

- 3.1 ความเป็นมาของแนวคิดของแวน ฮีลี
- 3.2 ระดับความคิดทางเรขาคณิต
- 3.3 ลักษณะสำคัญของระดับความคิดทางเรขาคณิต
- 3.4 ขั้นตอนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดทางเรขาคณิต
- 3.5 การจัดกิจกรรมที่มีความคิดตามระดับความคิดทางเรขาคณิต

- 3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องความคิดทางเรขาคณิต
- 4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
 - 4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.2 วิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.3 ประโยชน์ของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห้องเรียนกลับด้าน

ความหมายของห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom)

นักการศึกษาได้กล่าวถึงความหมายของห้องเรียนกลับด้านในลักษณะเดียวกันดังนี้

จินดาร์ตน์ โพธิ์นอก (2557) กล่าวว่า ห้องเรียนกลับทาง (Flipped Classroom) หมายถึง การเรียนการสอนที่ผู้เรียนศึกษาสาระสำคัญของบทเรียนด้วยตนเองที่บ้าน และนำผลงานหรือปัญหาที่บันทึกไว้มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับครูหรือเพื่อนในห้องเรียน ซึ่งแนวคิดเรื่องห้องเรียนกลับทางนี้ถูกนำเสนอโดย แอรอน แซมส์ (Aaron Sams) ครูวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกัน โดยให้ผู้เรียนค้นคว้าสาระความรู้จากแหล่งความรู้ เช่น เอกสาร วิดีทัศน์ สื่อต่าง ๆ ที่ครูจัดเตรียมไว้โดยศึกษาหรืออ่านเองที่บ้านแล้วบันทึกหรือจดประเด็นสำคัญ ตั้งคำถามเพื่อนำมาเสนอ แลกเปลี่ยนเรียนรู้กันในห้องเรียน ซึ่งเวลาส่วนใหญ่ในห้องเรียนจะดำเนินการโดยครูเป็นผู้ชี้แนะ (Coach) สร้างบรรยากาศให้ผู้เรียน พูด เสนอความรู้ที่ได้ตั้งคำถาม พังคำตอบจากเพื่อนและการสรุปสาระการเรียนรู้ร่วมกัน

สุพัตรา อุตมั่ง (2015) กล่าวว่าห้องเรียนกลับด้าน (The Flipped Classroom) เป็นการสอนลักษณะหนึ่งที่แตกต่างกันไปจากการสอนปกติ โดยผู้เรียนจะศึกษาเนื้อหาที่ครูบรรยายจากสื่อ วิดีทัศน์จากนอกชั้นเรียนแล้วนำเวลาในห้องเรียนเรียนรู้แบบสืบสอบความรู้และทำการบ้านที่ครูมอบหมาย ซึ่งการจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้ครูไม่ต้องยืนถ่ายทอดความรู้กับนักเรียนโดยตรง แต่ถ่ายทอดความรู้ผ่านสื่อ วิดีทัศน์สั้น ๆ ใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที ส่งผลให้นักเรียนเกิดกระบวนการ “เรียนรู้โดยลงมือทำ” ทำให้นักเรียน รู้ลึก และรู้จริง ในเนื้อหาที่ครูสอนซึ่งเปลี่ยนบทบาทของครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกการสอนหรือโค้ชมากกว่าเป็นผู้ที่ถ่ายทอดหน้าชั้นเรียน

Sams A. and et.al. (2014) กล่าวว่าเป็นการเรียนการสอนที่นักเรียนดูวิดีโอที่บ้านและนำเวลาในห้องเรียนมาทำเอกสารแบบฝึกหัด โดยเรียกว่า “ห้องเรียนกลับด้าน 101” ซึ่งการเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้านเป็นเหมือนจุดเริ่มต้นในการเพิ่มพื้นที่การเรียนรู้เป็นรายบุคคล (Individual Learning space) แทนการเรียนการสอนแบบกลุ่มใหญ่ (Group Learning Space)

Saint Louis (n.d.) กล่าวว่า การเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้านเป็นวิธีการเรียนการสอนที่ย้ายการสอนโดยตรงจากพื้นที่การเรียนรู้รายกลุ่มไปสู่การเรียนรู้รายบุคคล โดยมีครูเป็นผู้แนะนำการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและการมีส่วนร่วมอย่างสร้างสรรค์

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2557) กล่าวว่าห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) หมายถึงกระบวนการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่ง ที่เปลี่ยนการใช้ช่วงว่างเวลาของการบรรยายเนื้อหา (Lecture) ในห้องเรียนเป็นการทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ ประยุกต์ใช้ความรู้ ส่วนการบรรยายจะอยู่ในช่องทางอื่น ๆ เช่น วิดีทัศน์ วิดีทัศน์ออนไลน์ podcasting ฯลฯ ซึ่งนักเรียนสามารถเข้าถึงได้นอกห้องเรียน

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า การเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) หมายถึง การเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่นักเรียนเรียนเนื้อหา ความรู้จากภายนอกห้องเรียนผ่านเอกสาร หรือสื่อที่ครูจัดเตรียมไว้และใช้เวลาในห้องเรียนเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ซักถาม และพัฒนาทักษะผ่านการทำแบบฝึกหัด หรือการแก้โจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อน เพื่อให้ให้นักเรียนรู้ลึก รู้จริงซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่การเรียนรู้รายบุคคล (Individual Learning Space)

ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ห้องเรียนกลับด้าน

มีนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงความสำคัญการจัดการเรียนรู้ห้องเรียนกลับด้าน ดังนี้

สุพัตรา อุตมั่ง (2015) ได้กล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้านมีความสำคัญ ดังนี้

1. ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ตลอดเวลา โดยนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ทำให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นยุคที่เทคโนโลยีเจริญก้าวหน้าเป็นอย่างมาก

2. ช่วยให้นักเรียนที่ต้องทำกิจกรรมต่าง ๆ สามารถเรียนล่วงหน้า หรือเรียนตามได้ง่ายขึ้นและช่วยให้นักเรียนรู้จักบริหารเวลาของตนเองให้เหมาะสม

3. ทำให้ครูสามารถติดตามความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนว่าช้าหรือเร็ว และให้คำแนะนำในการเรียนได้อย่างเหมาะสม

4. นักเรียนสามารถศึกษาเนื้อหาจากสื่อการเรียนรู้ได้ตามศักยภาพของตนเอง โดยสามารถศึกษาย้อนหลังจนกว่าจะเข้าใจเนื้อหาบทเรียนนั้น

5. ช่วยสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียน และนักเรียนกับครูจากการทำกิจกรรมภายในชั้นเรียนที่เป็นกิจกรรมกลุ่ม

6. ทำให้ครูรู้จักนักเรียนมากยิ่งขึ้นจากการจัดกิจกรรมในชั้นเรียนเพราะครูมีเวลาในการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ ให้คำแนะนำ สร้างแรงบันดาลใจ ให้กำลังใจ รวมทั้งรับฟัง และส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนทำให้รู้จักจุดแข็งและจุดอ่อนของนักเรียนแต่ละคน

7. ทำให้บรรยากาศการเรียนรู้ในชั้นเรียนดีขึ้น โดยลดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์บางอย่างของนักเรียนเช่น การเล่นโทรศัพท์ในเวลาเรียน การนอนหลับในชั้นเรียน เนื่องจากในการเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้านนักเรียนจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ

Sams A. and et.al. (2014)กล่าวว่า ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้รูปแบบห้องเรียนกลับด้านมีดังนี้

1. ช่วยเพิ่มพื้นที่การเรียนรู้แบบรายบุคคล (Individual Learning Space)
2. ช่วยเพิ่มสิ่งแวดล้อมของการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน
3. เพิ่มปฏิสัมพันธ์แบบเผชิญหน้า (Face-To-Face Time)
4. เป็นกระบวนการที่ยืดหยุ่นสามารถปรับเปลี่ยนให้มีความเหมาะสม

วิจารณ์ พานิช (2556) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านมีความสำคัญดังนี้

1. ทำให้มีกิจกรรมที่หลากหลายส่งเสริมนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน

2. การเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นศูนย์กลางของห้องเรียน โดยนักเรียนมีเป้าหมายของการเรียนรู้โดยครูเป็นผู้จัดสิ่งอำนวยความสะดวก แนะนำให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกันในห้องเรียน

3. ส่งเสริมการประเมินที่ไม่เป็นทางการ โดยการเรียนการสอนรูปแบบนี้ครูได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับนักเรียนในห้องเรียน ซึ่งครูสามารถตรวจสอบความเข้าใจตามวัตถุประสงค์รวมทั้งเมื่อนักเรียนทำกิจกรรมในห้องเรียนครูสามารถให้ผลป้อนกลับ (Feedback) ซึ่งช่วยให้นักเรียนได้รู้ความก้าวหน้าของตน

4. ช่วยเหลือนักเรียนที่มีความจำเป็นต้องขาดเรียนเช่น นักกีฬา นักดนตรี ฯลฯ โดยนักเรียนเหล่านี้สามารถเรียนได้ล่วงหน้า หรือกลับมาเรียนย้อนหลังได้ง่าย และฝึกให้นักเรียนรู้จักการจัดการเวลาของตนเอง

5. ช่วยให้นักเรียนที่มีความแตกต่างกันในการเรียนสามารถเรียนได้ตามความสามารถของตนเองคือนักเรียนสามารถดูได้ตามเวลาที่ต้องการและปรับความเร็วของวิดิทัศน์ได้ด้วยตนเอง

6. ช่วยเพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนนักเรียน ในลักษณะของการแลกเปลี่ยนกระบวนการทัศน์ของนักเรียน ไม่ได้เรียนตามคำสั่งของครู หรือทำงานให้เสร็จตามข้อกำหนดเท่านั้น

7. ช่วยให้ครูและนักเรียนเห็นคุณค่าความแตกต่างของของนักเรียนในชั้นเดียวกันมากขึ้น กระตุ้นให้นักเรียนช่วยเหลือกันด้วยจุดแข็งของแต่ละคนทำให้สามารถเลือกส่วนที่จะพัฒนาความสามารถของตนเองทำให้นักเรียนที่อ่อนไม่รู้สึกเป็นปมด้อย

กิตติชัย สุธาสิโนบล (2558) ได้กล่าวถึง ความสำคัญของห้องเรียนกลับด้านไว้ว่า ช่วยในการจัดการเรียนรู้ โดยเปลี่ยนการใช้ช่วงเวลาของการบรรยายเนื้อหาในห้องเรียนเป็นการทำงานกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน โดยนำการบรรยายไปอยู่ในช่องทางอื่น ๆ เช่น วิดิทัศน์ วิดิทัศน์ออนไลน์ ฯลฯ ซึ่งนักเรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาเหล่านี้ได้ที่บ้านหรือนอกห้องเรียน ทำให้การบ้านที่เคยมอบหมายให้นักเรียนฝึกทำเองนอกห้องเรียนจะกลายมาเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมในห้องเรียน และในทางกลับกันเนื้อหาที่เคยถ่ายทอดผ่านการบรรยายในห้องเรียนจะเปลี่ยนไปอยู่ในสื่อซึ่งส่งผลต่อการจัดสภาพการเรียนรู้ (Learning Environment) ทำให้วิธีการสอนแบบบรรยายของครูมีประสิทธิภาพมากขึ้น

นอกจากนี้การเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้านยังเน้นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดเกี่ยวกับแนวคิดหลัก หรือแก่นของความรู้ นั้น ๆ ทำให้นักเรียน

รู้ว่าสิ่งที่ตนเองต้องการเรียนรู้ ทำให้การเรียนการสอนห้องเรียนกลับด้านสร้างการมีส่วนร่วมและดึงดูดนักเรียนได้มากขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ห้องเรียนกลับด้านมีความสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นรายบุคคลโดยนักเรียนสามารถเรียนในเวลาที่คุณเองมีความพร้อม และครูสามารถให้ความสนใจและให้คำแนะนำนักเรียนในห้องเรียนได้มากขึ้น รวมทั้งเพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนด้วยกันและครู ทำให้เป็นการเรียนการสอนให้ความสำคัญกับการพัฒนานักเรียนแต่ละบุคคล เพราะจากกิจกรรมที่ให้ฝึกฝน จะช่วยให้ผู้สอนได้ทราบข้อมูลในการเรียนรู้ของนักเรียน และให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นักเรียนอย่างใกล้ชิดมากขึ้น

ลักษณะห้องเรียนห้องเรียนกลับด้าน

ครูผู้สอนจำเป็นต้องศึกษาลักษณะของการจัดการเรียนรู้รูปแบบห้องเรียนกลับด้าน ซึ่งนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวไว้ดังนี้

วิจารณ์ พานิช (2556) ได้กล่าวไว้ว่า ลักษณะการจัดการเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้านของ Aaron สำหรับนักเรียนโครงการเรียนล่วงหน้า (Advance Placement Program) โดยเป็นการสอนวิชาเคมี ดังนี้

1. ครูควรแนะนำให้นักเรียนขจัดสิ่งรบกวนสมาธิ ได้แก่ ปิดโทรศัพท์ ไอพ็อด และสิ่งรบกวนอื่น ๆ และให้นักเรียนรู้จักหยุดวิดีโอ หรือดูบางตอนซ้ำ เพื่อจดบันทึกประเด็นสำคัญ หรือคำถามที่ไม่เข้าใจ

2. ในชั้นเรียนจะเริ่มจากทบทวนวิดีโอทัศน์ และตอบคำถามสิ่งที่นักเรียนไม่เข้าใจ หลังดูวิดีโอทัศน์โดยใช้เวลานั้น ๆ ซึ่งจะช่วยทำให้ครูได้แก้ไขความเข้าใจผิดของนักเรียนบางคน หรือถ้าเด็กทั้งชั้นเข้าใจผิดก็แสดงว่าวิดีโอทัศน์มีข้อบกพร่อง หลังจากนั้นครูมอบงานให้ทำเช่น กิจกรรมค้นคว้า, โครงการหรือกิจกรรมแก้ปัญหา, หรือการทดสอบ ซึ่งบทบาทของครูเปลี่ยนไป คือไม่ใช่ผู้ถ่ายทอดความรู้ แต่เป็นโค้ชอำนวยความสะดวกในการเรียน นักเรียนคิด การตั้งคำถาม สร้างความสนุกสนานในการเรียน และครูจะใช้เวลามีปฏิสัมพันธ์สองทางกับศิษย์ ซึ่งจะส่งผลที่ดีต่อเด็กที่เรียนช้า ในการช่วยเหลือปัญหาการเรียน โดยกิจกรรมและเวลาที่ใช้เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างห้องเรียนแบบเดิมกับห้องเรียนกลับทาง แสดงในตาราง 5 ดังนี้

ตาราง 5 เปรียบเทียบกิจกรรมและเวลาเรียนระหว่างห้องเรียนแบบเดิมกับห้องเรียนกลับด้าน

ห้องเรียนแบบเดิม	ห้องเรียนกลับด้าน
กิจกรรม Warm-up 5 นาที	กิจกรรม Warm-up 5 นาที
ทบทวนการบ้านของคืนก่อน 20 นาที	ถามตอบ เรื่องวิดีโอทัศน์ 10 นาที
บรรยายเนื้อหาวิชาใหม่ 30-45 นาที	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูมอบหมาย หรือ นักเรียนคิดเองหรือ lab 75 นาที
กิจกรรมเรียนรู้ที่ครูมอบหมายหรือ นักเรียนคิดเอง หรือ Lab 20-35 นาที	-

ที่มา: วิจารณ์ พานิช. (2556). ครูเพื่อศิษย์สร้างห้องเรียนกลับทาง. หน้า 1

จากตาราง 5 เห็นได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แนวคิดห้องเรียนกลับด้าน จะช่วยเพิ่มเวลาในการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ในห้องเรียนได้มากขึ้น ทำให้ครูสามารถจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งซึ่งช่วยพัฒนาความคิดทางเรขาคณิตที่สูงขึ้นได้

Flip learning (2014) ได้อธิบายองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการของการเรียนรูปแบบห้องเรียนกลับด้านให้ประสบผลสำเร็จ ได้แก่

1. สิ่งแวดล้อมที่ยืดหยุ่น (Flexible Environment) คือ การเรียนรู้ที่มีความหลากหลาย รองรับพื้นที่การเรียนรู้ทั้งการเรียนเป็นกลุ่มและการเรียนรายบุคคลในบทเรียน โดยเพิ่มความยืดหยุ่นในเรื่องเวลาและสถานที่และการประเมินผลการเรียนของนักเรียน

2. วัฒนธรรมการเรียนรู้ (Learning Culture) คือ เปลี่ยนจากการเรียนที่ครูเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้เป็นนักเรียน โดยนำเวลาในห้องเรียนมาสำรวจหัวข้อในเชิงลึกมากยิ่งขึ้น และสร้างโอกาสการเรียนรู้ที่มีความหลากหลายทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น และมีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้ ประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองอย่างมีความหมาย

3. กำหนดเนื้อหาให้เหมาะสม (Intentional Content) คือนักการศึกษาได้คิดวิธีการนำโมเดลห้องเรียนกลับด้านไปช่วยพัฒนานวัตกรรมและความเข้าใจกับนักเรียน นอกจากนี้ครูมี

เวลาเพิ่มขึ้นในห้องเรียนมากขึ้นเพื่อประยุกต์วิธีการเรียนการสอนนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ส่งเสริมการเรียนรู้กระตือรือร้น (Active learning) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับชั้นและเนื้อหาวิชานั้น ๆ

4. นักการศึกษามืออาชีพ (Professional Educator) คือ นักการศึกษามืออาชีพมีบทบาทมากในห้องเรียนกลับด้านโดยเวลาในห้องเรียนต้องสังเกตนักเรียน ให้ข้อเสนอแนะและประเมินนักเรียน รวมทั้งให้ความสำคัญกับการฝึกฝนตนเองและพัฒนาการเรียนการสอนยอมรับฟังการวิจารณ์ที่สร้างสรรค์ และมีความอดทนในการควบคุมชั้นเรียน

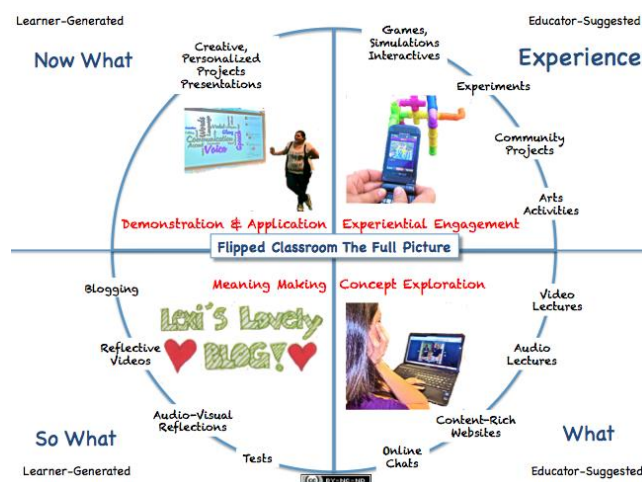
กิตติชัย สุธาสีโนบล (2558) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนห้องเรียนกลับด้านเป็นนวัตกรรมใหม่ในการเรียนรู้แบบรอบด้าน (Mastery Learning) โดยมีองค์ประกอบ 4 อย่างที่เป็นวัฏจักรหมุนเวียนกันอย่างเป็นระบบ ได้แก่

1. การกำหนดยุทธวิธีเพิ่มพูนประสบการณ์ (Experiential Engagement) โดยครูผู้สอนเป็นผู้ชี้แนะวิธีการเรียนรู้ให้กับนักเรียน โดยอาศัยวิธีการที่หลากหลายทั้งการใช้กิจกรรมที่กำหนดขึ้นเอง เกม สถานการณ์จำลอง สื่อปฏิสัมพันธ์ การทดลอง เป็นต้น

2. การสืบค้นให้เกิดความคิดรวบยอด (Concept Exploration) โดยครูเป็นผู้ชี้แนะให้กับนักเรียนผ่านสื่อ หรือกิจกรรมประเภทวิดีโอทัศน์บันทึกการบรรยายของครู การใช้สื่อบันทึกเสียงประเภท Podcasts การใช้สื่อ เว็บไซต์หรือ สื่อออนไลน์ เป็นต้น

3. การสร้างองค์ความรู้ที่มีความหมาย (Meaning Making) โดยนักเรียนเป็นผู้บูรณาการ สร้างองค์ความรู้จากสื่อที่ได้รับจากการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยการสร้างกระดานความรู้อิเล็กทรอนิกส์ (blogs) การใช้แบบทดสอบ การใช้สื่อสังคมออนไลน์ และกระดานสำหรับอภิปรายแบบออนไลน์ (Social Networking & Discussion Boards)

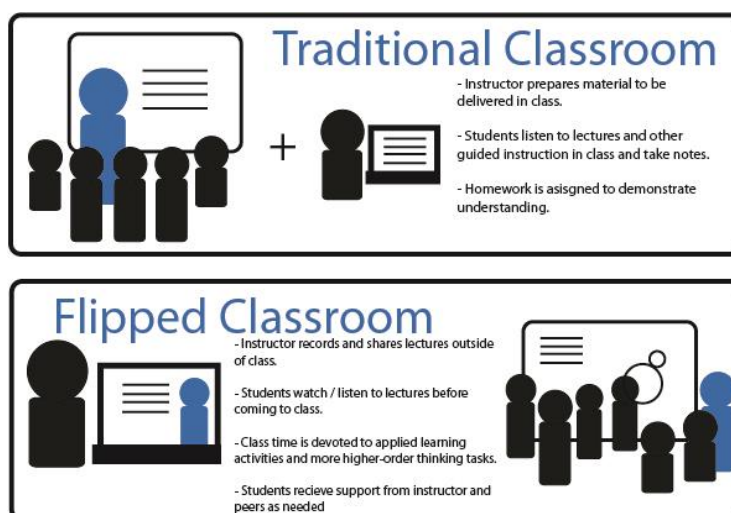
4. การสาธิตและประยุกต์ใช้ (Demonstration & Application) เป็นการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนด้วยตนเองในเชิงสร้างสรรค์ เช่น โครงงาน (Projection) และผ่านกระบวนการนำเสนอผลงาน (Presentations) ที่เกิดจากการสร้างสรรค์งาน เป็นขั้นตอนการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียน



ภาพประกอบ 1 โมเดลห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom Model)

ที่มา: Gerstein, Jackie. (2016). *The Flipped Classroom Model*. Online

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้านกับการเรียนแบบเดิมพบว่า การจัดการเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้าน มุ่งหมายให้เกิดการสร้างสรรค์ความรู้ด้วยตนเองตามทักษะความรู้ความสามารถ และสติปัญญาของเอกัตบุคคลตามความสามารถทางการเรียนของแต่ละคน ผ่านสื่อเทคโนโลยี ICT ที่หลากหลาย และเป็นลักษณะการเรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้นอกชั้นเรียนอย่างอิสระ ทั้งด้านความคิดและวิธีปฏิบัติ ซึ่งแตกต่างจากการเรียนแบบเดิมที่ครูบ่อนความรู้ประสบการณ์ให้นักเรียนในลักษณะที่ครูเป็นศูนย์กลาง (Teacher Center) ดังนั้นการเรียนการสอนรูปแบบกลับด้านจะเปลี่ยนบทบาทครูเป็นติวเตอร์(Tutors) หรือ โค้ช (Coach) คอยจุดประกายและอำนวยความสะดวกในการเรียนซึ่งไม่ใช่การนำเทคโนโลยีมาแทนผู้สอนในลักษณะปล่อยให้เรียนพึ่งพาตนเองหรือต่างคนต่างเรียน ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงการเปรียบเทียบการเรียนแบบเดิมกับการเรียนห้องเรียนกลับด้าน

ที่มา: Flipped Classroom Resources. (2560). Online.

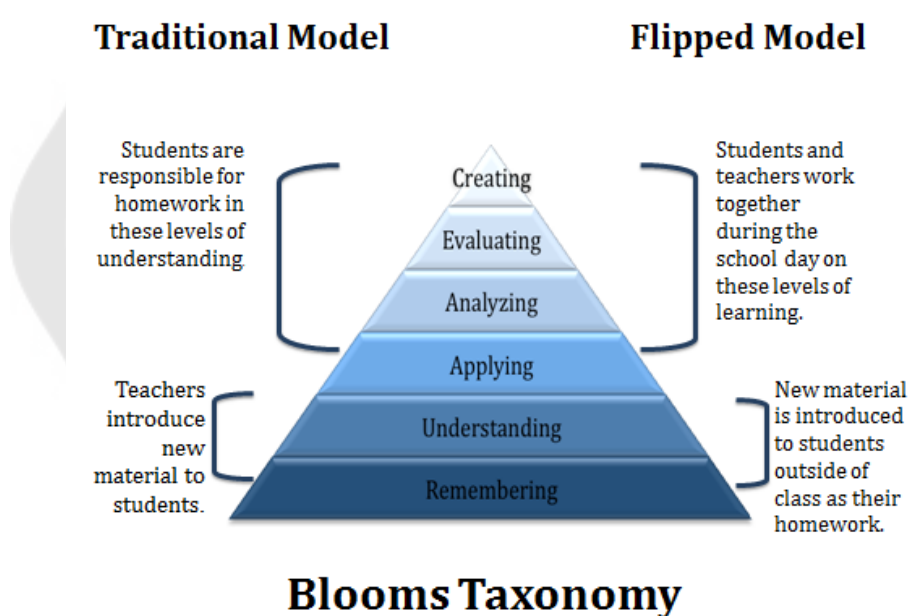
Sams A. and et.al. (2014)กล่าวว่าการจัดห้องเรียนกลับด้านให้ประสบความสำเร็จมี

ดังนี้

1. ห้องเรียนต้องมีการทำงานร่วมกัน (Collaboration) คือการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้านเป็นเรื่องยากหากมีการดำเนินการเพียงคนเดียว ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องพูดคุยเกี่ยวกับการเรียนการสอน
2. การเรียนการสอนเน้นที่นักเรียนต้องเป็นศูนย์กลาง (Student – Centered Learning) คือการเรียนการสอนที่ครูเป็นศูนย์กลางเป็นการเรียนการสอนที่ครูให้ข้อมูลต่าง ๆ ทำให้นักเรียนขาดความสนใจในการเรียนการสอน แต่เปลี่ยนเป็นการเรียนการสอนที่บทบาทของครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกเท่านั้น
3. ประสิทธิภาพของพื้นที่การเรียนรู้ คือ การออกแบบทางกายภาพของห้องเรียน การนำเสนอเนื้อหาที่น่าสนใจโดยนำเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาช่วย เช่น Interactive Whiteboard Screen ฯลฯ เพื่อทำให้เกิดความน่าสนใจ ซึ่งแน่นอนว่าทุกโรงเรียนไม่ได้มีความพร้อม ดังนั้นครูอาจจัดการห้องเรียนโดยปรับเปลี่ยนโครงสร้างในเชิงสร้างสรรค์แทนเพื่อช่วยให้เป็นพื้นที่การเรียนรู้

นอกจากนี้การเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้านเป็นการเรียนการสอนที่ให้ความสำคัญกับ การเรียนรู้เชิงลึก (Deeper Learning) การเรียนรู้เพิ่มเติม (Further Learning) ซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกันภายใต้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียน

การเรียนรู้เนื้อหาเชิงลึก (Deeper Learning) เป็นการเรียนการสอนที่ครูเจาะลึกความเข้าใจความรู้ในเนื้อหา พัฒนาสติปัญญาให้สูงขึ้นตาม Bloom's taxonomy อย่างค่อยเป็นค่อยไป และต้องใช้เวลาเพื่อฝึกความชำนาญตามที่หลักสูตรกำหนดโดยการเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้าน มีวิธีการเรียนการสอนที่ครูไม่จำเป็นต้องสอนตามเวลาที่กำหนดเท่านั้น แต่สามารถสอนผ่านวิดีโอซึ่งสามารถนำนักเรียนไปสู่การเรียนรู้ที่ลึกซึ้งได้



ภาพประกอบ 3 แสดงความสัมพันธ์ของวิธีการสอนที่สัมพันธ์กับพัฒนาทางสติปัญญา
ตาม Bloom's taxonomy

ที่มา: Deb Weitzenkamp. (2013). *Blooms and the Flipped Classroom*. Online. (citing Beth Williams. (2013). *How I Flipped My Classroom*.)

จากภาพประกอบ 3 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของวิธีการสอนและการพัฒนาสติปัญญาให้สูงขึ้นตาม Bloom's taxonomy ผ่านการเสริมพฤติกรรมของสกินเนอร์ โดยการเสริมพฤติกรรมการเรียนรู้ด้วยบรรยายอย่างรวดเร็วและบันทึกความรู้ จะทำให้นักเรียนเรียนรู้ขึ้นจำ (Remembering) และขึ้นความเข้าใจ (Understanding) เท่านั้น แต่หากเปลี่ยนการเรียนเป็นการลงมือปฏิบัติ หรือการเรียนแบบร่วมมือซึ่งเป็นการเสริมพฤติกรรมกระตือรือร้นของนักเรียน เช่น การทุ่มเทในการเรียน (Engagement) การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Discussion) จะทำให้นักเรียนเรียนรู้ในขั้นที่สูงตามระดับขั้นความสามารถของบลูมได้

การเรียนรู้เพิ่มเติม (Further Learning) เป็นการเรียนรู้การสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้อย่างใคร่รู้โดยการเปิดเผยเนื้อหาที่สอนทั้งหมดและจัดกระบวนการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการสอนหลากหลาย เพื่อให้เกิดการเรียนรู้เพิ่มเติม เกิดการใคร่รู้ในกระบวนการสืบสอบของนักเรียน

ความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับนักเรียน (Connections with Students) เป็นสิ่งสำคัญขององค์ประกอบในการเรียนรู้รายบุคคลกับการเรียนรู้แบบกลุ่มโดยครูสามารถใช้เวลาติดต่อกับนักเรียน โดยการเรียนการสอนในห้องเรียนกลับด้านจะสามารถช่วยเพิ่มความสัมพันธ์ได้ แต่ยังมีนักนโยบายเข้าใจผิดว่า การใช้วีดีโอในการเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้านจะสามารถเพิ่มจำนวนนักเรียนต่อห้องแล้วลดจำนวนผู้ดูแลและครูลงซึ่งในทางตรงข้ามเมื่อนักเรียนมีจำนวนมากในห้องเรียนจะลดปฏิสัมพันธ์ของครูและนักเรียน รวมทั้งนักเรียนพอใจกับการที่ได้เรียนผ่านวีดีโอที่ครูทำขึ้นมาเองเพราะมีความสัมพันธ์กับครูที่สอนมากกว่าวีดีโอที่ครูนำของคนอื่น

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ลักษณะของห้องเรียนกลับด้าน เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มีการเรียนการสอนเนื้อหานอกห้องเรียน ผ่านสื่อที่ครูจัดเตรียมเอาไว้เพื่อต่อการเรียนในห้องเรียนโดยเพิ่มเวลาและเปลี่ยนการเรียนการสอนให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางในการเรียน ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ นำไปสู่การรู้จริงในเนื้อหา รวมทั้งสนับสนุนความยืดหยุ่นของเวลาในการเรียนและการประเมินของครู ซึ่งกระบวนการเรียนประกอบด้วย 4 ส่วนที่หมุนเวียนอย่างเป็นระบบได้แก่

1. การใช้วิธีการที่หลากหลายจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเพิ่มพูนประสบการณ์
2. การใช้สื่อหรือกิจกรรม แนะนำนักเรียนให้เกิดความคิดรวบยอด

3. การบูรณาการความรู้ และทักษะของนักเรียนด้วยตนเองผ่านสื่อต่าง ๆ ที่นักเรียนได้เรียนจากนอกชั้นเรียน เช่น การทดสอบ อภิปรายออนไลน์ ฯลฯ

4. นำความรู้ที่นักเรียนได้รับต่อยอดสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองอย่างสร้างสรรค์ เช่น การนำเสนอผลงาน โครงการ เป็นต้น

ห้องเรียนกลับด้านกับการจัดการเรียนการสอน

การเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้านเป็นการจัดประสบการณ์ที่มุ่งให้เกิดกระบวนการสำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถและสติปัญญาที่ต่างกัน สามารถเกิดการเรียนรู้จริงได้ โดยมีการประเมินผลว่าผู้เรียนรู้จริงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดจึงจะสามารถเรียนตามวัตถุประสงค์อื่น ๆ ต่อไป แต่หากว่าผู้เรียนยังไม่บรรลุวัตถุประสงค์ ผู้สอนต้องหาวิธีการช่วยจนผู้เรียนสามารถเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยมีนักวิชาการอธิบายเพิ่มเติมไว้สรุปได้ดังนี้

กิตติชัย สุธาสิโนบล (2558) ได้อธิบายว่าการเรียนรู้ให้รู้จริง(Mastery Learning) เป็นการเรียนการสอนที่ช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เพิ่มความร่วมมือระหว่างนักเรียน เพิ่มความมั่นใจในตนเองของนักเรียน และช่วยให้โอกาสแก่นักเรียนได้ปรับปรุงแก้ไขตนเองในการเรียนรู้ให้บรรลุผลสัมฤทธิ์ โดยมีลักษณะดังนี้

1. ครูกำหนดวัตถุประสงค์อย่างละเอียดในการเรียนรู้เนื้อหาสาระ มีการจัดกลุ่มวัตถุประสงค์และต้องบ่งบอกสิ่งสำคัญที่นักเรียนจะต้องกระทำให้ได้ เพื่อแสดงว่าเกิดการเรียนรู้จริงในสื่อนั้น โดยจัดเรียงจากสิ่งที่เป็นพื้นฐานไปสู่สิ่งที่ซับซ้อน หรือจากง่ายไปยาก

2. ครูวางแผนการเรียนรู้สำหรับนักเรียนแต่ละคน ให้สามารถตอบสนององความถนัดที่แตกต่างกันของนักเรียน ซึ่งอาจใช้สื่อการเรียนรู้ วิธีการสอนหรือเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อช่วยให้นักเรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

3. ครูทำความเข้าใจกับนักเรียนเกี่ยวกับจุดมุ่งหมาย วิธีการ ระเบียบกติกา ข้อตกลงต่าง ๆ ในการทำงานให้ชัดเจน

4. จัดการเรียนการสอนตามแผนการเรียนรู้ตามที่ครูจัดไว้ และวัดประเมินตามวัตถุประสงค์แต่ละข้อโดยครูคอยให้คำปรึกษา ดูแล

5. เมื่อนักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้แล้วจึงดำเนินการตามวัตถุประสงค์ต่อไป

6. หากนักเรียนไม่สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ครูต้องนำปัญหามาวิเคราะห์ และจัดการสอนซ่อมและประเมินผลอีกครั้ง ซึ่งเมื่อนักเรียนผ่านจึงไปสู่วัตถุประสงค์ต่อไป

7. นักเรียนเรียนรู้อย่างต่อเนื่องให้ครบตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดซึ่งนักเรียนจะใช้เวลาแตกต่างกันตามความถนัดและความต้องการของนักเรียนแต่ละคน

8. ครูติดตามความก้าวหน้าของนักเรียนตามวัตถุประสงค์ และเก็บข้อมูลการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นรายบุคคลและใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

วิจารณ์ พานิช (2556) ได้อธิบาย การเรียนแบบรู้จริง (Mastery Learning) เกิดขึ้นมานานแล้วเมื่อประมาณ ๙๐ ปี ซึ่งการเรียนรู้แบบรู้จริงจะช่วยให้เด็กประมาณร้อยละ ๘๐ สามารถเรียนเนื้อหาสำคัญได้ โดยหลักการสำคัญของการเรียนแบบรู้จริงคือ ให้นักเรียนได้เรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ตามอัตราเร็วของการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน ซึ่งมีลักษณะสำคัญของการเรียนแบบรู้จริงคือ

1. นักเรียนเรียนเป็นกลุ่ม หรือเดี่ยว ๆ ตามอัตราเร็วที่เหมาะสม
2. ครูคอยประเมินการเรียนรู้ (Formative Assessment) และวัดความเข้าใจของนักเรียน
3. นักเรียนสอบข้อสอบ (Summative Assessment) เพื่อพิจารณาว่าตนเองเรียนรู้วัตถุประสงค์เรื่องนั้น ๆ เข้าใจอย่างแท้จริงและช่วยเหลือนักเรียนที่ยังสอบไม่ผ่านตามวัตถุประสงค์

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า การเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้านเป็นการเรียนการสอนที่ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้แบบรู้จริง โดยครูต้องจัดการเรียนการสอนตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ พร้อมทั้งจัดทำแผนการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนเรียนรู้แบบกลุ่ม หรือเดี่ยว ตามอัตราเร็วที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล โดยครูคอยดูแล ประเมินผู้เรียนเป็นระยะและประเมินผลตามวัตถุประสงค์ แล้วจึงไปยังวัตถุประสงค์ต่อไปและช่วยเหลือนักเรียนที่ยังสอบไม่ผ่านวัตถุประสงค์ ซึ่งทำให้เกิดความรู้จริงได้

ประโยชน์ของการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้าน

กิตติชัย สุธาธิโนบล (2558) ได้อธิบายเกี่ยวกับประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้านไว้ว่า

1. เพื่อเปลี่ยนวิธีการสอนของครูจากการสอนแบบบรรยายหน้าชั้นเรียน เป็นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมอื่น ๆ ในห้องเรียนให้แก่ นักเรียนเป็นรายบุคคล

2. เพื่อใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้หรือสื่อ ICT ในการเรียนการสอนในยุคดิจิทัล
3. ช่วยเหลือนักเรียนที่ต้องทำกิจกรรมเป็นจำนวนมาก ให้สามารถจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนที่สอนด้วยวีดิทัศน์อยู่บนอินเทอร์เน็ต ทำให้นักเรียนสามารถจัดการเวลาของตนเองไว้ล่วงหน้า หรือกลับมาเรียนได้ง่ายขึ้น
4. ช่วยเหลือนักเรียนอ่อน ให้สามารถขวนขวายหาความรู้ในชั้นเรียน ซึ่งโดยปกติ นักเรียนเหล่านี้จะถูกทอดทิ้ง แต่การเรียนการสอนห้องเรียนกลับด้านนักเรียนเหล่านี้ จะได้รับการเอาใจใส่จากครูโดยอัตโนมัติ
5. ช่วยเหลือนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน ให้มีความก้าวหน้าในการเรียนตามความสามารถของตนเอง เพราะนักเรียนสามารถฟังหรือดูวีดิทัศน์ได้เอง จะหยุดและย้อนกลับ (review) ได้ตามความพึงพอใจ
6. ช่วยให้นักเรียนสามารถหยุด กรอกลับเนื้อหาได้ ทำให้นักเรียนสามารถจัดเวลาเรียนตามที่ตนเองพอใจ สามารถแบ่งเวลาในการดูเป็นช่วง ๆ ได้
7. ช่วยให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียนเพิ่มขึ้นในคาบเรียน เปลี่ยนบทบาทของครูเป็นพี่เลี้ยง (Mentor) และผู้เชี่ยวชาญ (Expert)
8. ช่วยให้ครูรู้จักนักเรียนดีขึ้น คอยกระตุ้นให้เกิดแรงบันดาลใจ ให้กำลังใจ รับฟัง และช่วยเหลือ นักเรียน ซึ่งเป็นมิติสำคัญที่จะช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้ของนักเรียน
9. ช่วยเพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนด้วยกันเองจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูจัดประสบการณ์ขึ้นมา นักเรียนสามารถที่จะช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เป็นการปรับเปลี่ยนจากการทำงานตามที่ครูสั่งเพื่อตนเองเป็นการทำงานที่นักเรียนเอาใจใส่ เพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันโดยอัตโนมัติ
10. ช่วยให้เห็นคุณค่าของความแตกต่างของนักเรียน เพราะการเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้านจะช่วยให้ครูและเพื่อนเห็นจุดอ่อนของนักเรียนแต่ละคนและช่วยแก้ปัญหาด้วยจุดแข็งของนักเรียนแต่ละคน
11. เป็นการปรับรูปแบบการจัดการห้องเรียน ที่ช่วยเปิดช่องทางให้ครูสามารถจัดการชั้นเรียนได้ตามความต้องการ และครูสามารถทำหน้าที่ของการสอนในเชิงสร้างสรรค์
12. ประสานความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างโรงเรียนและผู้ปกครอง ในการรับทราบ และแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกัน ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีได้

13. ช่วยให้เกิดความชัดเจนในการเรียนการสอน เพราะการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านเป็นการเปิดเผยเนื้อหาสาระทางการเรียนให้สาธารณชนได้ทราบ สร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพการเรียนการสอนได้

วิจารณ์ พานิช (2556) อธิบายเกี่ยวกับประโยชน์ของการเรียนรู้จริงในห้องเรียนกลับด้านที่ส่งผลต่อนักเรียนไว้ดังนี้

1. สอนให้นักเรียนรับผิดชอบต่อการเรียน โดยใช้ห้องเรียนกลับด้านและเรียนให้รู้จริง โดยการกลับด้านห้องเรียนในช่วงแรก อาจจะมีนักเรียนไม่คุ้น และต่อต้าน แต่เมื่อดำเนินการไประยะหนึ่ง นักเรียนจะเห็นคุณค่าของการเรียนรู้ของตนเอง

2. ช่วยนักเรียนที่มีอัตราเร็วในการเรียนที่แตกต่างกันสามารถเรียนในเวลาและห้องเรียนเดียวกันด้วยได้

3. สร้างการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นศูนย์กลางของห้องเรียน โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก รวมทั้งช่วยแนะนำให้นักเรียนวางแผนการเรียนรู้ พยายามแลกเปลี่ยน ตรวจสอบความต้องการของตนเอง

4. ให้ผลป้อนกลับ (Feedback) กับนักเรียนได้ในทันที ลดการประเมินความก้าวหน้าที่เป็นเอกสาร มาเป็นชิ้นผลงาน ตรวจสอบความเข้าใจผิดของนักเรียนไปพร้อม ๆ กันกับการให้คะแนนในชั่วโมงเรียน และสามารถวางแผนการเรียนที่จำเป็นขั้นต่อไป

5. การเรียนแบบรู้จริง โดยครูเอาใจใส่ให้นักเรียนเป็นรายคน นักเรียนแก้ไขความเข้าใจผิดของตนเองส่งผลให้สามารถเรียนบทเรียนต่อไปได้คล่องแคล่วขึ้น นักเรียนมีโอกาสดูแลเรียนเสริมซึ่งหากเป็นห้องเรียนตามปกติการสอนแล้วการเรียนการสอนจะดำเนินต่อไป ทำให้นักเรียนตามไม่ทันและเบื่อหน่าย

6. การเรียนแบบรู้จริง ช่วยให้นักเรียนรู้เนื้อหาสาระด้วยหลากหลายวิธี เปิดโอกาสให้เด็กได้เลือกเรียนด้วยวิธีที่ตนเองถนัดที่สุด เช่น บางคนชอบเรียนจากวิดีโอทัศน์ บางคนชอบเรียนจากตำราเรียน บางคนชอบค้นจากอินเทอร์เน็ต เป็นต้น โดยครูส่งเสริมการเรียนของนักเรียน ทำให้เด็กรู้สึกมีอิสระ และรู้สึกว่าการเรียนเป็นเรื่องของตนเองซึ่งเป็นการฝึกทักษะการเรียนรู้ตนเอง

7. การเรียนแบบรู้จริง ส่งเสริมการทดสอบวัดความรู้ที่มีความหลากหลาย เช่น นักเรียนบางคนอาจแสดงความรู้ ความเข้าใจได้ดี โดยการตอบข้อสอบปกติ แต่บางคนอาจจะชอบการอภิปรายกับครู หรือบางคนชอบการทดสอบโดยนำเสนอด้วย PowerPoint หรือบางคนอาจเขียนเรียงความอธิบายความเข้าใจของตนเอง

8. การเรียนแบบรู้จริง ช่วยเปลี่ยนบทบาทของครู ทำให้ครูใช้เวลาอย่างเต็มที่ในห้องเรียนกับนักเรียน

9. การเรียนแบบรู้จริงช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียน นักเรียนค่อย ๆ ปรับเปลี่ยนนำไปสู่ทักษะแห่งการเรียนรู้

10. วิธีเรียนแบบรู้จริง จัดง่าย ขยายขนาดชั้นเรียนง่าย และจัดให้เหมาะต่อเด็กเป็นรายบุคคลได้ง่าย

11. วิธีเรียนแบบกลับด้านและการเรียนให้รู้จริง ช่วยเพิ่มเวลาพบหน้าระหว่างครูกับนักเรียน โดยเป็นการปฏิสัมพันธ์ที่มีคุณค่าต่อการเรียนรู้ของนักเรียนมากขึ้น ทำให้ผลสัมฤทธิ์ของการเรียนดีขึ้น และลดความเครียดของนักเรียน

12. การเรียนแบบรู้จริง ช่วยให้นักเรียนทุกคนอยู่กับการเรียนแบบ brain-based “สมองที่พัฒนา คือสมองของคนที่กำลังทำงาน” ในห้องเรียนแบบเดิม โดยผู้ทำงานคือ ครู แต่ในห้องเรียนแบบกลับด้าน คือนักเรียน

13. การเรียนแบบรู้จริง เน้นการลงมือทำซึ่งเหมาะสมกับนักเรียนแต่ละคน ซึ่งในการเรียนแบบเดิมในห้องปฏิบัติการจะเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ และทำพร้อม ๆ กัน ซึ่งเป็นชั้นเรียนที่มีประสิทธิภาพมาก แต่การเรียนรู้แบบกลับด้านและการเรียนให้รู้จริง ช่วยให้เกิดการเรียนรู้แบบที่เหมาะต่อนักเรียนแต่ละคน เช่น ในชั้นเรียนวิชาเคมี ครูใช้เวลาช่วงแรกอธิบายเรื่องข้อพึงระวังด้านความปลอดภัย แล้วปล่อยให้เรียนทดลองด้วยตนเอง โดยครูคอยช่วยเหลือแนะนำเป็นรายคน

14. ช่วยให้นักเรียนติดตามการสาธิตของครูอย่างใกล้ชิด

15. เปิดโอกาสให้ครูช่วยเหลือนักเรียน ให้เรียนรู้ตามธรรมชาติของมนุษย์ เช่น Jonathan Bergmann and Aaron Sams มีการจัดการเรียนรู้ตามธรรมชาติของมนุษย์ ซึ่งเป็นการนำเอาทฤษฎีการเรียนรู้แบบ UDL, Mastery learning, Projectbased learning, objective/standard-based grading, educational technology ผสมเข้ากับเทคโนโลยี เป็นต้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปว่าห้องเรียนกลับด้านมีประโยชน์ในการเรียนการสอนดังนี้

1. เพื่อพัฒนาความรับผิดชอบของนักเรียนในการจัดการตนเองศึกษาเนื้อหาต่าง ๆ นอกห้องเรียนรวมทั้งการแบ่งเวลาเพื่อศึกษาเนื้อหาตามความพร้อมของนักเรียนแต่ละคน

2. พัฒนานักเรียนให้มีความรู้และทักษะต่าง ๆ ที่กำหนดตามความแตกต่างของนักเรียน ซึ่งไม่จำกัดในเรื่องเวลา โดยเฉพาะนักเรียนที่อ่อน หรือต้องทำกิจกรรม สามารถตามเนื้อหาหรือเรียนล่วงหน้าได้ด้วยตนเอง

3. เพื่อเพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนด้วยกันในการทำกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มภายในห้องเรียนและครูกับนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์เพิ่มขึ้น ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน สามารถให้คำปรึกษาช่วยเหลือนักเรียนได้มากกว่าการเรียนแบบปกติและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ปกครองในการแจ้งและแลกเปลี่ยนความรู้ต่าง ๆ ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

4. ปรับเปลี่ยนการสอนให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ โดยอาศัยเทคโนโลยีช่วยในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ทำให้เกิดความหลากหลายของกิจกรรมภายในห้องเรียน และสอดคล้องกับความแตกต่างของนักเรียน

5. ส่งเสริมการเรียนรู้แบบรูจจริง ที่นักเรียนต้องเรียนในแต่ละวัตถุประสงค์ให้ผ่านแล้วเรียนเรื่องต่อไป ซึ่งการเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนกลับด้าน จะช่วยเอื้อให้ครูสามารถช่วยเหลือนักเรียนเป็นรายบุคคลได้

6. ให้ผลป้อนกลับกับนักเรียนทันที โดยครูสามารถใช้เวลาในห้องเรียนตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนพร้อม ๆ กันภายในห้องเรียน รวมทั้งสามารถนำผลที่ได้ไปพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในคาบต่อไปได้

การจัดกิจกรรมห้องเรียนห้องเรียนกลับด้าน

วิจารณ์ พานิช (2556) ได้อธิบายเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมแบบห้องเรียนกลับด้านไว้ว่า

1. ครูควรอธิบายเกี่ยวกับการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้านและประโยชน์ของการจัดกิจกรรมในวันแรก

2. แจ้งให้ผู้ปกครองนักเรียนทราบเกี่ยวกับการเรียนในรูปแบบห้องเรียนกลับด้าน เพื่อลดความกังวลเกี่ยวกับผลการสอบ

3. ครูควรสอนวิธีดูและจัดการวิดีโอ โดยแนะนำให้นักเรียนในช่วง 2-3 สัปดาห์แรกในการกำจัดสิ่งรบกวน จากนั้นให้นักเรียนดูวิดีโอทัศนร่วมกันเพื่อฝึกการหยุด หรือย้อนกลับเมื่อมีข้อสงสัย หรือประเด็นสำคัญ และจดบันทึกจับประเด็นสำคัญของเนื้อหา

4. ฝึกให้นักเรียนตั้งคำถาม โดยนักเรียนแต่ละคนต้องตั้งคำถามมาคนละ 1 ข้อต่อวิดีโอ 1 ตอน เพื่อนำมาช่วยกันหาคำตอบในห้องเรียน ซึ่งจะช่วยให้ครูสังเกตและแก้ไขความเข้าใจผิด ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมและช่วยกันในการหาคำตอบ

5. ครูต้องสนับสนุนให้นักเรียนสามารถใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในห้องเรียน เพื่อช่วยหาคำตอบโดยไม่กีดการสอนของครูเพียงอย่างเดียว รวมทั้งนักเรียนสามารถเรียนล่วงหน้า เรียนซ้ำในสิ่งที่ต้องการได้ตามศักยภาพของนักเรียนแต่ละคน

6. ครูส่งเสริมให้นักเรียนช่วยเหลือกันในการเรียนรู้ เช่นการจับกลุ่มเฉพาะเรื่องที่นักเรียนไม่เข้าใจและฝึกการทำงานเป็นทีม ซึ่งการเรียนรู้แบบช่วยเหลือกัน จะช่วยให้นักเรียนได้เรียนลึกซึ้งในเนื้อหามากขึ้น

7. สร้างการประเมินที่เหมาะสมเป็นการประเมินเพื่อปรับปรุง (Formative Assessment) โดยครูสังเกตนักเรียนเป็นรายบุคคลรอบ ๆ ห้องเรียนกลับด้าน เพราะนักเรียนแต่ละคนต้องการความช่วยเหลือที่แตกต่างกันตามระดับพัฒนาการของศักยภาพที่แตกต่างออกไป นักเรียนคนใดที่ช่วยตนเองได้ควรได้เรียนแบบช่วยตนเอง ส่วนนักเรียนที่ไม่สามารถช่วยตนเองได้ ก็จะเป็นหน้าที่ของครูในการให้การช่วยเหลือ

วิจารณ์ พานิช (2556) ได้กล่าวถึงการเรียนการสอนรูปแบบห้องเรียนวิทยาศาสตร์ของ สุพิศ ฤทธิ์ไว้ว่า การเรียนการสอนในช่วงแรก ควรเริ่มต้นแนะนำนักศึกษาเกี่ยวกับการเรียนการสอนผ่าน www.classtart.org ซึ่งนักศึกษาสามารถค้นหาเนื้อหาเอกสารที่เรียนผ่านไป โดยจากการเรียนสอนผ่านไปสองสัปดาห์ พบว่านักเรียนมีพฤติกรรมเรียน แสวงหาความรู้หลังจากที่ครูนำเข้าสู่บทเรียนเชิงเนื้อหาในแต่ละเรื่อง และเปิดโอกาสให้นักศึกษาที่แสดงวิธีแก้ปัญหาโจทย์ ประมาณ 4-5 ข้อ หน้าชั้นเรียนโดยนักศึกษาจะผลัดเปลี่ยนมาแสดงวิธีทำให้เพื่อนดู โดยจะได้รับคะแนนทุกครั้งที่ตอบถูก ซึ่งหากนักศึกษามีความรู้พื้นฐานที่ผิดก็จะได้รับการแก้ไขโดยครู

Bretzmann (2013) ได้อธิบายเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนห้องเรียนกลับด้านในวิชาคณิตศาสตร์ไว้ในหนังสือ Flipping 2.0 โดยนำเสนอช่วงการกลับด้าน เช่น

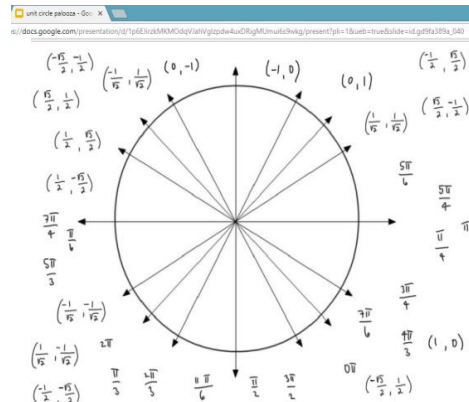
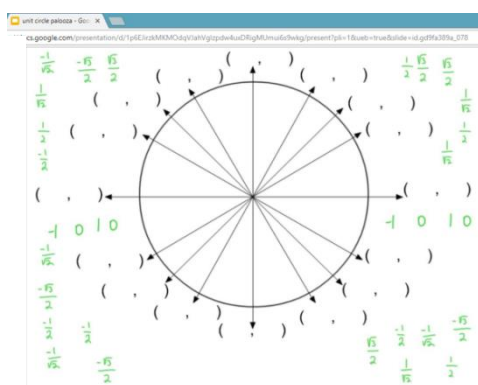
ช่วงที่ 1 บทเรียน (Lessons) สำหรับห้องเรียนที่มีการสอนด้วยการบรรยายมาตลอด การเปลี่ยนแปลงเป็นเรื่องยาก ดังนั้นจึงค่อย ๆ เปลี่ยนตามความพร้อม ซึ่งในช่วงแรกจะใช้โปรแกรม Powerpoint เพราะเป็นวิธีการที่ง่ายและสามารถบันทึกการสอนได้ หลังจากนั้นใช้โปรแกรม VoiceThread ซึ่งเป็นเครื่องมือออนไลน์ ซึ่งนักเรียนสามารถเพิ่มคำถามหรือข้อเสนอแนะในบทเรียนได้ ซึ่งเป็นการสนทนาที่เกิดขึ้นนอกเหนือจากเวลาในห้องเรียน รวมทั้งโปรแกรม VoiceThread ยังสามารถอัดโหลดโปรแกรม Powerpoint หรือ Camtasia-Recorded แม้ว่า

โปรแกรมดังกล่าวจะใช้เวลานาน แต่มีความสนุกมาก สำหรับจำนวนบทเรียนไม่ควรมากกว่า 3 บทเรียนต่อสัปดาห์และเวลาที่ใช้ในการเรียนทั้งหมดให้นักเรียนได้บันทึกและทำแบบฝึกหัดประมาณ 30 - 45 นาที ซึ่งเวลาประมาณ 10 นาทีในการดูวิดีโอ

ช่วงที่2 เวลาในห้องเรียน(The Class Time)การจัดกิจกรรมในชั้นเรียนนั้นสามารถดำเนินได้ 2 แนวทางคือ กิจกรรมกลุ่ม (Whole Group Activities) กิจกรรมส่วนบุคคล (Individual Activities) และ การช่วยเหลือส่วนบุคคล (Individual Help)โดยใช้เวลาหลังจากการสอนในแต่ละหน่วยเสร็จสิ้น ซึ่งควรให้นักเรียนเผชิญการแก้ปัญหาที่ท้าทาย พุดคุยและช่วยเหลือซึ่งกันและกัน โดยตัวอย่างกิจกรรมกลุ่ม (Whole Group Activities) เป็นกิจกรรมที่เน้นให้ทุกคนได้คิดแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยแต่ละกลุ่มควรมีประมาณ 2-3 คน ทำให้เกิดการร่วมมืออย่างแท้จริง เสริมสร้างความรู้สึกร่วมเป็นเจ้าของและตรวจสอบการยั้งรู้ของนักเรียนภายในกลุ่มโดยมีลักษณะดังนี้

1. ต้องเป็นงานที่ใช้หลายคนในการทำและสามารถแบ่งงานภายในกลุ่มได้ง่าย
2. ปัญหาที่ใช้ในการทำกิจกรรมควรเป็นปัญหาที่สามารถแก้ปัญหาค้นหาได้หลายวิธี
3. เป็นปัญหาปลายเปิดมากกว่าคำตอบเดียว
4. เป็นงานที่ต้องการความร่วมมือของกลุ่มและการระดมสมอง
5. เป็นงานที่ช่วยพัฒนาความคิดของนักเรียน โดยเนื้อหาของกิจกรรมจะให้มุมมอง

เป็นภาพใหญ่อาจจะทำก่อน หรือหลังขึ้นอยู่กับการสอนของครูแต่ละคน ส่วนความยากนั้นต้องมีความแตกต่างเพื่อให้เกิดพัฒนาการที่ดีขึ้น โดยประโยชน์ของกลุ่ม (Group Advantage) คือ นักเรียนจะได้รับความรู้ที่หลากหลายจากนักเรียนภายในกลุ่มและบันทึก แลกเปลี่ยน ถกเถียงกัน อย่างมีเหตุผลจนนำไปสู่การสรุปผล ตัวอย่างการหาค่าที่ถูกต้องบนวงกลมหนึ่งหน่วย (Organizing Exact Values on the Unit Circle) ซึ่งเป็นการนำข้อมูลมาใส่ในที่ว่างที่เหมาะสม โดยครูสร้างโดยใช้โปรแกรมPowerPointในกูเกิลไดรฟ์(Google Drive) ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แสดงเอกสารการใส่ค่าวงกลมหนึ่งหน่วยโดย
ใช้โปรแกรม Power Point ในกูเกิลไดร์

ที่มา: Bretzmann, J. (2013). Flipping 2.0 : practical strategies for flipping
your class p.105.

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ห้องเรียนกลับด้าน

งานวิจัยภายในประเทศ

อุบลวรรณ ปัญนะ (2560) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคห้องเรียนกลับด้านที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง บทประยุกต์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งมีเนื้อหาประกอบด้วย การแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้บัญญัติไตรยางศ์ ปัญหาร้อยละ การลดราคา การหากำไรขาดทุนและราคาขาย การหาร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ โดยเน้นการศึกษาด้วยตนเองมาก่อนล่วงหน้าจากสื่อที่ครูจัดเตรียม เช่น วีดีโอใน CD หรือสื่อในอินเทอร์เน็ตโดยนักเรียนสามารถศึกษาได้ตลอดเวลาแล้วกลับมาในห้องเรียนดำเนินการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง บทประยุกต์ โดยสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนวัดประสาธนิกร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาชุมพร เขต 2 จำนวน 1 ห้อง 37 คน โดยเครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับห้องเรียนกลับทาง แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อัตราส่วน 5 ข้อและแบบปรนัยจำนวน 20 ข้อ ผลพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พรรณี คงเงิน (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน และเทคนิคการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง คู่อันดับและกราฟ กับเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการพัฒนาแผนการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านและเทคนิคการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียน และศึกษาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน

และเทคนิคการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียน โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนเทศบาลตาคลี (ขุนตาคลีคณะกิจ) อำเภอตาคลี จังหวัดนครสวรรค์จำนวน 1 ห้อง 38 คน แบ่งเป็นนักเรียนชาย 25 คนและนักเรียน 13 คน ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 47.67 โดยอยู่ในระดับสูง 5 คน ระดับปานกลาง 8 คน และระดับต่ำ 25 คน ผลพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.6-1.0 รวมทั้งสื่อ วิดีทัศน์มีความสอดคล้องกับมาตรฐานและตัวชี้วัดซึ่งผู้วิจัยรวบรวมมาจากเว็บไซต์ของ สสวท. มีความยาวของวีดิทัศน์ประมาณ 20-30 นาที ส่วนการใช้เทคนิคการประเมินความก้าวหน้านั้น พบว่า นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น คือคะแนนเรื่อง คู่อันดับและกราฟ มีคะแนนเฉลี่ย 67.72 จากเดิม 52.98 และเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวมีคะแนนเฉลี่ย 73.61 จากเดิม 66.32 ส่วนด้านความพึงพอใจหลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้รูปแบบห้องเรียนกลับด้านพบว่านักเรียนชอบการเรียนรู้ที่ได้เรียนรู้จากวีดิทัศน์ที่ครูจัดเตรียมเอาไว้ให้ และในช่วงฝึกทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับเพื่อนทำให้นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน อีกทั้งการใช้เทคนิคการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนและให้ผลป้อนกลับต่อผลงานของนักเรียนอย่างสม่ำเสมอ

งานต่างประเทศ

Ingram and et.al. (2014) ได้ศึกษาผลการพัฒนาการเรียนการสอนห้องเรียนกลับด้านคณิตศาสตร์ในโรงเรียนประถมศึกษา โดยกลุ่มตัวอย่างประชากรคือ นักเรียนประถมศึกษาเกรด 4 และเกรด 5 ของโรงเรียนสติลวอเตอร์ เอเรีย เน้นศึกษาความแตกต่างของวิธีการสอนแบบตัวต่อตัว (Face-to-Face) ของครูและประสบการณ์การเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระหว่างการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน กับห้องปกติ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนในห้องเรียนกลับด้านมีเวลามากเพียงพอในการทำงานที่เกี่ยวกับจัดการกับปัญหาที่ครูนำเสนอมากกว่าห้องเรียนปกติ เนื่องจากครูใช้เวลาในการพูดคุยในชั้นเรียนน้อยกว่าห้องเรียนปกติ และการเรียนการสอนในรูปแบบห้องเรียนกลับด้าน จะทำให้ครูมีเวลามากเพียงพอที่จะจัดการเรียนการสอนที่หลากหลาย เพื่อให้นักเรียนรายบุคคลหรือกลุ่มเล็ก ๆ รวมทั้งนักเรียนในห้องเรียนกลับด้านจะทำงานเป็นคู่ หรือกลุ่มเล็ก ๆ มากกว่านักเรียนในห้องเรียนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในด้านครูที่ใช้การเรียนการสอนห้องเรียนกลับด้าน 1-2 ปี พบว่ามีประโยชน์ เช่น ครูสามารถทำทำให้นักเรียนที่มีความสามารถในการเรียนสูงและมี

เวลาในการทำโครงการทางคณิตศาสตร์ หรือช่วยเพิ่มโอกาสในการประเมินที่ไม่เป็นทางการของนักเรียน รวมทั้งนักเรียน 59 เปอร์เซนต์ระบุว่า ต้องการเรียนในรูปแบบห้องเรียนกลับด้านในปีการศึกษาถัดไป เพราะนักเรียนได้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ห้องเรียนและวิดีโอสามารถช่วยในการเรียนรู้ของนักเรียนได้

Alpaslan, Baki, and Yunus (2015) ได้ศึกษาหลักสูตรแคลคูลัสในรูปแบบกลับด้านกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนในระดับอุดมศึกษาจำนวน 96 คนที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกร 2 ของมหาวิทยาลัยแพคซัสทางตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเป็นนักเรียนปีหนึ่งจำนวน 60 คน และนักเรียนปี 2 จำนวน 34 คนโดยแบ่งการเรียนการสอนออกเป็น 10 ห้องเรียนซึ่ง 3 ห้องเรียนจะจัดการเรียนรูปแบบห้องเรียนกลับด้าน และอีก 7 ห้องจะเรียนแบบปกติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เข้าใจมุมมองของนักเรียนที่ใช้หลักสูตรห้องเรียนกลับด้าน และตรวจสอบความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้สถิติเชิงบรรยายและ Paired t-test ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งพบว่านักเรียนที่เรียนหลักสูตรห้องเรียนกลับด้าน มีคะแนนเฉลี่ยที่สูงกว่านักเรียนที่ไม่ใช้หลักสูตรห้องเรียนกลับด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และนักเรียน 83 เปอร์เซนต์กล่าวว่าบทเรียนห้องเรียนกลับด้านช่วยเตรียมความพร้อมในการเรียนได้ดีขึ้น

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรม GSP

ความเป็นมาของโปรแกรมGSP

ในปี ค.ศ.1980 เป็นปีของการเริ่มต้นพัฒนาโปรแกรม GSP (the Geometer's Sketchpad Program) โดยเป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาเรขาคณิตที่เกี่ยวกับการมองเห็น (Visual Geometry Project) ภายใต้การดูแลของ ยูจีนคลอทซ์ (Eugene Klotz) และ โดนิสชานชไนเดอร์ (Doris Schattschneider) ของวิทยาลัยสวาทมอร์ (Swarthmore College) โดยได้รับการสนับสนุนจากมูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติอเมริกา (National Science Foundation) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อที่เป็นเทคโนโลยีใหม่ใช้ในการสอนเรขาคณิต โดยในการพัฒนาโปรแกรมรุ่นแรกมี นิโคลัส แจคควิ (Nicholas Jaokiw) ต่อมาสำนักพิมพ์ คีเคอร์รี่ คูล์ม (Key Curriculum Press) ได้เป็นผู้สนับสนุน จำหน่ายผลงานเพราะเล็งเห็นว่า โปรแกรม GSP สามารถช่วยในการจัดการ ได้ตอบกับแผนภาพทางคณิตศาสตร์ โดยที่ยังคงไว้ซึ่งนิยามพื้นฐาน นอกจากนี้ยังช่วยในการมองภาพ สรุปข้อคาดการณ์ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ (The sketchpad story., n.d.)

ความหมายของโปรแกรม GSP

สำหรับโปรแกรม GSP เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปทางเรขาคณิตที่ได้รับความนิยมในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นอย่างมาก ซึ่งมีนักวิชาการได้ความหมายไว้สอดคล้องกันดังนี้

เสรี สุขโยธิน (2555)อธิบายว่าโปรแกรม GSP (The Geometer's Sketchpad) เป็นโปรแกรมที่ทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์สะดวกขึ้น เพราะสามารถแสดงการเคลื่อนไหวให้ผู้เรียนเห็นเป็นรูปธรรมเหมือนการสาธิตหรือการทดลองให้ดู ทำให้ผู้เรียนมองเห็นภาพได้อย่างถูกต้องในเรื่อง การฝึกคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาต่าง ๆ สามารถพิสูจน์ทฤษฎี นิยามต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังนำไปสู่การเรียนรู้ในวิชาอื่น ๆ ได้ เช่น ฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์ ศิลปะ เป็นต้น โดยโปรแกรม GSP (The Geometer's Sketchpad) เป็นซอฟต์แวร์สำรวจเชิงคณิตศาสตร์หรือเรขาคณิตเชิงพลวัต ที่ใช้สร้างรูปเรขาคณิตที่เคลื่อนไหวได้ ซึ่งนำไปสู่การค้นพบสมบัติต่าง ๆ ทางเรขาคณิต สามารถสำรวจ ตั้งข้อคาดเดาและสืบค้นเพื่อยืนยันเหตุผล ทำให้เกิดจินตนาการในการค้นคว้าหาเหตุผลเพิ่มเติม ส่งผลให้การเรียนคณิตศาสตร์ให้ง่ายขึ้น โดย GSP สามารถนำมาใช้ในการประกอบการเรียนการสอนได้อย่างหลากหลายทางเรขาคณิต เช่น เส้นตรงและมุม การสร้างความเท่ากันทุกประการ ทฤษฎีบทพีทาโกรัส เส้นขนาน ความคล้าย วงกลมนอกจากนั้นยังสามารถนำไปใช้ในเรื่อง ตรีโกณมิติ เวกเตอร์ เรขาคณิตวิเคราะห์ ฟิสิกส์ ตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์สร้างงานศิลปะได้

ชาญณรงค์ เผือกเพี้ยน (ม.ป.) อธิบายว่า โปรแกรม GSP คือ โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) เป็นระบบซอฟต์แวร์ที่ใช้ สำหรับสร้าง สำรวจ และวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเนื้อหาคณิตศาสตร์สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เกี่ยวกับรูปร่าง อธิบายหลักการคณิตศาสตร์ สร้างข้อ คาดการณ์ สร้างภาพทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน

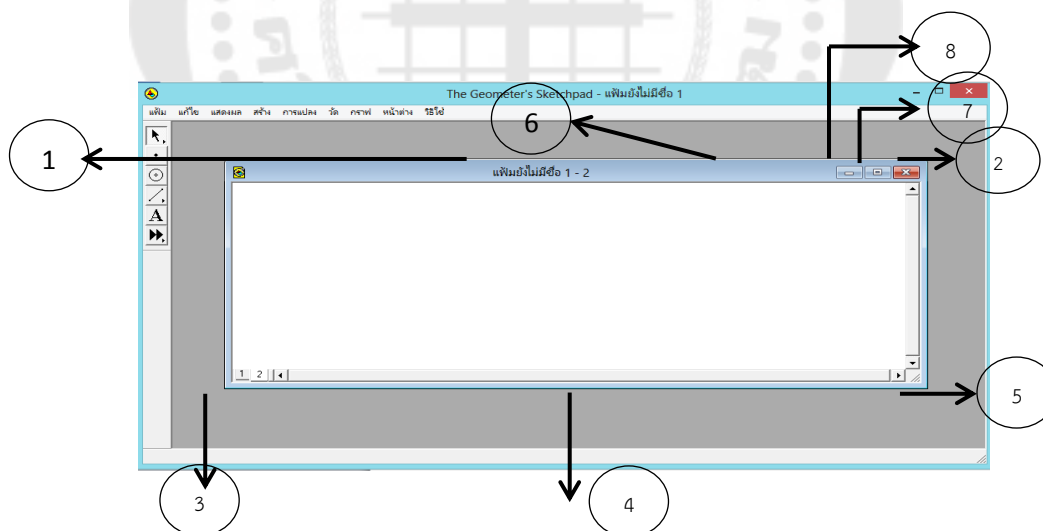
จากที่ได้กล่าวมานั้นสามารถสรุปได้ว่าโปรแกรม GSP (The Geometer's Sketchpad) คือซอฟต์แวร์สำรวจเชิงคณิตศาสตร์หรือเรขาคณิตเชิงพลวัต ที่ช่วยในการแสดงการเคลื่อนไหวรูปที่ยังคงรักษาสสมบัติทางคณิตศาสตร์ไว้เสมอ โดยเปลี่ยนจากความรู้เชิงนามธรรมเป็นรูปธรรมเปรียบเสมือนการสาธิตหรือการทดลอง ทำให้ผู้เรียนมองเห็นภาพได้อย่างถูกต้องช่วยฝึกคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาต่างๆ สามารถพิสูจน์ทฤษฎี นิยามต่าง ๆ ได้

การใช้งานโปรแกรม The Geometer's Sketchpad Program (GSP) เบื้องต้น

เสรี สุขโยธิน (2555) และสาขาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (ม.ป.) ได้กล่าวว่า โปรแกรม GSP (The Geometer's Sketchpad Program) เป็นโปรแกรมในการสร้างเอกสารที่ประกอบด้วยแผนภาพทางคณิตศาสตร์และรูปเรขาคณิตโดยแต่ละแผนภาพ หรือแต่ละรูปเรียกว่า “แบบร่าง” ซึ่งประกอบด้วย อ็อบเจกต์ต่าง ๆ ซึ่งถูกสร้างขึ้นจากความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ที่อ็อบเจกต์เหล่านั้นมีต่อกัน โดยสามารถโต้ตอบเอกสารและอ็อบเจกต์ได้ผ่านเครื่องมือและคำสั่งดังนี้

1. องค์ประกอบสำคัญของโปรแกรม สำหรับโปรแกรมจะประกอบไปด้วยแบบร่างซึ่งอาจมีได้มากกว่า 1 แบบร่างขึ้นไป เรียกแบบร่างว่า “หน้า” โดยเอกสารจะปรากฏในหน้าต่างต่าง ๆ ของโปรแกรมและสามารถบันทึกเก็บไว้ใช้ภายหลังได้ นอกจากนี้ในเอกสารยังประกอบไปด้วยเครื่องมือพื้นฐานและเครื่องมือกำหนดเอง เช่น เครื่องมือลงจุด เครื่องมือวงเวียน เครื่องมือเขียนเส้นในแนวตรง เป็นต้น

1.1 หน้าต่างเอกสาร เป็นพื้นที่ สำหรับบรรจุรูปเชิงเรขาคณิตที่สร้างขึ้น รวมทั้งตัวควบคุมซึ่งใช้สำหรับการจัดการกับหน้าต่างเอกสารและแบบร่าง ดังภาพประกอบ 5 และตาราง 6



ภาพประกอบ 5 แสดงหน้าต่างและตัวควบคุมพื้นฐานโปรแกรม GSP

ตาราง 6 แสดงชื่อและหน้าที่ต่างในโปรแกรม GSP(the Geometer's Sketchpad Program)

ชื่อเรียก	หน้าที่
1. แถบชื่อ	ลากแถบชื่อ เพื่อย้ายตำแหน่งหน้าต่างเอกสาร
2. กล่องปิด	คลิกเพื่อปิดหน้าต่าง
3. แป้นหน้า	คลิกเพื่อไปยังหน้าที่ต้องการ (จะปรากฏเมื่อมีเอกสารมากกว่า 1 หน้า)
4. แถบเลื่อน	คลิกหรือลาก เพื่อเลื่อนหน้าต่างขึ้นลงหรือไปทางซ้าย ขวา
5. พื้นที่ปรับขนาด	ลากตรงพื้นที่นี้ เพื่อปรับขนาดของหน้าต่าง
6. ขอบหน้าต่าง	ลากตรงพื้นที่นี้ เพื่อปรับขนาดของหน้าต่าง
7. กล่องขยายสูงสุด	คลิกเพื่อขยายหน้าต่างให้มีขนาดเต็มจอ
8. กล่องขยายต่ำสุด	คลิกเพื่อลดขนาดหน้าต่างให้เป็นไอคอน

1.2 หน้าเอกสาร โดยปกติหน้าต่างของเอกสารจะมีเพียงหน้าต่างเดียว หากต้องการสร้าง หน้าของเอกสารที่มากกว่า 1 หน้า สามารถเลือก “ทางเลือกเอกสาร” โดยตามปกติจะแสดงชื่อหน้า หรือเอกสารไว้ที่แถบชื่อของหน้าต่าง และแสดงแป้นหน้าไว้ที่ด้านซ้ายล่างของ หน้าต่างเอกสาร เมื่อต้องการไปยังหน้าใดสามารถคลิกที่แป้นหน้าได้นอกจากนี้ยังสามารถ เชื่อมโยงแต่ละหน้าเมื่อต้องการไปยังหน้าที่ต้องการโดยตรง

1.3 เครื่องมือเอกสาร จะประกอบไปด้วยเครื่องมือพื้นฐานและเครื่องมือ กำหนดเองซึ่งผู้ใช้งานสามารถกำหนดอ็อบเจกต์เชิงคณิตศาสตร์ใหม่หรือเป็นวิธีการใหม่

โดยเครื่องมือกำหนดเองที่สร้างขึ้นจะเป็นส่วนหนึ่งของเอกสาร เราสามารถ เปลี่ยนชื่อ จัดลำดับ และลบเครื่องมือได้ หรือ คัดลอกเครื่องมือได้โดยเข้าไปที่ ทางเลือกเอกสาร

2. อ็อบเจกต์

โดยในการสร้างอ็อบเจกต์โดยโปรแกรม Sketchpad จำเป็นต้องอาศัยกลุ่ม อ็อบเจกต์เชิงคณิตศาสตร์พร้อมด้วยวิธีสร้างความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างอ็อบเจกต์เหล่านี้ เพื่อศึกษามุมมองต่าง ๆ ค้นหาความสัมพันธ์ สำรวจแบบรูป สมมาตรและนำเสนอ ผลงานที่ค้นพบ ซึ่งอ็อบเจกต์ในโปรแกรม GSP อาจแบ่งได้หลายกลุ่ม คือ

กลุ่มที่เป็นอ็อบเจกต์เชิงเรขาคณิต ได้แก่ จุด เส้นตรง รัศมี ส่วนของเส้นตรง วงกลม ส่วนโค้ง บริเวณภายใน โดคัส และกฎการทำซ้ำ

กลุ่มที่เป็นอ็อบเจกต์เชิงตัวเลข หรือเชิงพีชคณิต ได้แก่ อ็อบเจกต์เชิงตัวเลขหรือเชิงพีชคณิต ได้แก่ อ็อบเจกต์เกี่ยวกับการวัด การคำนวณ ฟังก์ชัน พารามิเตอร์ และระบบพิกัด

กลุ่มที่เป็นอ็อบเจกต์เกี่ยวกับที่ใช้ในการบรรยาย อธิบาย และนำเสนอ เช่น คำบรรยาย และปุ่มแสดงการทำงานซึ่งอ็อบเจกต์ส่วนใหญ่จะมีคุณลักษณะร่วมกันดังนี้

ตาราง 7 แสดงคำสั่งที่ใช้กำหนดคุณลักษณะของอ็อบเจกต์ในโปรแกรม GSP(the Geometer's Sketchpad Program)

คุณลักษณะของอ็อบเจกต์	คำสั่งการทำงาน
สี	การกำหนดสีของอ็อบเจกต์สามารถทำได้โดยการเลือกอ็อบเจกต์ แล้วเลือกสีจากเมนูสีในเมนูแสดงผล
ป้ายชื่อ	ถ้าต้องการแสดงหรือซ่อนป้ายชื่อสามารถใช้เครื่องมือข้อความหรือคำสั่งแสดง/ซ่อนป้ายในเมนูแสดงผล หรือถ้าต้องการแก้ไขป้ายชื่อให้ใช้เครื่องมือสร้างข้อความ และต้องการเปลี่ยนชุดแบบอักษร ขนาดอักษร รูปแบบอักษรหรือสีของป้ายชื่อ ให้ใช้แถบรูปแบบ
การปรากฏ	การซ่อนอ็อบเจกต์ไม่ให้ปรากฏสามารถทำได้ในขณะที่อ็อบเจกต์นั้นสามารถควบคุมหรือมีผลต่ออ็อบเจกต์อื่น ๆ โดยใช้คำสั่งซ่อนอ็อบเจกต์ในเมนูแสดงผล และถ้าต้องการแสดงอ็อบเจกต์ที่ซ่อนไว้ก็สามารถใช้คำสั่งแสดงสิ่งที่ซ่อนไว้ทั้งหมด
การเคลื่อนไหว	การทำให้อ็อบเจกต์เชิงเรขาคณิตและพารามิเตอร์ทั้งหมดเคลื่อนไหวสามารถใช้คำสั่งเคลื่อนไหวจากเมนูแสดงผล หรือใช้ปุ่มการเคลื่อนไหวการเคลื่อนที่สร้างขึ้นหรือใช้คำสั่งควบคุมการเคลื่อนไหว

ตาราง 7 (ต่อ)

คุณลักษณะ ของอ็อบเจกต์	คำสั่งการทำงาน
	สามารถใช้คำสั่งลยรอย แต่ถ้าต้องการทำให้รอยนั้นจางลงสามารถกำหนดได้ที่ค่าฟังก์ชันอ็อบเจกต์เชิงเรขาคณิต
สมบัติ	อ็อบเจกต์สามารถเปลี่ยนแปลงสมบัติของอ็อบเจกต์เพื่อเปิดแผงรายการสมบัติของอ็อบเจกต์โดยเลือกคำสั่งสมบัติในเมนูแก้ไข หรือใช้วิธีคลิกขวาบนอ็อบเจกต์นั้นเพื่อเปิดแผงรายการสมบัติของอ็อบเจกต์

ประโยชน์ของโปรแกรม GSPในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

โปรแกรม GSP เป็นโปรแกรมที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ได้หลากหลายระดับโดยใช้ในการสร้าง สํารวจ และวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเนื้อหา คณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถใช้สร้างต้นแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่มีปฏิสัมพันธ์ได้หลากหลาย ตั้งแต่การค้นคว้าในระดับพื้นฐานเกี่ยวกับรูปร่าง และจำนวนไปถึงรูปที่มีความซับซ้อนขึ้น และเคลื่อนไหวได้

The sketchpad story. (n.d.) ได้อธิบายเกี่ยวกับประโยชน์ของโปรแกรม GSP ในการเรียนการสอนไว้ว่า สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา สามารถนำโปรแกรมไปสร้างโมเดลไดนามิกของเศษส่วน เส้นจำนวน และรูปแบบเรขาคณิตได้ ส่วนนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาสามารถใช้โปรแกรมในการเรียนเกี่ยวกับพีชคณิต สํารวจ อัตราส่วน สัดส่วน อัตราการเปลี่ยนแปลง และความสัมพันธ์ของฟังก์ชัน ผ่านการแสดงตัวเลข กราฟ รวมทั้งสามารถสร้างความเข้าใจเชิงลึกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เช่น ตรีโกณมิติ ฯลฯ

เสรี สุขโยธิน (2555) ได้อธิบายเกี่ยวกับประโยชน์ของโปรแกรม GSP เป็นดังนี้

1. สามารถแสดงการทดลองทางคณิตศาสตร์ให้เป็นรูปธรรม สร้างความเข้าใจคณิตศาสตร์มากขึ้น เช่น การหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า ที่ปรับขนาดของด้านและมุมได้ก็สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว
2. ฝึกการสร้างสมมุติฐานนำไปสู่การทดลองเพื่อสรุปผล เช่น การสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสให้มีพื้นที่เท่ากับรูปสามเหลี่ยมที่กำหนดให้
3. ตอบปัญหาที่เกี่ยวกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ยากได้ง่ายขึ้น เช่น การหาพื้นที่ที่ซับซ้อนของรูปวงกลมสองรูป

4. เพิ่มความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานด้านศิลปะทางคณิตศาสตร์ ในหลายรูปแบบที่สวยงาม เช่น การสร้างรูปธงอาเซียน การสร้างคลื่นน้ำ เป็นต้น

5. สามารถนำโปรแกรมนี้ไปออกแบบสร้างหรือประดิษฐ์วัสดุที่สวยงามได้มากมาย เช่นการออกแบบลายผ้า โคมไฟ ฯลฯ

Key Curriculum (2001: 1-101) อ้างถึงใน อำนาง เชื้อบ่อคา (2547) ได้อธิบายประโยชน์ของโปรแกรมGSPไว้ดังนี้

1. ด้านศิลปะและการเคลื่อนไหว (Art/Animation) โปรแกรม GSP สามารถที่จะนำเครื่องมือสร้างรูปต่าง ๆ และเคลื่อนไหวรูปได้ตามที่ต้องการ

2. วิชาแคลคูลัส (Calculus) สามารถใช้โปรแกรมคำนวณหาปริมาตรของกล่องซึ่งเกิดจากการตัดมุมทั้งสี่ของกระดาษ ซึ่งเราจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรของกล่องดังกล่าวเมื่อมีการเคลื่อนไหว นอกจากนี้ยังสามารถใช้โปรแกรมหาค่าสร้างกราฟจากสมการต่าง ๆ เช่น $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$

3. วงกลม (Circle) ในโปรแกรม GSP สามารถที่จะใช้เครื่องมือ Compass Tool สร้างวงกลมที่ต้องการและสามารถที่จะหาค่ารัศมี เส้นรอบวง และคำนวณหาพื้นที่ได้

4. ภาคตัดกรวย (Conic Section) โปรแกรม GSP สามารถที่จะสร้างวงกลม(Circle) วงรี(Ellipse) พาราโบลา(Parabola) และไฮเพอร์โบลา (Hyperbola) โดยการเคลื่อนที่จะทำให้เห็นร่องรอยของกราฟได้ตามต้องการ

5. การเขียนกราฟและการหาจุดโคออร์ดิเนตในเรขาคณิต (Graphing/Coordinate Geometry) ใช้โปรแกรม GSP สร้างรูปภาพ กราฟจากสมการต่าง ๆ และหาจุดโคออร์ดิเนตในสมการได้ เช่น

6. เส้นตรงและมุม (Lines and Angles) ในการสร้างเส้นตรงและมุมโดยการใช้โปรแกรม GSP สามารถทำได้โดยง่าย สามารถวัดขนาดของเส้นตรงและมุม ทำให้สรุปเนื้อหาและทฤษฎีเกี่ยวกับเรื่องเส้นตรงและมุมได้อย่างรวดเร็ว

7. รูปสามเหลี่ยม (Triangles) เมื่อสร้างรูปสามเหลี่ยมโดยการใช้โปรแกรม GSP สามารถใช้คำสั่งเพื่อคำนวณหาความยาวของด้านแต่ละด้าน มุม และพื้นที่ของสามเหลี่ยมดังกล่าวได้ เช่นสามเหลี่ยมใด ๆ เมื่อความยาวของฐานและความสูงเท่าเดิมพื้นที่ของสามเหลี่ยมย่อมจะไม่เปลี่ยนแปลงดังนั้นเมื่อโยกจุดยอดของสามเหลี่ยมไปอยู่ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ โดยที่ความสูงเท่าเดิม พื้นที่ของสามเหลี่ยมย่อมคงเดิมเสมอ

8. ตรีโกณมิติ (Trigonometry) ในการหาฟังก์ชันตรีโกณมิติโดยใช้โปรแกรม GSP
กระทำได้โดยสร้างวงกลมหนึ่งหน่วย (Unit Circle)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนการใช้โปรแกรม GSP

งานวิจัยภายในประเทศ

วรรณวิภา สุทธิเกียรติ (2542) ได้ศึกษาบทเรียนเรขาคณิตที่ใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ โดยครอบคลุมเนื้อหาความรู้ทางเรขาคณิตเฉพาะในส่วนสมบัติของรูปเรขาคณิตที่เป็นพื้นฐานในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยกิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนสำรวจหาความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิต สร้างข้อคาดการณ์เพื่อทำการสืบเสาะหาเหตุผล โดยกลุ่มตัวอย่างของประชากรคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนสามเสน จำนวน 42 คนและแบ่งนักเรียนตามผลการเรียนเป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง ปานกลาง และต่ำ ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนเรขาคณิตที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์การตัดสิน 70/70 ตามเกณฑ์ที่กำหนด

ธนวิทย์ (2555) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เรื่องวงกลม โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) โดยตัวอย่างประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนโยธินบูรณะ ปีการศึกษา 2554 จำนวน 46 คนพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และนักเรียนส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างยิ่งว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง วงกลมโดยใช้โปรแกรม GSP มีความทันสมัยและความน่าสนใจทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการใช้โปรแกรม GSP ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา เรื่อง วงกลม

งานต่างประเทศ

Dimakos and Zaranis (2010) ได้ศึกษาแนวโน้มของโปรแกรม GSP ที่มีต่อความสำเร็จการเรียนเรขาคณิตของนักเรียน โรงเรียนในประเทศกรีซ โดยเน้นพิจารณาผลการใช้โปรแกรมในการเพิ่มสมรรถนะในการเรียนเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยกลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาเกรด 7 ของโรงเรียนชานเมืองทาง

เหนือของกรุงเทพมหานคร ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 40 คนจะใช้เวลา 1 ชั่วโมงสุดท้ายของสัปดาห์จำนวน 6 สัปดาห์ เพื่อการสำรวจโดยใช้คอมพิวเตอร์และกลุ่มควบคุมจำนวน 39 คนจะไม่มีการใช้คอมพิวเตอร์ในการสำรวจ ซึ่งทั้งสองกลุ่มมีการสอบก่อนเรียน พบว่าคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้โปรแกรม GSP ในการสำรวจเนื้อหาทางเรขาคณิตมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ไม่มีการสำรวจด้วยโปรแกรม GSP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Abdullah and Zakaria (2012) ได้ศึกษาการใช้โปรแกรม GSP ของครูที่ได้รับการอบรมและผู้เชี่ยวชาญในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนของแวนฮิลี โดยใช้โปรแกรม GSP แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การให้ข้อมูลเพื่อนำไปสู่บทเรียน (Information) ขั้นที่ 2 แนะนำการเรียนรู้สิ่งใหม่อย่างมีทิศทาง (Guided orientation) ขั้นที่ 3 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Explication) ขั้นที่ 4 การเรียนรู้อย่างอิสระ (Free Orientation) ขั้นที่ 5 การสรุปรวม (Integration) และแบ่งการพัฒนาให้นักเรียนออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนแรกเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนานักเรียนจากระดับความคิดทางเรขาคณิตของแวนฮิลีระดับ 0 การนึกภาพไปสู่ระดับ 1 การวิเคราะห์ และในส่วนที่สองเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนานักเรียนจากระดับ 1 การวิเคราะห์ ไปสู่ระดับ 2 การอนุมานอย่างไม่มีแบบแผน โดยกลุ่มประชากรเป็นผู้เชี่ยวชาญจำนวน 8 คน และครูที่ได้รับการอบรมจำนวน 24 คน ผลพบว่า กิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องเป็นอย่างมากตามขั้นตอนในการเรียนเรขาคณิตของ แวน ฮิลี โดยใช้โปรแกรม GSP เป็นเครื่องมือและกิจกรรมมีคุณสมบัติสอดคล้องกับเกณฑ์ความรู้ รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญและครูมีความคิดเห็นที่ดีกับกิจกรรมในการเรียนการสอนเรขาคณิต

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดทางเรขาคณิต

ความเป็นมาของแนวคิดของแวน ฮิลี

Crowley (1987)กล่าวว่าแนวคิดเริ่มโดยนักวิจัยชื่อ ปีแอร์ แวนฮิลี และไดนา แวน ฮิลี (Pierre Van Hiele & Dina Van Hiele - Geldof) ที่มหาวิทยาลัยยูเทรช (Utrecht) หลังจากไดนา เสียชีวิตสามีของเขาได้ดำเนินการจำแนกและพัฒนาทฤษฎีนี้ ในปี ค.ศ. 1960 ประเทศรัสเซีย ได้ใช้แวน ฮิลีโมเดล ในการปรับปรุงหลักสูตรวิชาเรขาคณิต แต่แวนฮิลีโมเดล ก็ยังไม่ได้ได้รับความสนใจในวงกว้างจนกระทั่งในปี ค.ศ. 1976 Izaak Wirszup ได้เริ่มเขียนบทความเกี่ยวกับแวน ฮิลี โมเดล และในเวลาเดียวกัน Hans Freudenthal ศาสตราจารย์ของมหาวิทยาลัยยูเทรช

ได้ให้ความสนใจในโมเดลนี้ ซึ่งปรากฏในหนังสือ *Mathematic as an Educational Task* ทำให้ในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาแวน ฮีลี โมเดล ได้รับความสนใจในอเมริกาเหนือเป็นอย่างมาก โดยการพัฒนาความเข้าใจทางเรขาคณิตของนักเรียนแบ่งออกเป็น 5 ขั้น ได้แก่ ระดับ 0 การนึกภาพ (visualization) ระดับ 1 การวิเคราะห์ (Analysis) ระดับ 2 การอนุมานอย่างไม่มีแบบแผน (Informal Deduction) ระดับ 3 การอนุมานอย่างมีแบบแผน (Deduction) ระดับ 4 การคิดสุดยอด (Rigor)

ระดับความคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบของแวน ฮีลี

ความคิดทางเรขาคณิต เป็นทักษะและความสามารถทางสมองในการหาเหตุผล และลงความเห็นด้วยการพิสูจน์ ซึ่งความคิดทางเรขาคณิตอาจเรียกตามลักษณะการคิด เฉพาะเรื่องเฉพาะมโนทัศน์ เช่น ความคิดเชิงปริภูมิ ซึ่งเป็นลักษณะใช้ปัญญาญาณ (Intuition) เกี่ยวกับรูปเรขาคณิตและความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต

แวน ฮีลี โดยแบ่งระดับความเข้าใจเรขาคณิตของผู้เรียนเป็น 5 ระดับจากระดับ ต้นไปสู่ระดับที่สูงขึ้นตามลำดับดังนี้ (Clements & Battista, 1992)

ระดับ 0 การนึกภาพ (Visualization) เป็นความคิดที่เกี่ยวข้องกับรูปเรขาคณิต เมื่อเห็น รูปเรขาคณิตจะรู้จักชื่อและบอกชื่อได้ หรือให้จิโอบอร์ดแล้วนักเรียนสามารถคัดลอกรูปได้ แต่ไม่สามารถบอกสมบัติทางเรขาคณิตได้ ในขั้นนี้นักเรียนจะได้รับมโนทัศน์เกี่ยวกับสมบัติของรูป เรขาคณิตที่ชัดเจนเท่านั้น เช่น เมื่อเห็นรูปเรขาคณิตหลายรูป สามารถบอกได้ว่ารูปเหล่านี้ คือรูป สี่เหลี่ยม แต่ไม่สามารถบอกสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เช่นมีมุมภายในเป็นมุมฉาก หรือด้านตรง ข้ามขนานกัน

ระดับ 1 การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความคิดที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางเรขาคณิต นักเรียนเริ่มแยกแยะลักษณะของรูปเรขาคณิตที่กำหนดให้ด้วยการสังเกตและการทดลอง มองเห็น คุณลักษณะของรูปเรขาคณิตเป็นส่วน ๆ บอกรายละเอียดข้อเท็จจริงที่เป็นสมบัติร่วมกันของรูป เรขาคณิตได้ เมื่อจบในขั้นนี้นักเรียนจะใช้เหตุผลในการจำแนกรูปเรขาคณิต และสามารถจัดกลุ่ม เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสมบัติรูปเรขาคณิตประเภทต่าง ๆ เช่น เมื่อกำหนดรูปสี่เหลี่ยมด้าน ขนาน นักเรียนสามารถระบายมุมตรงข้ามที่เท่ากัน ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของสมบัติรูปเรขาคณิต แต่ไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ต่าง ๆ หรือ นิยามสิ่งที่มองไม่เห็นได้

ระดับ 2 การอนุมานอย่างไม่มีแบบแผน (Informal Deduction) นักเรียนสามารถ บอกรายละเอียดของสมบัติของรูปเรขาคณิต โดยเปรียบเทียบความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องได้

จากการสังเกต การวัด การวาด และการใช้โมเดลในการหาข้อสรุปที่ไม่เป็นทางการ ซึ่งเมื่อนักเรียนจบในขั้นนี้จะใช้เหตุผลจำแนกรูปเรขาคณิตต่าง ๆ ที่มีสมบัติเกี่ยวข้องกัน และความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต เช่น ในรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน จะมีด้านตรงข้ามขนานกัน และมุมตรงข้ามย่อมเท่ากัน หรือรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพราะมีสมบัติของมุมทั้งหมดเหมือนกัน หรือสี่เหลี่ยมด้านขนานเป็นสี่เหลี่ยมที่มีด้านเท่ากันทุกด้าน เป็นต้น สำหรับคำว่า นามธรรม (Abstraction) คือนักเรียนสามารถกำหนดนิยามที่เป็นนามธรรม แยกแยะระหว่างสิ่งที่สำคัญเงื่อนไขที่กำหนดในการเข้าใจในทัศน์ ให้ข้อถกเถียงที่เป็นตรรกะทางเรขาคณิตที่ไม่เป็นแบบแผนในการจำแนกรูป เช่น ให้เหตุผลที่หลากหลายในการระบุสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน หรือสามารถสรุปได้ว่ารูปสี่เหลี่ยมด้านขนานมีผลรวมของมุมเท่ากับ 360 องศา เพราะผลรวมของมุมสองมุมที่อยู่ตรงข้ามกันเท่ากับ 180 องศา หรือระบุรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน เมื่อกำหนดนิยามว่าเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านยาวเท่ากัน แต่นักเรียนในขั้นนี้ยังไม่ใช้วิธีการนิรนัยในการพิสูจน์โดยไม่ใช้สัญพจน์ หรือ เทคนิคการพิสูจน์

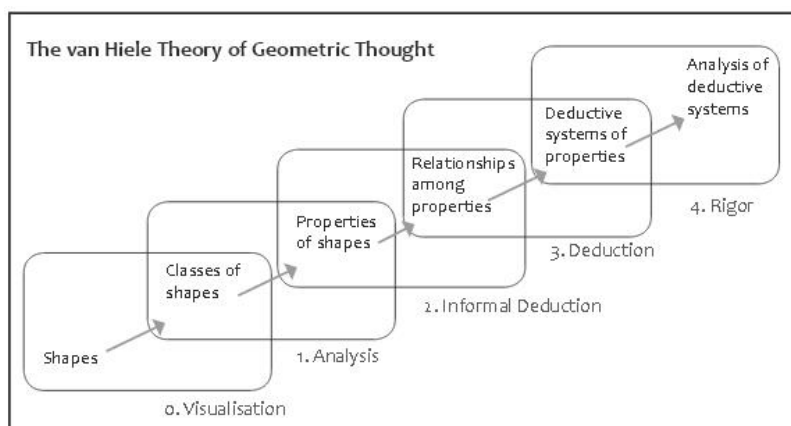
ระดับ 3 การอนุมานอย่างมีแบบแผน (Formal Deduction) เป็นการอนุมานที่เกี่ยวข้องกับการพิสูจน์ทฤษฎีทางเรขาคณิตโดยอาศัยระบบสัญพจน์ที่เป็นลำดับขั้นตอน โดยผู้เรียนต้องมองเห็นความสัมพันธ์ของสัญพจน์ ข้อสมมุติ นิยาม ทฤษฎีบท กับการพิสูจน์ ในระดับนี้สามารถให้เหตุผลเชิงตรรกะทางเรขาคณิตที่เป็นทางการ เช่น สัญพจน์ นิยาม และทฤษฎี เป็นต้น

ระดับ 4 การคิดสุดยอด (Rigor) เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องเปรียบเทียบสัญพจน์ หลาย ๆ สัญพจน์ เชื่อมโยงกับทฤษฎีบท เปรียบเทียบระหว่างเรขาคณิตระบบยูคลิดและนอกระบบยูคลิด จึงจะสามารถเชื่อมโยงความคิดเข้ากับความเข้าใจเรขาคณิตที่ซับซ้อนได้

ลักษณะสำคัญของระดับความคิดทางเรขาคณิต

Crowley (1987) อธิบายว่า ลักษณะสำคัญของระดับ ความคิดทางเรขาคณิต มีความสำคัญเกี่ยวข้องในการเป็นแนวทางในการตัดสินใจในการเรียนการสอนดังนี้

1. ลำดับขั้น (Sequential) คือ การต้องเป็นกระบวนการผ่านตามระดับโดยผู้เรียนต้องมีระดับความคิดทางเรขาคณิตในระดับต่ำแล้วพัฒนาไปสู่ในระดับสูงเพราะความรู้ในระดับล่างจะเป็นองค์ประกอบพื้นฐานในการพัฒนาสู่ความคิดทางเรขาคณิตที่สูงขึ้นดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 แสดงลำดับการพัฒนาตามขั้นความคิดทางเรขาคณิตของ แวนฮิลี

ที่ ม ๑ Kakoma, L. (2014). Foundation phase teachers' (limited) knowledge of geometry. *South African Journal of Childhood Education*, 4(3), 71-86.

2. ความก้าวหน้า (Advancement) คือ การพัฒนาระดับความคิดทางเรขาคณิตจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่งที่สูงขึ้นซึ่งขึ้นอยู่กับเนื้อหา วิธีการสอนมากกว่าอายุ โดยไม่มีวิธีการเรียนการสอนใดที่ช่วยให้นักเรียนข้ามระดับขั้นความคิดทางเรขาคณิตได้

3. ความไม่ชัดเจนและความชัดเจน (Intrinsic and Extrinsic) คือ สิ่งที่ไม่ชัดเจนในระดับหนึ่งจะปรากฏชัดเจนขึ้นในระดับที่สูงขึ้นไป เช่น ในระดับ 0 นักเรียนจะได้รับรูปร่างของรูปเรขาคณิตแต่ไม่สนใจส่วนประกอบต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิต แต่ในระดับ 1 จะสนใจส่วนประกอบและค้นพบสมบัติต่าง ๆ

4. ภาษา (Linguistics) คือ แต่ละระดับจะมีภาษาและมีระบบที่สัมพันธ์ในการเชื่อมโยงภาษา โดยภาษาในระดับที่ต่ำกว่าจะถูกปรับเปลี่ยนในระดับที่สูงขึ้น เช่น รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานได้

5. ความไม่สอดคล้องกัน (Mismatch) คือ นักเรียนมีความคิดทางเรขาคณิตอยู่ในระดับใดระดับหนึ่ง แต่ครูที่สอนมีความคิดทางเรขาคณิตอยู่ในระดับใดระดับหนึ่งที่แตกต่างกัน อาจทำให้กระบวนการและรูปแบบการเรียนการสอนไม่เกิดขึ้น และนักเรียนไม่สามารถปฏิบัติตามได้

จากที่กล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า ในการจัดการเรียนการสอนทางเรขาคณิตเพื่อให้ประสบความสำเร็จนั้นครูผู้สอนต้องคำนึงว่า นักเรียนต้องถูกพัฒนาดังแต่ระดับเริ่มต้นของนักเรียนไปสู่ระดับที่สูงขึ้นอย่างเป็นขั้นตอน และพัฒนาเนื้อหาที่ต่อยอด เช่น ภาษา สมบัติ

ต่าง ๆ โดยคำนึงถึงระดับความรู้ของนักเรียนและวิธีการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้การเรียนการสอนประสบความสำเร็จ

ขั้นตอนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดทางเรขาคณิต

จากลักษณะความคิดทางเรขาคณิต Van Hiele ได้เสนอขั้นตอนการพัฒนาความคิดทางเรขาคณิตอย่างต่อเนื่อง ที่สามารถพัฒนานักเรียนโดยไม่ได้ขึ้นอยู่กับอายุ แต่ขึ้นอยู่กับวิธีการและการจัดการเกี่ยวกับการเรียนการสอน มี 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การสืบสอบข้อมูล (Inquiry / Information) เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนร่วมกันพูดคุยหรือมีส่วนร่วมกิจกรรมเกี่ยวกับจุดมุ่งหมายของการเรียน โดยผ่านการสังเกต การใช้คำถาม ตัวอย่างคำถาม เช่น “รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนคืออะไร” “รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสคืออะไร” “รูปสี่เหลี่ยมด้านขนานคืออะไร” “รูปสี่เหลี่ยมเหล่านี้มีความคล้ายกันอย่างไร” “นักเรียนคิดว่ารูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือไม่ เพราะเหตุใด” โดยในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ครูทราบความรู้เดิมของนักเรียน และนักเรียนได้รู้แนวทางในการเรียน

ขั้นที่ 2 การกำหนดทิศทาง (Directed Orientation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้สำรวจหัวข้อของการศึกษา ผ่านสื่อที่ครูได้เรียงลำดับอย่างรอบคอบ ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้จะให้นักเรียนเห็นโครงสร้างอย่างค่อยเป็นค่อยไป ดังนั้น สื่อจะเป็นงานสั้น ๆ ที่ออกแบบมาเพื่อให้ได้คำตอบ เช่น ครูให้นักเรียนใช้กระดานตะปู (Geoboard) เพื่อสร้างรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน แล้วเปลี่ยนขนาด หรือการให้นักเรียนสร้างรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน โดยสร้างให้มีมุมตามที่กำหนด คือ มีมุมจาก 4 , 3 , 2 , 1 มุม ตามลำดับ

ขั้นที่ 3 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Explication) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนสร้างประสบการณ์ใหม่ ๆ ผ่านการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจากสิ่งที่สังเกต และช่วยให้นักเรียนใช้ภาษาได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม โดยนักเรียนจะได้อภิปรายความรู้ซึ่งกันและกัน

ขั้นที่ 4 การเรียนรู้อย่างอิสระ (Free Orientation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้พบกับงานที่มีความซับซ้อน คือ มีกระบวนการหลายขั้นตอน หรือมีวิธีการในการหาคำตอบที่หลากหลายซึ่งปัญหาปลายเปิด นักเรียนจะได้รับประสบการณ์ จากการค้นพบวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเองส่งผลให้เข้าใจสิ่งที่ศึกษาได้มากขึ้น เช่น กิจกรรมให้นักเรียนพับครึ่งกระดาษ และพับครึ่งอีกครั้งหนึ่งแล้วให้นักเรียนจินตนาการว่าหากจัดมุมลักษณะต่าง ๆ จะได้รูปเรขาคณิตชนิดใด แล้วถ้าตัดมุมขนาด 30° , 45° จะได้รูปออกมาเป็นรูปชนิดใด เป็นต้น

ขั้นที่ 5 การบูรณาการ (Integration) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทบทวนและสรุปสิ่งที่เรียนรู้ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนสร้างภาพรวม เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิต โดยครูจะช่วยนักเรียนในการสรุปสิ่งสำคัญ เช่น สมบัติของรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนทั้งหมด เป็นต้น

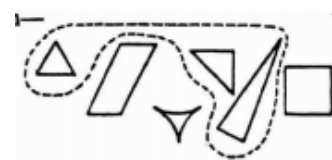
จากข้อความข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนในการพัฒนาความคิดทางเรขาคณิตเป็นกระบวนการต่อเนื่อง เมื่อนักเรียนเรียนครบทั้ง 5 ขั้นตอนแล้ว นักเรียนจะผ่านไปสู่วิธีคิดที่สูงขึ้นตามระดับความคิดทางเรขาคณิต โดยความคิดใหม่ถูกแทนที่ความคิดเดิม

การจัดกิจกรรมตามความคิดตามระดับความคิดทางเรขาคณิต

Crowley (1987) อธิบายไว้ว่า นักเรียนควรได้รับการจัดประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรขาคณิตที่หลากหลายโดยนักเรียนประถมควรได้รับการประสบการณ์การสำรวจระดับพื้นฐาน เช่น การพับกระดาษ (Paper Folding) กระดานตะปู (Geo Boards) เทสซาเรชัน (Tessellations) แทนแกรม (Tangrams) ปริศนาทางเรขาคณิต (Geometric Puzzles) ส่วนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ควรได้รับประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับความคิดทางเรขาคณิตในระดับ 1 และ 2 ซึ่งสามารถใช้กิจกรรม เช่น การสะสมรูป (Collections of Shapes) การ์ดสมบัติ (Property Cards) แผนภูมิ (Family Trees) เกมทายชื่อ (What's my name Games) โดยรายละเอียดของตัวอย่างกิจกรรมดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงตัวอย่างกิจกรรมที่บ่งชี้ถึงพฤติกรรมแต่ละระดับขั้นของแวน ฮีล

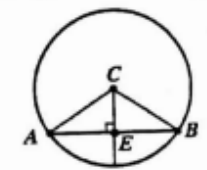
ระดับทางเรขาคณิต	ตัวอย่างกิจกรรม
ระดับ 0	1. พับ สร้างรูปเรขาคณิต
การนึกภาพ (visualization)	2. ระบุรูปเรขาคณิตที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น วาดรูปเหมือนกัน รูปทรงเดียวกัน หรือรูปที่มี



ตาราง 8 (ต่อ)

ระดับทาง เรขาคณิต	ตัวอย่างกิจกรรม
	ทิศทางหลากหลายเรขาคณิตที่เกี่ยวกับวัตถุทางกายภาพในห้องเรียน บ้าน รูปถ่ายสถานที่ต่าง ๆ เป็นต้น 3. สร้างรูป ด้วยการลอกรูป บนกระดาษจุด (Dot paper) กระดาษกริด กระดาษไข(tracing paper) กระดานตะปู(Geo board) หรือวาดรูป เป็นต้น 4. บรรยายรูปเรขาคณิตโดยใช้ภาษาทั้งที่เป็นมาตรฐานและไม่เป็นมาตรฐานเช่น ลูกบาศก์มีลักษณะคล้ายกล่อง หรือ ปัญหาที่สามารถแก้ปัญหาโดยประยุกต์ใช้การจัดการรูป ความหมาย และการนับ เช่น การใช้รูปสามเหลี่ยม 2 รูปในการสร้างรูปสี่เหลี่ยม แทนแกรม เป็นต้น 
ระดับ 1 การวิเคราะห์ (Analysis)	1. วัด การพับ เพื่อบ่งบอกรูป และความสัมพันธ์ทางเรขาคณิต 2. อธิบายเกี่ยวกับสมบัติ เช่น กิจกรรมการัดสมบัติของรูป 3. ระบุน หรือวาดรูปจากสมบัติที่กำหนดให้ 4. บอกกฎ หรือข้อสรุปจากการทำซ้ำ ๆ ได้ 5. บอกสมบัติที่ใช้ หรือตรงข้ามได้ 6. ใช้คำศัพท์ สัญลักษณ์ได้อย่างเหมาะสม 7. บอกสมบัติที่มีความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตในการแก้ปัญหาได้ เช่น นักเรียนสามารถหาผลรวมของมุมของรูปเจ็ดเหลี่ยมโดยอาศัยความรู้เรื่องสามเหลี่ยม
ระดับ 2การ อนุมานอย่าง	1. พัฒนาความสัมพันธ์ที่พัฒนามาจากในชั้นที่ 1 เช่น การใช้การัดคุณสมบัติเปรียบเทียบสมบัติ การเปลี่ยนรูปร่างจากสี่เหลี่ยมคางหมู

ตาราง 8 (ต่อ)

ระดับทาง เรขาคณิต	ตัวอย่างกิจกรรม
ไม่มีแบบแผน (Informal Deduction)	เป็นสี่เหลี่ยมด้านขนาน หรือจากรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า 2. หาจำนวนคุณสมบัติที่น้อยที่สุดเพื่อระบุรูป ถาถามนักเรียนเกี่ยวกับวิธีในการหาคำตอบโดยใช้ข้อตกที่ไม่เป็นทางการ เช่นในการอธิบายว่า “มุมภายนอกของรูปสามเหลี่ยมจะมีขนาดเท่ากับผลรวมของมุมภายในที่อยู่ตรงข้าม” 3. นิรนัยข้อความที่ไม่ถูกต้อง เช่น • C is the center of the circle. Why is— a) $AC \cong BC$ b) $\angle CAB \cong \angle CBA$ c) $\triangle ACE \cong \triangle BCE$ d) $AE \cong EB$  4. อธิบายสมบัติได้มากกว่า 1 วิธี เช่น นิยามสี่เหลี่ยมด้านขนาน 2 วิธี คือ รูปที่มี 4 ด้านโดยด้านตรงข้ามขนานกัน หรือ รูปที่มี 4 ด้าน โดยด้านที่อยู่ตรงข้ามสอดคล้องกัน เขียนข้อความผกผันได้ เช่น “ถ้าเส้นตรงสองเส้นขนานกันและมีเส้นตัดแล้วขนาดของมุมภายในที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัดรวมกันเป็น 180° และ “ถ้าเส้นตรงเส้นหนึ่งตัดเส้นตรงคู่หนึ่ง ทำให้ขนาดของมุมภายในที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัดรวมกันเป็น 180 องศาแล้วเส้นตรงคู่นั้นจะขนานกัน”
	1. ระบุสิ่งที่รู้ และแสดงการพิสูจน์ได้ (ไม่จำเป็นต้องสมบูรณ์) สามารถบอกข้อมูลต่าง ๆ โดยใช้ข้อความ “ถ้า.....แล้ว....” เป็นพื้นฐานในการอธิบายเมื่อกำหนดข้อมูลมาให้ 2. สหิตความเข้าใจเกี่ยวกับ อนิยาม สัจพจน์ ทฤษฎี และนิยามได้

ตาราง 8 (ต่อ)

ระดับทาง เรขาคณิต	ตัวอย่างกิจกรรม
(ให้พิจารณาว่าข้อความที่กำหนดให้เป็นเกี่ยวกับ อนิยาม สัจพจน์ ทฤษฎี หรืออนิยาม)และพิสูจน์ทฤษฎี	

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความคิดทางเรขาคณิต

งานวิจัยภายในประเทศ

อนนท์ ฤาชัยลามา (2554) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการการสอนตามแนวคิดของ Van Hiele โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ โดยเนื้อหาของการวิจัย เรื่อง เส้นขนาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยเน้นการสร้างการเรียนรู้ที่ท้าทาย กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความรู้ อยากเห็น ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองผ่านการสำรวจ ค้นคว้าความรู้ และเปิดโอกาสให้มีการแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ทำให้เกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ตัวอย่างประชากรในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ห้อง 1 จำนวน 45 คน โรงเรียนสุวรรณคูหาพิทยาสรรพ์ อำเภอสุวรรณคูหา จังหวัดหนองบัวลำภู ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย 86.15 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ ร้อยละ 70 และนักเรียนสามารถพัฒนาระดับการคิดทางเรขาคณิตจากระดับที่ 2 การวิเคราะห์ พรรณนารูปลักษณะ ไปสู่ระดับที่ 3 การให้เหตุผลเชิงนิรนัยอย่างไม่เป็นทางการได้

กุลยา เหมวงศ์ดุกิจ (2545) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบ แวน ฮีลี ที่มีต่อระดับความคิดทางเรขาคณิต โดยใช้เนื้อหาเรขาคณิตในรายวิชาพื้นฐาน เรื่อง เส้นขนานและความคล้าย ตัวอย่างประชากร คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสตรีสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 98 คน โดยใช้ผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์(ค203) ภาคเรียนที่ 1 จำแนกนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนคณิตศาสตร์สูง จำนวน 39 คน นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนคณิตศาสตร์ปานกลาง จำนวน 26 คน และ นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำ จำนวน 33 คน พบว่า นักเรียนทุกกลุ่มมีระดับความคิดทางเรขาคณิตคงที่มากที่สุด โดยนักเรียนในกลุ่มสูงมีระดับความคิดทางเรขาคณิตเพิ่มขึ้น 2 ระดับ รองลงมาเป็นนักเรียนกลุ่มปานกลางและต่ำที่มีระดับความคิดทางเรขาคณิตเพิ่มขึ้น 1 โดยเมื่อพิจารณา

จำนวนระดับความคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนหลัง ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน รูปแบบ แวน ฮีลี พบว่า นักเรียนกลุ่มสูงมีระดับความคิดทางเรขาคณิตอยู่ในระดับ 4 มีจำนวนเพิ่มขึ้นมากที่สุด และอยู่ในระดับ 2 มีจำนวนลดลงมากที่สุด ส่วนนักเรียนกลุ่มปานกลาง มีระดับความคิดทางเรขาคณิตอยู่ในระดับ 4 มีจำนวนเพิ่มขึ้นมากที่สุด และอยู่ในระดับ 0 มีจำนวนลดลงมากที่สุด ส่วนนักเรียนกลุ่มต่ำมีระดับความคิดทางเรขาคณิตอยู่ในระดับ 1 มีจำนวนเพิ่มขึ้นมากที่สุด และอยู่ในระดับ 0 มีจำนวนลดลงมากที่สุด

ปิยะนาฏ นุ่มอ่อน (2554) ได้วิเคราะห์ลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตของนักเรียน เรื่อง วงกลม โดยใช้แผนการเรียนรู้ตามแนวคิดของแวน ฮีลี 3 ขั้นตอนแรก โดยใช้โปรแกรม Geometer's Sketchpad (GSP) กลุ่มประชากร คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนตลิ่งวิทยา จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 32 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง วงกลมตามแนวคิดของแวน ฮีลี โดยใช้โปรแกรม GSP แบบวัดลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิต แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 75/75 และความคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ระดับ 3 ขั้นการสรุปแบบไม่เป็นแบบแผน รวมทั้งความคิดเห็นของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก

ชนิศวรา ฉัตรแก้ว (2549) ได้พัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตและลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตรูปแบบ แวน ฮีลี โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยเนื้อหาในการวิจัยคือ เส้นขนาน ความคล้าย และสำรวจรูปเรขาคณิต กลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตร ภาควิชาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2548 สุ่มตัวแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 3 ห้องเรียน ซึ่งในแต่ละห้องมีนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ในระดับสูง ปานกลาง และต่ำในห้องเดียวกัน โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ 1 โดยผลการวิจัยพบว่า หน่วยการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทั้งสามหน่วยการเรียนรู้ โดยนักเรียนส่วนใหญ่รู้สึกตื่นเต้นที่ได้ใช้คอมพิวเตอร์ในการเรียนคณิตศาสตร์และมีความสนใจเรียนหน่วยเรขาคณิตด้วยการใช้โปรแกรม GSP รวมทั้งนักเรียนมีพัฒนาการตามขั้นของแวน ฮีลี ที่เพิ่มขึ้นเครื่องมือที่ใช้คือ แบบวัดลำดับความคิดทางเรขาคณิตของ Usiskin(1982) มาปรับภาษาและความสอดคล้องของแบบวัดโดยทดลอง 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นพื้นฐานขั้น 0 เป็นการมองเห็น (Visualization) ขั้น 1 เป็นการวิเคราะห์(Analysis) ขั้น 2 เป็นการพิสูจน์แบบนิรนัยอย่างไม่เป็น

แบบแผน (Informal Deduction) ชั้น 3 เป็นการพิสูจน์แบบนินัยอย่างมีแบบแผน (Formal Deduction) โดยมีจำนวนข้อคำถามทั้งหมด 20 ข้อ แต่ละชั้นมี จำนวนคำถามชั้นละ 5 ข้อ โดยใช้เกณฑ์การตัดสินการผ่านในแต่ละชั้น คือ 3 ข้อใน 5 ข้อ โดยลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิต ที่สูงสุดที่ผ่านเกณฑ์ต้องต่อเนื่องกัน

งานวิจัยต่างประเทศ

Tieng and Eu (2014) ได้ศึกษาการพัฒนาในระดับความคิดทางเรขาคณิตของแวน ฮีลีคซของนักเรียนโดยใช้โปรแกรม GSP ในเรื่องมุม คือ มุมฉาก มุมป้าน มุมแหลม ของนักเรียนระดับประถมศึกษาในรัฐ Pahang ประเทศ มาเลเซีย จำนวน 31 คน โดยกลุ่มควบคุมมีจำนวน 15 คนได้รับการเรียนการสอน โดยการบรรยายและกลุ่มทดลองจำนวน 16 คนได้รับการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP 6 บท ในการวิจัยได้อธิบายคำจำกัดความของระดับเรขาคณิตในการทดลอง คือ

ระดับ 0 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกความแตกต่างของมุมทั้ง 3 ประเภท

ระดับ 1 นักเรียนสามารถจำแนก รูปร่าง ชื่อของรูปร่างที่เห็นหลายรูปร่าง

ระดับ 2 บ่งชี้รูปร่างต่างๆโดยใช้สมบัติทางเรขาคณิตที่เฉพาะเจาะจง

โดยผลพบว่า โปรแกรม GSP สามารถพัฒนาในระดับความคิดทางเรขาคณิตได้และระดับความคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนไม่มีความสัมพันธ์กับระดับความสามารถของการใช้งานเทคโนโลยี (ICT) นั่นคือนักเรียนทุกคนสามารถเรียนเรขาคณิตศาสตร์โดยใช้ GSP ได้

Almeqdadi (2000) ได้ศึกษาผลการใช้ GSP เกี่ยวกับความเข้าใจในทัศนเรขาคณิตของนักเรียน โดยกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนของโรงเรียนโมเดลของมหาวิทยาลัย Yarmouk ประเทศจอร์แดน โดยกลุ่มควบคุมจะใช้หนังสือในการเรียนเท่านั้น ซึ่งทั้งสองกลุ่มจะได้รับการสอบแบบทดสอบชุดเดียวกันทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ผลพบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและในกลุ่มทดลองมีคะแนนทดสอบหลังเรียนคะแนนสูงกว่าก่อนเรียน

Usiskin (1982) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับระดับความคิดทางเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนมัธยมศึกษาที่ได้รับการสอนเรขาคณิต ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากโปรแกรมการเรียนการสอนทางการศึกษาระดับชาติ (National Institute of Education 's Teaching and Learning Program) ในโครงการ CDASSG ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งประชากรเป็นนักเรียนในประเทศสหรัฐอเมริกาที่เรียนหลักสูตรเรขาคณิต 1 ปี โดย 51% มีอายุ 17 ปี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนใน 13 โรงเรียน ซึ่งพิจารณาจากเกณฑ์เศรษฐกิจและสังคมขั้นพื้นฐานที่เอื้อต่อ

การได้รับข้อมูลที่น่าเชื่อถือและได้รับอนุญาตในการศึกษา โดยแบ่งโรงเรียนเป็นตัวแทนโรงเรียนขนาดต่าง ๆ ใช้รูปแบบการทดลอง Pretest-Posttest Design โดยใช้ 4 แบบทดสอบกับนักเรียนทุกคน ได้แก่ แบบสอบเข้าทางเรขาคณิต (Entering Geometry Test) ข้อสอบวัดระดับขั้นแวน ฮีลี (Van Hiele) ข้อสอบเรขาคณิตโปรแกรมประเมินครอบคลุม (Comprehensive Assessment Program Geometry Test) และแบบทดสอบการพิสูจน์ (Proof Test) ซึ่งทดสอบเฉพาะนักเรียนที่มีการสอนการพิสูจน์ และได้รับคำยินยอมจากครูผู้สอนเท่านั้น ตามตาราง 9

ตาราง 9 แสดงช่วงเวลาและชนิดของข้อสอบที่ใช้ในการทำการวิจัยของ Usiskin

ช่วงเวลาการทดสอบ	ชนิดแบบทดสอบ
ทดสอบสัปดาห์แรก	แบบสอบเข้าทางเรขาคณิต(Entering Geometry test)
	ข้อสอบวัดระดับขั้นแวนฮีลี(Van hiele) (ก่อนเรียน)
3ใน5 สัปดาห์ก่อนจบ การเรียน	ข้อสอบวัดระดับขั้นแวนฮีลี(Van hiele) (หลังเรียน)
	ข้อสอบเรขาคณิตโปรแกรมประเมินครอบคลุม (Comprehensive Assessment Program Geometry test)
	แบบทดสอบการพิสูจน์(Proof test)

ที่มา: Zalman Usiskin. (1982.) Van Hiele levels and achievement. (17)

รายละเอียดของแบบทดสอบแต่ละประเภท สรุปได้ดังนี้

1. แบบสอบเข้าทางเรขาคณิต (Entering Geometry Test) เป็นการประเมินความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรขาคณิตระดับประถมศึกษา โดยไม่เกี่ยวกับลำดับความคิดทางเรขาคณิต และใช้ในการลดความคาดเคลื่อนในการทดลอง (Bias) ซึ่งการดำเนินการสร้างข้อสอบ เริ่มจากการออกข้อสอบตัวเลือก 50 ข้อ และจากนั้นสร้างข้อสอบนำร่อง (Pilot Test) ให้ได้เพียง 20 ข้อคำถามที่ค่อนข้างง่าย ซึ่ง 45% ของกลุ่มตัวอย่างตอบถูก แล้วนำข้อสอบมาปรับปรุงทั้งด้านความถูกต้องและภาษาที่ใช้แล้วนำข้อสอบที่ได้ไปทดสอบอีกครั้งใน 3 โรงเรียนโดยเวลา 35 นาที ซึ่งพบว่าเป็นเวลาที่เหมาะสม

2. ข้อสอบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต เป็นข้อสอบถูกออกแบบมาเพื่อวัดระดับความคิดทางเรขาคณิตโดยนำพฤติกรรมของการเรียนรู้ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในแต่ละชั้นของ แวน ฮีลี มาสร้างเป็นข้อสอบ

การดำเนินการสร้างข้อสอบ เริ่มจากนำข้อสอบนำร่องสัมภาษณ์ปากเปล่ากับนักเรียน โดยใช้ข้อคำถามเป็นรายบุคคลในโครงการจำนวน 3 คนใน 3 รัฐที่ต่างกัน แล้วสร้างเป็นข้อสอบจำนวน 25 ข้อซึ่งแบ่งเป็น 5 ข้อในแต่ละระดับชั้นของ แวน ฮีลี แล้วนำไปทดสอบใน 4 โรงเรียนเพื่อให้แน่ใจว่าใช้เวลา 35 นาที แล้วนำข้อสอบที่ผิดพลาดมาปรับในแง่ความสอดคล้องตามขั้นตอนระดับ แวน ฮีลี โดยไม่ใช้ความยากง่ายเป็นเกณฑ์เพราะต้องการข้อสอบที่เป็นพื้นฐานในแต่ละชั้นตามพฤติกรรมที่ แวน ฮีลี ได้ระบุไว้

เกณฑ์การให้คะแนนของนักเรียนถูกกำหนดเป็นน้ำหนักของคะแนนรวม เพื่อพิจารณาระดับชั้นความคิดทางเรขาคณิต ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ทั้งแบบ 3 ใน 5 ข้อ หรือ 4 ใน 5 ข้อ เพื่อพิจารณาการผ่านเกณฑ์ในแต่ละระดับ ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้วิจัย

3. ข้อสอบเรขาคณิตโปรแกรมประเมินครอบคลุม (Comprehensive Assessment Program Geometry Test) เป็นข้อสอบที่นำมาใช้คือ Comprehensive Assessment Program ของ Scott และคณะ โดยเป็นข้อสอบทั่วไป

4. แบบทดสอบการพิสูจน์ (Proof Test) เป็นข้อสอบวัดความสามารถในการพิสูจน์ที่ใช้วัดผลมี 4 ระดับเพื่อวัดความเข้าใจในการพิสูจน์ โดยมีทั้งหมด 3 ชุดแต่ละชุดมีจำนวน 6 ข้อ โดยใช้เวลาประมาณ 35 นาที

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บุญชม ศรีสะอาด (2540) อนุวัติ คุณแก้ว (2558) และ ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) ได้ให้ความหมายที่สอดคล้องกันว่า ผลสัมฤทธิ์ (Achievement) เป็นความรู้ ความสามารถ ทักษะต่าง ๆ หรือเรียกว่า ผลการเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ล่วงหน้าของนักเรียนที่เกิดจากการกระบวนการเรียนการสอน การฝึกฝนในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ที่ผ่านมามีผู้เรียนมีความรอบรู้มากน้อยเพียงใด โดยอาศัยแบบสอบวัดสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น ซึ่งอาจเป็นความรู้ หรือทักษะบางอย่างที่บ่งบอกถึงสภาพการเรียนรู้ที่ผ่านมา หรือสภาพการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล

โดยศิริชัย กาญจนวาสี (2556) และ บุญชม ศรีสะอาด (2540) ได้อธิบายการแบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้สอดคล้องกัน ซึ่งสามารถจำแนกได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก ได้แก่

1. การจำแนกตามผู้สร้าง

1.1. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Tests) เป็นแบบทดสอบที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ ที่มีความรู้ในเนื้อหา และมีทักษะการสร้างแบบทดสอบ การวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบมีค่าชี้แจงเกี่ยวกับการดำเนินการสอบ การให้คะแนนและการแปลผล มีความเป็นปรนัย มีความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมาตรฐาน เช่น California Achievement , Iowa Test of Basic Skill, Stanford Achievement Test เป็นต้น

1.2. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเองเพื่อใช้ในการทดสอบนักเรียนในชั้นเรียน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.2.1 แบบทดสอบปรนัย (Objective Tests) ได้แก่ แบบถูก-ผิด แบบจับคู่ แบบเติมคำให้สมบูรณ์ หรือแบบตอบสั้น แบบเลือกตอบ

1.2.2 แบบทดสอบอัตนัย (Essay Tests) ได้แก่ แบบก้าจัดคำตอบ แบบไม่จำกัดคำตอบหรือตอบเสรี

2. จำแนกตามเนื้อหาวิชา โดยเป็นแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์สามารถใช้กับวิชาต่าง ๆ ได้ จึงอาจจำแนกแบบสอบตามชื่อเนื้อหาวิชา เช่น แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ ประวัติศาสตร์ เป็นต้น

3. จำแนกตามการแปลผล

3.1 แบบสอบอิงกลุ่ม (Norm - Referenced Tests) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลเทียบกับความแตกต่างระหว่างความรู้ ความสามารถของผู้สอบ โดยข้อสอบอิงกลุ่มจะถูกสร้างและเลือกมาใช้เพื่อประโยชน์ในการจำแนกระดับความสามารถของผู้สอบที่แตกต่างกัน คะแนนสอบที่ได้ จึงนำไปใช้แปลความหมายโดยเปรียบเทียบความรู้ ความสามารถระหว่างกลุ่มผู้สอบเอง

3.2 แบบสอบอิงเกณฑ์ (Criterion - Referenced Tests) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดระดับการเรียนรู้ของผู้เรียนว่า มีความรู้ ความสามารถอะไรบ้าง โดยข้อสอบอิงเกณฑ์ถูกสร้างให้ครอบคลุมความรู้ หรือทักษะสำคัญของการเรียนรู้ที่ต้องการให้เกิดขึ้น คะแนนสอบที่ได้ จึงแปลผลโดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้

วิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ จำเป็นที่จะต้องมีความมีคุณภาพ มีประสิทธิภาพเป็นมาตรฐาน เพื่อนำไปใช้วัดความสามารถของนักเรียนได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ซึ่งมีนักการศึกษาได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

บุญชม ศรีสะอาด (2540) กล่าวว่า การสร้างเครื่องมือวัดด้านพุทธิพิสัย เป็นเครื่องมือที่วัดทางด้านสมอง สถิติปัญญา เรียกเครื่องมือชนิดนี้ว่า แบบทดสอบ หรือแบบสอบ โดยสามารถจำแนกได้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement Test) และแบบทดสอบวัดเชาว์ปัญญาและความถนัด (Intelligence and Aptitude Test) โดยนิยมสร้างเป็นแบบเลือกตอบ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) กล่าวว่า การสร้างและพัฒนาแบบสอบผลสัมฤทธิ์ มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบ (Specification of Purpose) ซึ่งต้องมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้และจุดประสงค์ของหลักสูตรตามลำดับ โดยแบบสอบเป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมในการทดสอบ (Testing) โดยเป็นการวัดผลการเรียนรู้ที่ดี โดยไปในทิศทางเดียวกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ทำให้ครูผู้สอนจำเป็นต้องวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อแยกแยะให้เห็นความสำคัญขององค์ประกอบย่อยที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งประกอบด้วยจุดมุ่งหมาย เนื้อหา กิจกรรม ประสพการณ์และพฤติกรรมที่เป็นจุดมุ่งหมายปลายทางของหลักสูตร ทำให้ครูเข้าใจในกระบวนการเรียนการสอนโดยการวิเคราะห์หลักสูตร สำหรับการกำหนดจุดมุ่งหมาย เนื้อหา และวิธีการสอบ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1.1 วิเคราะห์จุดมุ่งหมาย โดยระบุคุณลักษณะ หรือสมรรถภาพที่ต้องการวัดในการสอบแล้วแปลคุณลักษณะ หรือสมรรถภาพที่ต้องการวัดให้มีลักษณะเป็นรูปธรรม (Operational term) โดยทั่วไปนิยามกำหนดเป็นพฤติกรรมที่เป็นจุดมุ่งหมายที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน

1.2 วิเคราะห์เนื้อเรื่อง เป็นการแยกแยะเนื้อหา และจัดรวมเป็นหน่วยย่อย ๆ ที่สัมพันธ์กัน และเรียงลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหาว่าจะสอนเรื่องใดก่อนและหลัง

1.3 วิเคราะห์กิจกรรม ประสพการณ์ เป็นการกำหนดรูปแบบวิธีสอน และวิธีการสอบที่เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและเนื้อหาของการเรียนรู้

2. ออกแบบการสร้างแบบสอบ เป็นการกำหนดรูปแบบ ขอบเขต และแนวทางในการสร้างข้อสอบให้มีคุณภาพ โดยดำเนินการดังนี้

2.1 วางแผนการทดสอบ โดยวางแผนการสอนให้สัมพันธ์กับแผนการวัดผลที่ต้องการ ว่าต้องทดสอบทั้งหมดกี่ครั้ง ความถี่ในการสอบควรเป็นเท่าใด แต่แต่ละครั้งครอบคลุมเนื้อหาหรือจุดมุ่งหมายใด และจะใช้เวลาเท่าใด

2.2 กำหนดรูปแบบของการสอบ โดยเลือกให้เหมาะสมกับสมรรถภาพและเนื้อหาที่มุ่งทดสอบแต่ละครั้ง ซึ่งสามารถพิจารณารูปแบบการสอบต่างๆดังนี้

2.2.1 แบบสอบอิงกลุ่ม กับอิงเกณฑ์

2.2.2 แบบสอบข้อเขียนกับแบบสอบปฏิบัติการ

2.2.3 แบบสอบเสนอคำกับแบบสอบเลือกตอบ

2.2.4 แบบสอบความเร็วกับแบบสอบความสามารถ

2.2.5 แบบสอบเป็นกลุ่มกับแบบสอบรายบุคคล

2.3 สร้างแผนผังการทดสอบ เพื่อให้จุดมุ่งหมายการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอนและสร้างแบบสอบมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกันอย่างเป็นระบบ การสร้างแผนผังการทดสอบมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะจะทำให้การจัดกิจกรรมอยู่บนหลักการ และเหตุผลของการจัดการทดสอบได้อย่างเหมาะสม ช่วยให้เห็นจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัดให้มีน้ำหนักความสำคัญ ความถี่บ่อยของการสอบตลอดจนรูปแบบของการทดสอบ

2.4 สร้างผังข้อสอบ โดยเป็นตารางที่สร้างขึ้น เพื่อเสนอรายละเอียดของการทดสอบแต่ละครั้งว่าจะวัดเนื้อหาอะไร และความมุ่งหมายของการเรียนรู้อะไร เรียกว่า จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ขอบเขตของเนื้อหา ซึ่งอาจเป็นหัวข้อย่อย หน่วยการสอน หรือบทก็ได้ ตลอดจนมีการกำหนดน้ำหนักความสำคัญ หรือสัดส่วนของจำนวนข้อสอบที่จะสร้างเป็นแบบสอบ หรือวัดพฤติกรรมตามขอบเขตของเนื้อหาที่ต้องการทดสอบในแต่ละครั้ง โดยการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของจุดประสงค์การเรียนรู้นั้น ผู้สอนสามารถยึดหลักที่ว่าควรให้ความสำคัญแก่จุดประสงค์ที่เป็นพื้นฐานที่จำเป็นของวิชา แล้วแปลงน้ำหนักความสำคัญของจุดประสงค์แต่ละหน่วยเป็นจำนวนข้อสอบเพื่อให้ได้ข้อสอบทั้งหมดตามที่ต้องการโดยใช้การเทียบสัดส่วนอย่างง่าย

3. เขียนข้อสอบ การเขียนข้อสอบเป็นทักษะอย่างหนึ่งที่ผู้เขียนต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาเป็นอย่างดี และยังต้องมีความรู้ในเทคนิคการเขียนตลอดจนเกิดความชำนาญ การเขียนข้อสอบที่ดีควรมีขั้นตอนดังนี้

3.1 กำหนดแบบแผนข้อสอบ คือผู้สอนควรกำหนดแบบแผนข้อสอบ ซึ่งเป็นรูปแบบทั่วไปของข้อสอบที่สามารถวัดสมรรถภาพตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้แต่ละวัตถุประสงค์

โดยแบบแผนข้อสอบจะช่วยประหยัดเวลาในการเขียนข้อสอบครั้งต่อไป สามารถสร้างข้อสอบเพื่อเป็นแบบสอบได้หลายฉบับ และเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบสอบคู่ขนานได้

3.2 ร่างข้อสอบ โดยผู้สอบลงมือร่างข้อสอบตามแบบแผนข้อสอบของแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ครอบคลุมจุดประสงค์ และเนื้อหาที่ต้องการวัดตลอดจนให้มีปริมาณข้อสอบตามสัดส่วนที่กำหนดไว้ ซึ่งในการร่างข้อสอบควรเขียนเป็นรายข้อในบัตรข้อสอบ ซึ่งมีข้อมูลเกี่ยวกับ ชื่อวิชา จุดประสงค์ที่มุ่งวัด เนื้อเรื่อง ตัวคำถามและคำตอบ ช่องสถิติ สำหรับบันทึกผลการวิเคราะห์ข้อสอบ ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ช่องสำหรับบันทึกการปรับปรุงและคำวิจารณ์

3.3 ทบทวนร่างข้อสอบ หลังจากได้ร่างข้อสอบไว้แล้วเป็นระยะเวลาหนึ่ง ผู้สอนควรทบทวนร่างข้อสอบที่ตัวเองเขียนขึ้นมาโดยพยายามนึกว่าตัวเองเป็นผู้สอบ เพื่อตรวจสอบความตรงตามวัตถุประสงค์ สัดส่วนข้อสอบ ความสมเหตุสมผล ความชัดเจนของภาษาที่ใช้ นอกจากนี้ควรให้เพื่อนอาจารย์ หรือผู้เชี่ยวชาญ (ในกรณีสร้างแบบสอบมาตรฐาน) ช่วยตรวจสอบร่างข้อสอบ

3.4 บรรณาธิการข้อสอบ เป็นการจัดเรียงข้อสอบอย่างมีประสิทธิภาพ โดยควรแบ่งข้อสอบเป็นตอน ๆ โดยในตอนเดียวกันควรเป็นข้อสอบประเภทเดียวกัน และเรียงตอนของข้อสอบจากแบบสอบที่ตอบได้ง่ายไปสู่ประเภทที่มีความซับซ้อน และในแต่ละตอนควรเรียงตามลำดับจากข้อง่ายไปข้อยาก

4. ทดลองใช้ข้อสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ ซึ่งแบบสอบผลสัมฤทธิ์ สำหรับการเรียนการสอนโดยทั่วไปเมื่อสร้าง และทบทวนก็สามารถนำไปใช้ได้แต่เพื่อความมั่นใจควรนำข้อสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะเดียวกับกลุ่มที่ผู้สอนต้องการนำข้อสอบนำไปใช้จริง เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ค่อนข้างคงที่ และน่าเชื่อถือ

4.1 การวิเคราะห์ข้อสอบ

4.1.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ เป็นการหาค่าความชัดเจนของคำสั่ง คำถาม คำตอบ ความเหมาะสมของภาษา ความยาวของแบบทดสอบ ระยะเวลาที่กำหนดให้ รูปแบบการพิมพ์ เป็นต้น

4.1.2 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ หรือ วิเคราะห์ข้อสอบ เป็นการหาคุณภาพของข้อสอบรายข้อเกี่ยวกับความยากง่ายของข้อสอบ อำนาจจำแนกและประสิทธิภาพของตัวลง

4.2 การคัดเลือกข้อสอบรวมเป็นแบบสอบ เป็นกระบวนการหลังจากการวิเคราะห์ข้อสอบที่ทำให้ผู้พัฒนาแบบสอบสามารถคัดเลือกข้อสอบที่ดีมารวมกันเป็นแบบสอบ

ที่ต้องการโดยทั่วไปข้อสอบควรมีค่าความยากง่ายที่เหมาะสมและมีอำนาจจำแนกสูง โดยข้อสอบที่มีความยากง่ายพอเหมาะ ประมาณ 0.50 เพราะจะทำให้อำนาจจำแนกที่โอกาสที่จะมีค่าสูงสุดเป็น 1 ได้ ซึ่งในการคัดเลือกข้อสอบผู้สอนต้องคำนึงถึงคุณภาพได้ข้อสอบที่มีค่าสถิติเหมาะสมกับข้อสอบที่ครอบคลุมจุดประสงค์และเนื้อหาที่ต้องการ ในบางครั้งอาจจะต้องเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจไม่สูงมากเพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีเนื้อหาตามต้องการ แล้วจึงจัดเรียงตามลำดับที่ได้กล่าวไปแล้วเพื่อพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับที่จะนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์แบบสอบ หลังจากที่ได้คัดเลือกข้อสอบที่ดี หรือมีคุณภาพเป็นรายข้อรวมกันเป็นแบบทดสอบแล้ว ในขั้นนี้ควรวิเคราะห์แบบสอบที่ได้ในด้านความเที่ยง และความตรง แต่เนื่องจากข้อสอบฉบับนี้เป็นฉบับใหม่ที่แตกต่างกันกับฉบับเดิม เพราะมีการตัด เพิ่ม หรือปรับปรุงบางข้อ ดังนั้นค่าความเที่ยงและความตรงที่ได้ จึงเป็นค่าเบื้องต้น

5. นำแบบทดสอบไปใช้ เป็นการนำแบบทดสอบไปใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ต้องคำนึงถึงปัจจัยรอบด้าน ได้แก่ คำสั่ง ระยะเวลาในการตอบ เงื่อนไขในการสอบ และการตรวจให้คะแนน โดยจะต้องถือหลักว่า “ผู้สอบทุกคนจะต้องได้รับความเท่าเทียมกันในการแสดงความสามารถจากการเรียนรู้ตามที่แบบสอบต้องการวัด”

5.1 คำสั่ง คือถ้าเป็นแบบสอบมาตรฐาน คำสั่งสำหรับผู้คุมสอบจะพิมพ์แยกออกต่างหากจากตัวแบบสอบ ซึ่งเป็นแนวทางที่ชัดเจนในการจัดสอบ แจกข้อสอบ เก็บข้อสอบ เวลาที่ใช้ในการสอบและแนวทางการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในการสอบ

5.2 กำหนดเวลาการตอบ โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการตอบขึ้นอยู่กับประเภทของข้อสอบ ความซับซ้อนของจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด ตลอดจนระดับอายุของผู้ตอบ สำหรับข้อสอบ Speed Test มักจะมีเวลาที่จำกัด แต่ถ้าเป็น Power Test มักเป็นข้อสอบที่ผู้ตอบส่วนใหญ่ (ประมาณ 90%) สามารถทำข้อสอบได้ครบถ้วน ข้อเสนอแนะโดยทั่วไป สำหรับ แบบ ทด สอบ ที่ วัด จุด ประสงค์ การ เรียน รู้ ที่ ไม่ ซับ ซ้อน มาก สำหรับผู้สอบทั่วไปควรทำข้อสอบแบบถูกผิดได้ 2 ข้อต่อ 1 นาที หรือข้อสอบแบบหลายตัวเลือกได้ 1 ข้อในเวลา 1 นาที แต่ในทางปฏิบัติเวลาที่ใช้ในการสอบมักจะถูกกำหนดตามสัดส่วนของจำนวนข้อสอบ

5.3 เงื่อนไขการสอบ ในการสอบแต่ละครั้ง ผู้คุมสอบควรจัดสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมกับการสอบและเป็นมาตรฐานเดียวกัน ทั้งการจัดสิ่งแวดล้อมทางกายภาพและสิ่งแวดล้อมทางจิตวิทยา

5.3.1 สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ได้แก่ สภาพแวดล้อมทั่วไป เช่น บริเวณกว้างขวางเพียงพอ แสงสว่างเพียงพอ ปราศจากแสง หรือกลิ่นรบกวน มีอุณหภูมิที่พอเหมาะ

5.3.2 สิ่งแวดล้อมทางจิตวิทยา ได้แก่ ความเครียด และความกังวล โดยผู้สอบจะไม่แสดงความสามารถสูงสุดถ้าเครียด หรือกังวลมากเกินไป

5.4 การตรวจให้คะแนน ควรยึดหลักการที่เห็นพ้องต้องกันระหว่างผู้ตรวจกับผู้เชี่ยวชาญ ในการให้คะแนน ซึ่งวิธีการตรวจให้คะแนนอาจทำการตรวจด้วยมือ แต่สำหรับข้อสอบประเภทเลือกตอบ ที่มีผู้สอบจำนวนมาก อาจตรวจโดยใช้เครื่องจักร โดยการให้คะแนนจะต้องมีความปรนัย โดยมีองค์ประกอบที่ช่วยส่งเสริมการเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนนดังนี้

5.4.1 มีการบันทึกคำตอบที่ชัดเจนและสมบูรณ์ โดยถ้าเป็นข้อสอบข้อเขียน ผู้สอบจะต้องใช้อุปกรณ์บันทึกคำตอบได้อย่างชัดเจนตามคำสั่ง กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงคำตอบจะต้องแก้ไขให้ถูกต้องเด่นชัดตามคำแนะนำที่ระบุไว้ แต่ถ้าเป็นแบบทดสอบภาคปฏิบัติที่ผู้คุมสอบจะต้องเป็นผู้สังเกต บันทึกข้อมูลลงในแบบตรวจสอบรายการ (Check List) และทำการประเมินงาน (Rating Scale) ควรมีการบันทึกผลทันทีอย่างสมบูรณ์ไม่ควรใช้การจำ และบันทึกภายหลัง

5.4.2 มีการตรวจคำตอบถูกไว้สำหรับตรวจให้คะแนน (Scoring Key) ซึ่งผู้ตรวจจัดเตรียมคำตอบที่ถูกต้องที่สุด หรือคำตอบที่ได้รับการยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญไว้เป็นการล่วงหน้า

5.4.3 มีการระบุเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Criteria) โดยการตรวจข้อสอบประเภทเลือกตอบไม่ค่อยเป็นปัญหา แต่ถ้าเป็นข้อสอบประเภทเขียนตอบควรมีการระบุเกณฑ์ที่ชัดเจนว่าคำตอบควรครอบคลุมประเด็นใดบ้าง แต่ละประเด็นมีน้ำหนักคะแนนอย่างไร

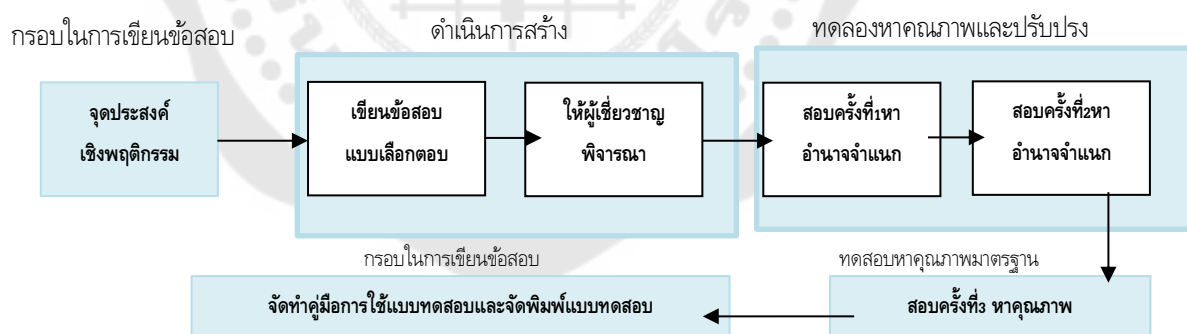
5.5 การนำผลไปใช้ โดยรายงานผลการสอบไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนและปรับปรุงการสอนของครู

6. วิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบ ผู้สอนควรนำคะแนนสอบที่ได้มาศึกษา เพื่อให้ทราบลักษณะของคะแนนสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย การกระจาย รูปแบบของการแจกแจง จากนั้นจึงควรทำการวิเคราะห์แบบสอบด้านความเที่ยง และความตรง

7. การปรับปรุงแบบสอบ เป็นการปรับปรุงข้อบกพร่อง เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มอื่น ๆ ที่มาจากประชากรเป้าหมายเดียวกัน การนำไปใช้ควรเป็นไปตามเงื่อนไขมาตรฐานที่กำหนดไว้ แล้วทำการวิเคราะห์ซ้ำอีก ถ้าผลการวิเคราะห์ยืนยันว่าเป็นแบบสอบที่มีคุณภาพ ก็สามารถพัฒนาเกณฑ์เพื่อเป็นบรรทัดฐานของการเปรียบเทียบความหมายคะแนนและเก็บไว้ในคลังข้อสอบไว้ใช้ต่อไป

บุญชม ศรีสะอาด (2540) โดยในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ได้อธิบายการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ได้รับความนิยมไว้ 3 ชนิด ได้แก่

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อิงเกณฑ์ เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีคะแนนเกณฑ์ โดยการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อิงเกณฑ์ ผู้วิจัยจะเลือกเนื้อหาวิชาเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แล้วสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบ เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหา นั้น ๆ นิยมแยกเป็นหลาย ๆ ฉบับ (2-10 ฉบับ) ที่ให้ครอบคลุมทุกพฤติกรรมของเนื้อหา หลังจากเขียนข้อสอบแล้วจะนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชา และด้านการวัดผลการศึกษาพิจารณาว่าแต่ละข้อวัดผลสัมฤทธิ์ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ (หรือพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา) แล้วนำข้อที่ผ่านการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญว่า มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 3 ครั้ง ซึ่งสองครั้งแรกจะทดสอบเพื่อวิเคราะห์หาคุณภาพด้านอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ โดยจะคัดเอาข้อที่มีอำนาจจำแนกเหมาะสมไว้ กรณีที่มีข้อที่มีอำนาจจำแนกไม่ถึงเกณฑ์เป็นจำนวนมากก็ จะทำการปรับปรุงข้อสอบบางข้อเพื่อให้สามารถได้จำนวนข้อสอบ ตามที่ต้องการ ส่วนการสอบครั้งที่สามเป็นการสอบเพื่อนำผลมาวิเคราะห์หาคุณภาพทั้งหมดอันได้แก่ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น และค่าความเที่ยงตรง ดังแผนผังข้างล่างนี้



ภาพประกอบ 7 กระบวนการในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อิงเกณฑ์

2. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อิงโดเมน เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนตามแนวการเรียนเพื่อรอบรู้ (Mastery Learning) โดยการเขียนข้อสอบจะต้องกำหนดกลุ่มพฤติกรรมใหญ่ (Domain of Behavior) และกลุ่มพฤติกรรมย่อย และการเขียนข้อสอบตามกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ ซึ่งขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อิงโดเมน จะกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ ช่วยให้

ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมหลักกับพฤติกรรมย่อย และสร้างข้อทดสอบให้ตรงกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดและช่วยให้สามารถสร้างข้อสอบที่วัดในพฤติกรรมเดียวกันจึงเหมาะสมสำหรับการสร้างแบบทดสอบคุณาน มีขั้นตอนดังนี้

- 2.1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบ
- 2.2. ศึกษาทฤษฎี วิธีการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบอิงโดเมน
- 2.3. วิเคราะห์เนื้อหา จุดมุ่งหมายของหลักสูตรและกำหนดโดเมน
- 2.4. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าการกำหนดโดเมนเหมาะสมหรือไม่
- 2.5. เขียนกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบและเขียนข้อสอบให้เป็นตัวแทนของประชากรหรือไม่
- 2.6. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าข้อสอบเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรข้อสอบหรือไม่
- 2.7. ทดสอบครั้งที่ 1
- 2.8. วิเคราะห์คุณภาพรายข้อ คัดเลือกและปรับปรุงข้อสอบ
- 2.9. ทดสอบครั้งที่ 2
- 2.10. วิเคราะห์คุณภาพรายข้อ คัดเลือกและปรับปรุง
- 2.11. ทดสอบครั้งที่ 3
- 2.12. หาคะแนนเกณฑ์ที่เหมาะสม หาคคุณภาพรายข้อและคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ
- 2.13. จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบและจัดพิมพ์แบบทดสอบเป็นรูปเล่ม

ประโยชน์ของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดความรู้ความสามารถของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดย บุญศรี พรหมมาพันธ์ (2545) ได้อธิบายประโยชน์ของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

1. เพื่อจัดตำแหน่ง โดยแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามความสามารถที่ใกล้เคียงกัน เพื่อประโยชน์ในการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสม และสอดคล้องกับผู้เรียนแต่ละกลุ่ม การทดสอบเพื่อจัดตำแหน่งนั้นต้องมีการทดสอบก่อนการเรียนการสอนในวิชานั้น ๆ

โดยจุดมุ่งหมายให้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อจัดตำแหน่งนิมใช้กัน 2 ลักษณะคือ เพื่อการจัดจำแนก และเพื่อคัดเลือก

2. เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของผู้เรียน เป็นการประเมินความก้าวหน้าของผู้เรียนทำให้ทราบศักยภาพของตนเองในขณะนั้น และใช้เป็นแนวทางให้ผู้เรียนพัฒนาพฤติกรรมต่าง ๆ ของตนเอง ทั้งทางด้านความรู้ความสามารถ ลักษณะนิสัย และทักษะต่าง ๆ ให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้

3. เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน การปรับปรุงการเรียนการสอนควรทำอย่างต่อเนื่อง อาจใช้เมื่อสิ้นสุดการสอนในแต่ละหน่วย ซึ่งเมื่อพบผู้เรียนคนใดไม่ผ่านเกณฑ์ของแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้สอนก็ควรจะได้ศึกษาว่า ผู้เรียนมีข้อบกพร่อง หรือจุดอ่อนในเรื่องใดจะได้ทำการแก้ไขข้อบกพร่อง จากนั้นจึงประเมินผลอีกครั้ง

4. เพื่อให้คำปรึกษาและแนะแนว เพื่อช่วยให้ครูแนะแนวมีข้อมูลที่เป็นความสามารถของผู้เรียนในด้านการเรียนว่า ผู้เรียนเก่ง อ่อน ด้อย ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการวางแผนการศึกษาต่อ และการประกอบอาชีพ โดยจะส่งผลให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จ คือการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีจุดประสงค์ เพื่อการพยากรณ์

5. เพื่อสรุปผลการเรียนเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนของผู้เรียนทั้งระบบ และตัดสินผลคะแนนได้หรือตก กล่าวคือเป็นการประเมินผลในการตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนในการเรียนรายวิชาต่าง ๆ ตามผลการเรียนที่คาดหวังรายปี และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังรายภาค การประเมินผลนั้นนอกจากจะมีจุดประสงค์เพื่อการสรุปตัดสินความสำเร็จของผู้เรียน ยังใช้เป็นข้อมูลสำหรับปรับปรุงแก้ไข ผู้เรียนที่ไม่ผ่านการประเมินผลการเรียนรู้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

งานวิจัยภายในประเทศ

รัตนภรณ์ กุณพันธ์ (2553) ได้ศึกษาผลของการสอนแบบปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรม GSP ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความรับผิดชอบในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้าเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน ก่อนและหลังได้รับการสอน เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังได้รับการสอนแบบปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรม GSP กับเกณฑ์ร้อยละ 60 และเปรียบเทียบความรับผิดชอบในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ก่อนและหลังได้รับการสอน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

ค้นคว้าครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีที่ศึกษา 2552 โรงเรียนประเทียบวิทยาทย อำเภอวิหารแดง จังหวัดสระบุรี ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน 40 คน สำหรับเนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้แก่ เรื่อง เส้นขนาน รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ประกอบด้วย เส้นขนานและมุมภายใน เส้นขนานและมุมแย้ง เส้นขนานกับมุมภายนอกและมุมภายใน รูปสามเหลี่ยมและเส้นขนาน ใช้เครื่องมือในการศึกษาค้นคว้า ได้แก่ 1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรม GSP วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเส้นขนาน 2.แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน แบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ 3. แบบสอบถามวัดความรับผิดชอบในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบสอบถามชนิด 3 ตัวเลือกจำนวน 30 ข้อ โดยผลการศึกษาค้นคว้าพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการสอนปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรม GSP สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการสอนปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรม GSP สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความรับผิดชอบในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการสอนแบบปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรม GSP สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

เอมอร ฆาสุพันธ์ (2559)ได้ศึกษาการพัฒนาการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิตโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนวิชาคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดการสอนวิชาคณิตศาสตร์ 3.เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยชุดการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนวัดดอนพุดชาอำเภอกุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1 จำนวน 17 คน ซึ่งมีเครื่องมือในการวิจัยคือ 1. ชุดการสอนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 3 หน่วย 12 ชั่วโมง 2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ 3. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนชุดการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของ

ชุดการสอนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนมีความพึงพอใจของชุดการสอนวิชาคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับมากที่สุด

งานวิจัยต่างประเทศ

Idris (2009) ได้วิจัยถึงทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้โปรแกรม GSP กับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางเรขาคณิตและระดับชั้นความคิดทางเรขาคณิตของ แวน ฮีลี กับ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาของเปรู ประเทศมาเลเซีย จำนวน 65 คน แบ่งเป็นนักเรียนที่ได้รับการ เรียนการสอนบทเรียนที่ใช้โปรแกรม GSP จำนวน 32 คน และนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอน ปกติ จำนวน 33 คน ผลพบว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP มีผลสัมฤทธิ์ทางเรขาคณิตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ นักเรียนมีระดับความคิดทางเรขาคณิตของ แวน ฮีลี ที่สูงขึ้น 1-2 ชั้นเมื่อเทียบกับนักเรียน ที่ได้รับการสอนแบบปกติ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความคิดทางเรขาคณิต เรื่องวงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนรายวิชา คณิตศาสตร์เพิ่มเติม ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนทวีธาภิเศก แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวน 127 คน ซึ่งมีการจัดชั้นเรียนแบบคละความสามารถ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนทวีธาภิเศก แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 ที่ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 32 คนจากทั้งหมด 3 ห้องเรียน ซึ่งมีการจัดชั้นเรียนแบบ คละความสามารถ

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านเรื่อง วงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 11 แผน
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง วงกลม

3. แบบวัดความคิดทางเรขาคณิตเรื่อง วงกลม

โดยมีรายละเอียดขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เรื่องวงกลม

มีขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือดังนี้

1.1. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนทวีธาภิเศก

1.2. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) และการจัดการเรียนรู้แบบ ห้องเรียนกลับด้านจากเอกสาร ตำราและงานวิจัย

1.3. ศึกษาเนื้อหาเรื่อง วงกลมจากหนังสือแบบเรียนคณิตศาสตร์เพิ่มเติมชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (สสวท.) และผลการเรียนรู้จากคู่มือการสอนคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (สสวท.)

1.4. แบ่งเนื้อหา เรื่องวงกลม รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ออกเป็น

คาบที่	เนื้อหาทฤษฎีเรื่อง วงกลม
1	ส่วนประกอบเบื้องต้นของวงกลม
2	ทฤษฎี “รูปสามเหลี่ยมที่แนบในครึ่งวงกลมจะมีมุมที่เส้นรอบวงเป็นมุมฉาก”
3	ทฤษฎี “ในวงกลมเดียวกัน มุมที่จุดศูนย์กลางจะมีขนาดเป็นสองเท่าของขนาดมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน”
4	ทฤษฎี “ในวงกลมเดียวกัน มุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันจะมีขนาดเท่ากัน”
5	ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกันหรือวงกลมที่เท่ากันทุกประการทุกประการ ถ้ามุมที่จุดศูนย์กลางมีขนาดเท่ากันแล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมที่จุดศูนย์กลางจะยาวเท่ากัน” ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกัน หรือในวงกลมที่เท่ากันทุกประการ ถ้าส่วนโค้งยาวเท่ากัน แล้วมุมที่จุดศูนย์กลางที่รองรับด้วยส่วนโค้งนั้นจะมีขนาดเท่ากัน”

ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกัน หรือในวงกลมที่เท่ากันทุกประการ ถ้ามุมในส่วนโค้งของวงกลมมีขนาดเท่ากันแล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมทั้งสองจะยาวเท่ากัน”

ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกัน หรือในวงกลมที่เท่ากันทุกประการ ถ้าส่วนโค้งยาวเท่ากัน แล้วมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งนั้นจะมีขนาดเท่ากัน”

6 รูปหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่แนบในวงกลม

7 ทฤษฎี “ถ้าส่วนของเส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมตั้งฉากกับคอร์ดที่ไม่ใช่เส้นผ่านศูนย์กลางแล้วส่วนของเส้นตรงนั้นจะแบ่งครึ่งคอร์ด”

ทฤษฎี “ถ้าส่วนของเส้นตรงซึ่งผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมแบ่งครึ่งคอร์ดซึ่งไม่ใช่เส้นผ่านศูนย์กลางแล้วส่วนของเส้นตรงนั้นจะตั้งฉากกับคอร์ด”

8 ทฤษฎี “ในวงกลมวงหนึ่ง ถ้าคอร์ดสองเส้นยาวเท่ากัน แล้วคอร์ดทั้งสองนั้นจะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นระยะเท่ากัน”

ทฤษฎี “ถ้าคอร์ดสองเส้นอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นระยะเท่ากัน แล้วคอร์ดทั้งสองยาวเท่ากัน ”

9 การหาขนาดของมุมของจุดตัดภายนอกและภายในของวงกลมที่เกิดจากคอร์ดสองเส้นตัดกัน

10 การตัดกันของคอร์ด

11 ทฤษฎี “เส้นสัมผัสวงกลมจะตั้งฉากกับรัศมีของวงกลมที่จุดสัมผัส”

ทฤษฎี “เส้นตรงที่ตั้งฉากกับรัศมีของวงกลมที่จุดจุดหนึ่งบนวงกลมจะเป็นเส้นสัมผัสวงกลมที่จุดนั้น”

1.5. เขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน โดยแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การสอน สื่อการเรียนการสอนและการวัดประเมินผล โดยมีรายละเอียดเนื้อหาวิชาตามดังนี้

ตาราง 10 แสดงรายละเอียดของกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง วงกลม รายคาบมีดังนี้

แผนการเรียนรู้ที่	จำนวนคาบ	สาระการเรียนรู้นอกห้องเรียน (ผ่านวิดีโอ)	สาระการเรียนรู้ในห้องเรียน
1	1	ไม่มี	แนะนำการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GSP - ส่วนประกอบของวงกลม - การสร้างส่วนประกอบต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม GSP เบื้องต้น
2	2	สำรวจทฤษฎี “รูปสามเหลี่ยมแนบในครึ่งวงกลมจะมีมุมที่เส้นรอบวงเป็นมุมฉาก”	ทำแบบฝึกหัดและการพิสูจน์เกี่ยวกับทฤษฎี “รูปสามเหลี่ยมแนบในครึ่งวงกลมจะมีมุมที่เส้นรอบวงเป็นมุมฉาก”
3	3	สำรวจทฤษฎี “ในวงกลมเดียวกัน มุมที่จุดศูนย์กลางจะมีขนาดเป็นสองเท่าของขนาดมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน”	ทำแบบฝึกหัดและการพิสูจน์เกี่ยวกับทฤษฎี “ในวงกลมเดียวกัน มุมที่จุดศูนย์กลางจะมีขนาดเป็นสองเท่าของขนาดมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน”
4	4	สำรวจทฤษฎี “ในวงกลมเดียวกัน มุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันจะมีขนาดเท่ากัน”	ทำแบบฝึกหัดและการพิสูจน์เกี่ยวกับทฤษฎี “ในวงกลมเดียวกัน มุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันจะมีขนาดเท่ากัน”
5	5	สำรวจทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกันหรือวงกลมที่เท่ากันทุกประการทุกประการ ถ้ามุมที่จุดศูนย์กลางมีขนาดเท่ากันแล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมที่จุดศูนย์กลางจะยาวเท่ากัน”	แบบฝึกหัดโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกันหรือวงกลมที่เท่ากันทุกประการทุกประการ ถ้ามุมที่จุดศูนย์กลางมีขนาดเท่ากันแล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมที่จุดศูนย์กลางจะยาวเท่ากัน”

ตาราง 10 (ต่อ)

แผนการเรียนรู้ที่	จำนวนคาบ	สาระการเรียนรู้นอกห้องเรียน (ผ่านวิดีโอ)	สาระการเรียนรู้ในห้องเรียน
5	5	ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกัน หรือในวงกลมที่เท่ากันทุกประการ ถ้าส่วนโค้งยาวเท่ากัน แล้วมุมที่จุดศูนย์กลางที่รองรับด้วยส่วนโค้งนั้น จะมีขนาดเท่ากัน	ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกัน หรือในวงกลมที่เท่ากันทุกประการ ถ้าส่วนโค้งยาวเท่ากัน แล้วมุมที่จุดศูนย์กลางที่รองรับด้วยส่วนโค้งนั้น จะมีขนาดเท่ากัน”
		ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกัน หรือในวงกลมที่เท่ากันทุกประการ ถ้ามุมในส่วนโค้งของวงกลมมีขนาดเท่ากันแล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมทั้งสองจะยาวเท่ากัน”	ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกัน หรือในวงกลมที่เท่ากันทุกประการ ถ้ามุมในส่วนโค้งของวงกลมมีขนาดเท่ากันแล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมทั้งสองจะยาวเท่ากัน”
		ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกัน หรือในวงกลมที่เท่ากันทุกประการ ถ้าส่วนโค้งยาวเท่ากัน แล้วมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งนั้นจะมีขนาดเท่ากัน”	ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกัน หรือในวงกลมที่เท่ากันทุกประการ ถ้าส่วนโค้งยาวเท่ากัน แล้วมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งนั้นจะมีขนาดเท่ากัน”
6	6	สำรวจ รูปหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่แนบในวงกลม	ทำแบบฝึกหัดโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับรูปหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่แนบในวงกลม
7	7	สำรวจ ทฤษฎี “ถ้าส่วนของเส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมตั้งฉากกับ คอร์ดที่ไม่ใช่เส้นผ่านศูนย์กลางแล้วส่วนของเส้นตรงนั้นจะแบ่งครึ่งคอร์ด”	ทำแบบฝึกหัดและการพิสูจน์เกี่ยวกับทฤษฎี “ถ้าส่วนของเส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมตั้งฉากกับ คอร์ดที่ไม่ใช่เส้นผ่านศูนย์กลางแล้วส่วนของเส้นตรงนั้นจะแบ่งครึ่งคอร์ด” ทฤษฎี “ถ้าส่วนของเส้นตรงซึ่งผ่านจุด

ตาราง 10 (ต่อ)

แผนการเรียนรู้ที่	จำนวนคาบ	สาระการเรียนรู้นอกห้องเรียน (ผ่านวิดีโอ)	สาระการเรียนรู้ในห้องเรียน
		ทฤษฎี “ถ้าส่วนของเส้นตรงซึ่งผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมแบ่งครึ่งคอร์ดซึ่งไม่ใช่เส้นผ่านศูนย์กลางแล้วส่วนของเส้นตรงนั้นจะตั้งฉากกับคอร์ด”	ศูนย์กลางของวงกลมแบ่งครึ่งคอร์ดซึ่งไม่ใช่เส้นผ่านศูนย์กลางแล้วส่วนของเส้นตรงนั้นจะตั้งฉากกับคอร์ด”
8	8	สำรวจ ทฤษฎี “ในวงกลมวงหนึ่ง ถ้าคอร์ดสองเส้นยาวเท่ากัน แล้วคอร์ดทั้งสองนั้นจะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นระยะเท่ากัน” ทฤษฎี “ถ้าคอร์ดสองเส้นอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นระยะเท่ากัน แล้วคอร์ดทั้งสองยาวเท่ากัน ”	ทำแบบฝึกหัดและการพิสูจน์เกี่ยวกับ ทฤษฎี “ในวงกลมวงหนึ่ง ถ้าคอร์ดสองเส้นยาวเท่ากัน แล้วคอร์ดทั้งสองนั้นจะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นระยะเท่ากัน” ทฤษฎี “ถ้าคอร์ดสองเส้นอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นระยะเท่ากัน แล้วคอร์ดทั้งสองยาวเท่ากัน ”
9	9	สำรวจ การหาขนาดของมุมของจุดตัดภายนอกและภายในของวงกลมที่เกิดจากคอร์ดสองเส้นตัดกัน	ทำแบบฝึกหัดเกี่ยวกับพิสูจน์เกี่ยวกับ การหาขนาดของมุมของจุดตัดภายนอกและภายในของวงกลมที่เกิดจากคอร์ดสองเส้นตัดกัน
10	10	สำรวจ การตัดกันของคอร์ด	แบบฝึกหัดและการพิสูจน์เกี่ยวกับ การตัดกันของคอร์ด

ตาราง 10 (ต่อ)

แผนการเรียนรู้ที่	จำนวนคาบ	สาระการเรียนรู้นอกห้องเรียน (ผ่านวิดีโอ)	สาระการเรียนรู้ในห้องเรียน
11	11	สำรวจ ทฤษฎี “เส้นสัมผัสวงกลมจะตั้งฉากกับรัศมีของวงกลมที่จุดสัมผัส” ทฤษฎี “เส้นตรงที่ตั้งฉากกับรัศมีของวงกลมที่จุดจุดหนึ่งบนวงกลมจะเป็นเส้นสัมผัสวงกลมที่จุดนั้น”	ทำแบบฝึกหัดและการพิสูจน์เกี่ยวกับ ทฤษฎี “เส้นสัมผัสวงกลมจะตั้งฉากกับรัศมีของวงกลมที่จุดสัมผัส” ทฤษฎี “เส้นตรงที่ตั้งฉากกับรัศมีของวงกลมที่จุดจุดหนึ่งบนวงกลมจะเป็นเส้นสัมผัสวงกลมที่จุดนั้น”

ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนประกอบด้วย

1. มาตรฐานการเรียนรู้
2. ผลการเรียนรู้
3. สาระสำคัญ
4. จุดประสงค์การเรียนรู้
 - 4.1 ด้านความรู้
 - 4.2 ด้านทักษะและกระบวนการ
 - 4.3 ด้านคุณลักษณะ
5. สาระการเรียนรู้
6. กิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย

6.1 ชั้นศึกษาเนื้อหานอกชั้นเรียน

6.1.1. นักเรียนศึกษาเนื้อหาประกอบใบงานเกี่ยวกับทฤษฎีวงกลมจากวิดีโอใน Google Classroom ที่ครูแสดงการเคลื่อนไหวรูปในกรณีที่แตกต่างกันเพื่อให้นักเรียนจดบันทึกสิ่งที่สังเกตได้และคาดเดาทฤษฎีวงกลม

6.1.2. ครูสรุปทฤษฎีวงกลมและแสดงตัวอย่างโจทย์ทฤษฎีจำนวน 2 ข้อ

6.1.3. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเกี่ยวกับโจทย์ทฤษฎีที่ได้เรียนไปแล้ว

6.2 ชั้นการเรียนการสอนในห้องเรียน

6.2.1 ครูเก็บใบงานที่นักเรียนใช้เรียนรู้ในชั้นศึกษาเนื้อหานอกชั้นเรียนเพื่อนำไปตรวจสอบความถูกต้อง

6.2.2 ครูสอบถามข้อสงสัยเกี่ยวกับทฤษฎี แบบฝึกหัดที่ได้ศึกษามาและข้อจำกัดในการเรียนชั้นศึกษาเนื้อหานอกชั้นเรียน

6.2.3 ครูใช้การซักถามประกอบกับการอธิบายให้นักเรียนใช้โปรแกรม GSP แสดงข้อความต่าง ๆ ที่ใช้การพิสูจน์ทฤษฎีวงกลมที่นักเรียนได้ศึกษามาแล้วให้นักเรียนเห็นเป็นรูปธรรม

6.2.4 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดทั้งแบบรายบุคคล หรือแบบกลุ่มซึ่งเป็นโจทย์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นโดยครูให้คำปรึกษาพร้อมทั้งให้ผลป้อนกลับและนำเสนอแนวคิดหน้าชั้นเรียน

6.2.5 ครูใช้การถามตอบกับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนสรุปบทเรียนร่วมกันอีกครั้ง

7. สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

8. ชิ้นงาน/ภาระงาน

9. การวัดและประเมินผล

10. การบันทึกผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.6. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหาและให้ข้อเสนอแนะแล้วนำมาปรับปรุง

1.7. นำแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านเรื่อง วงกลม ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ด้านการสอนคณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา ความสอดคล้องของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและการประเมินผล ดังนี้

1.7.1 ความชัดเจนและถูกต้องของเนื้อหา

1.7.2 ความสอดคล้องของเนื้อหากิจกรรมและสื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน

1.7.3 ความสอดคล้องผลการเรียนรู้กับการวัดประเมินผล

1.8. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน เพื่อหาข้อบกพร่องในการ

จัดการเรียนรู้ เวลา สื่อและปริมาณเนื้อหาแล้วนำมาปรับปรุงจัดทำแผนการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

1.9. ปรับปรุงแผนการเรียนรู้ในประเด็น เวลาในการทำกิจกรรมและจำนวนแบบฝึกหัดในห้องเรียน รวมทั้งการเตรียมคอมพิวเตอร์สำหรับการสำรวจของนักเรียน

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องวงกลม

โดยมีขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือดังนี้

2.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัด ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถาม

2.2 ศึกษาหลักสูตร เนื้อหาในหนังสือเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรื่อง วงกลม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถาม

2.3 สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาและพฤติกรรมด้านสติปัญญา (Cognitive Domain) ตาม 4 ขั้นตอนของวิลสัน (Wilson. 1971: 643-685) ดังนี้

1) ความรู้ความจำด้านการคิดคำนวณ (Computation) ได้แก่ ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม และความสามารถในการใช้กระบวนการคิดคำนวณ

2) ความเข้าใจ (Comprehension) ได้แก่ ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎทางคณิตศาสตร์และการสรุปอ้างอิงในกรณีทั่วไป ความเข้าใจในโครงสร้าง ความสามารถในการเปลี่ยนรูปแบบปัญหาจากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง ความสามารถเกี่ยวกับเหตุผล และความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3) การนำไปใช้ (Application) ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา ในการตัดสินใจแก้ปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคย ซึ่งคล้ายกับแบบฝึกหัดที่นักเรียนเคยแก้ปัญหาจนได้คำตอบออกมาแล้ว

4) การวิเคราะห์ (Analysis) ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาที่นักเรียนไม่เคยทำแบบฝึกหัดมาก่อนซึ่งส่วนใหญ่เป็นโจทย์พลิกแพลง แต่ก็อยู่ในขอบเขตของเนื้อหาวิชาที่เรียนโดยต้องอาศัยความรู้ที่ได้เรียนมารวมกับความคิดสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหา

2.4 ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง วงกลม แบบปรนัย 4 ตัวเลือกให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยผู้วิจัยต้องการข้อสอบ จำนวน

2 ฉบับ แบบคู่ขนาน ฉบับละ 20 ข้อ สำหรับทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน จึงจัดทำข้อสอบจำนวน 34 ข้อ นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทให้พิจารณาแก้ไข แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ(รายละเอียดแสดงในตาราง 25 ภาคผนวก ข)

2.5 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของลักษณะการใช้คำถาม ความเหมาะสมของภาษา ตัวเลือก ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด และความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาของแบบทดสอบ (Index of Congruence: IOC) โดยใช้สูตรของโรบินสัน และแฮมเบลตัน (ลัวัน สายยศ, 2538) โดยกำหนดระดับคะแนนความคิดเห็นแต่ละท่านให้คะแนนตามเกณฑ์ ดังนี้

คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้องหรือวัดได้ตรงกับจุดประสงค์

คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้องหรือวัดได้ตรงกับจุดประสงค์

คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่มีความสอดคล้องหรือวัดได้ตรงกับจุดประสงค์

โดยผู้ทรงคุณวุฒิเสนอแนะให้ปรับปรุงในประเด็นเกี่ยวกับความถูกต้อง ชัดเจนของข้อความและความสอดคล้องของข้อความกับสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการวัด

2.6 นำคะแนนที่ได้มาคำนวณค่า IOC ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม มาพิจารณาเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 - 1 และนำมาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมและถูกต้อง

2.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ที่ผ่านการคัดเลือกไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนทวีธาภิเศก ปีการศึกษา 2561 ซึ่งเคยเรียนเรื่องนี้มาแล้ว จำนวน 28 คน

2.8 นำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และวิเคราะห์หาคุณภาพด้วยความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนกรายข้อ (r) ของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยใช้สูตร (พิชิต ฤทธิ์จัญญ, 2553) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.5 – 0.75 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.25 – 0.63 จำนวน 20 ข้อ และหาความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) โดยใช้สูตร KR-20 (ลัวัน สายยศ, 2538) เท่ากับ 0.53

2.9 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง วงกลม ที่คัดเลือกมาดำเนินการจัดทำข้อสอบคู่ขนาน 20 ข้อ โดยให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์ข้อสอบด้านเนื้อหาและพฤติกรรมด้านสติปัญญาที่ได้กำหนดไว้ และผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องของข้อสอบคู่ขนาน โดยเลือกข้อที่มีค่า IOC เท่ากับ 1

2.10 จัดทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียน ทวีธาภิเศกที่เป็นกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3. แบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิตเรื่อง วงกลม

มีขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือดังนี้

3.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและการประเมินระดับความคิดทางเรขาคณิต เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถามในแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต

3.2 ศึกษาหลักสูตร เนื้อหาในหนังสือเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรื่อง วงกลม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถามในแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต

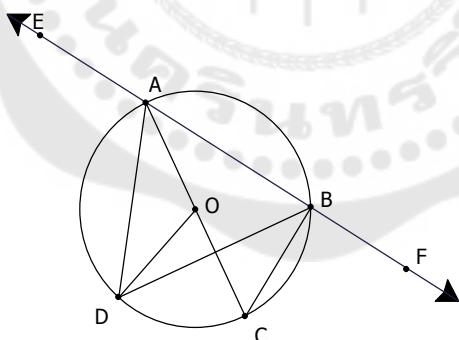
3.3 ดำเนินการสร้างแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่อง วงกลม แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยผู้วิจัยต้องการข้อสอบ จำนวน 2 ฉบับ แบบคู่ขนาน ฉบับละ 20 ข้อ สำหรับทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน จึงจัดทำข้อสอบจำนวน 30 ข้อ โดยใช้แบบวัดความคิดของ Usiskin (1982) มาปรับด้านภาษาและเนื้อหาเรื่อง วงกลม วัดระดับความคิดทางเรขาคณิต 4 ขั้น ได้แก่ ระดับ 0 การนึกภาพ (Visualization) ระดับ 1 การวิเคราะห์ (Analysis) ระดับ 2 การอนุมานอย่างไม่มีแบบแผน (Informal Deduction) และระดับ 3 การอนุมานอย่างมีแบบแผน(Deduction)โดยไม่วัดระดับที่4 เนื่องจากเป้าหมายของการเรียนเรื่อง วงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เน้นพัฒนาในระดับที่ 3 ได้แก่ การพิสูจน์ ทฤษฎีวงกลม อีกทั้งระดับความคิดทางเรขาคณิตขั้นที่ 4 ความคิดสุดยอด (Rior) สังเกตและตีความในเชิงการสร้างทฤษฎี ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ไม่เหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จึงตัดออกและเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทให้พิจารณาแก้ไข แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ โดยข้อสอบที่ต้องการจำนวน 20 ข้อ มีรายละเอียดในแต่ละข้อดังตาราง 11

ตาราง 11 แสดงรายละเอียดของชนิดของข้อคำถามระดับความคิดทางเรขาคณิตของ แวน ฮีลี
ในแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่อง วงกลม

จำนวนข้อสอบที่ใช้	ข้อที่	ชนิดของข้อคำถามระดับความคิดทาง เรขาคณิตของ แวน ฮีลี
ผู้วิจัยสร้างข้อสอบ 8 ข้อแล้วคัดเลือกมาใช้ 5 ข้อ	1-5	ระดับ 0 การนิยามภาพ
ผู้วิจัยสร้างข้อสอบ 8 ข้อแล้วคัดเลือกมาใช้ 5 ข้อ	6-10	ระดับ 1 การวิเคราะห์
ผู้วิจัยสร้างข้อสอบ 8 ข้อแล้วคัดเลือกมาใช้ 5 ข้อ	11-15	ระดับ 2 การอนุมานที่ไม่เป็นแบบแผน
ผู้วิจัยสร้างข้อสอบ 8 ข้อแล้วคัดเลือกมาใช้ 5 ข้อ	16-20	ระดับ 3 การอนุมานที่เป็นแบบแผน

ตัวอย่างข้อสอบในแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่อง วงกลม
ระดับ 0 การนิยามภาพ

จากรูปที่กำหนดให้



ข้อใดคือ มุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน

ก. CAD , CBD

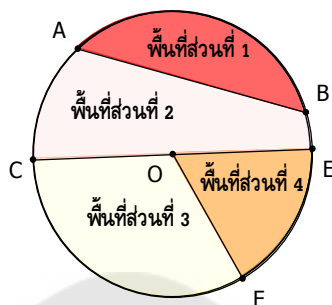
ข. CAD , COD

ค. COD , CBD

ง. ถูกทุกข้อที่กล่าวมา

ระดับ 1 การวิเคราะห์

จากรูปที่กำหนดให้

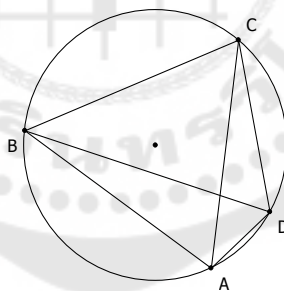


ข้อใดต่อไปนี้เป็นเรียกว่าเซกเตอร์ (Sector) และ เซกเมนต์ (Segment) ของวงกลมตามลำดับ

- ก. พื้นที่ส่วนที่ 1 และพื้นที่ส่วนที่ 4 ข. พื้นที่ส่วนที่ 2 และพื้นที่ส่วนที่ 3
ค. พื้นที่ส่วนที่ 3 และพื้นที่ส่วนที่ 4 ง. พื้นที่ส่วนที่ 4 และพื้นที่ส่วนที่ 1

ระดับ 2 การอนุมานที่ไม่เป็นแบบแผน

จากรูปที่กำหนดให้

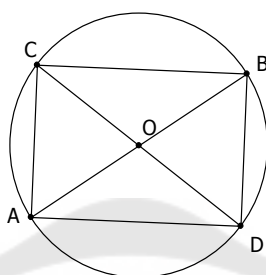


อัตราส่วนความยาว $AB : BC : CD : AD = 3 : 3 : 2 : 1$ แล้วข้อใดต่อไปนี้เป็นกล่าวไม่ถูกต้อง

- ก. $\angle ABD = \angle ACD$ ข. $\angle BDC = \angle ADB$
ค. $\angle BAC = \angle ADB$ ง. $\angle BCA = \angle CBD$

ระดับ 3 การอนุมานที่เป็นแบบแผน

จากรูปกำหนดให้ $\overline{AB}$ และ $\overline{CD}$ เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม O ซึ่งตั้งฉากซึ่งกันและกัน ดังรูป



ข้อความที่ 1 : $\triangle AOC \cong \triangle BOC \cong \triangle BDO \cong \triangle ADO$

ข้อความที่ 2 : $AD = BD = BC = AC$

ข้อความที่ 3 : $\angle DAO = \angle ADO = \angle BDO = \angle DBO = \angle OBC = \angle OCB = \angle OCA$

ข้อความที่ 4 : $\triangle AOC$, $\triangle BOC$, $\triangle BDO$, $\triangle ADO$ เป็นสามเหลี่ยมหน้าจั่ว

ข้อความที่ 5 : $\angle CAD = \angle ADB = \angle CBD = \angle AOB = 90^\circ$

ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับกระบวนการพิสูจน์ว่า “สี่เหลี่ยม $ABCD$ เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส”

	เหตุผลในการพิสูจน์	สิ่งที่ต้องการพิสูจน์
ก.	ข้อความที่ 1	ข้อความที่ 2
ข.	ข้อความที่ 4	ข้อความที่ 3
ค.	ข้อความที่ 5	ข้อความที่ 3
ง.	ข้อความที่ 1 และ ข้อความที่ 4	ข้อความที่ 3

3.4 กำหนดเกณฑ์การตัดสินการผ่านในแต่ละขั้นของระดับความคิดทางเรขาคณิตของ Usiskin โดยใช้เกณฑ์ผ่าน 3 ใน 5 ข้อ และใช้น้ำหนักคะแนนรวมเพื่อช่วยในการแปลผลดังตาราง 12

ตาราง 12 แสดงวิธีการจำแนกผู้สอบของ Usiskin ตามลำดับขั้นของแวน ฮีลี และแปลระดับชั้นความคิดทางเรขาคณิตจากแต้มคะแนนรวมทั้งหมดตามลำดับขั้นของแวน ฮีลี

ระดับ ความคิดทาง เรขาคณิต	ข้อที่	จำนวนข้อที่ทำ ถูก	น้ำหนักคะแนน ที่ได้	น้ำหนักคะแนนรวมและ แปลระดับชั้นความคิดทาง เรขาคณิต
ระดับ 0 การนึกภาพ	1-5	ตอบถูก 3-5 ข้อ	ได้ 1 คะแนน (ผ่านระดับ 0)	รวม 1 คะแนน (พิจารณาในระดับ 1 ต่อไป)
		ตอบถูก 0-2 ข้อ	- (ไม่ผ่านระดับ 0)	นักเรียนไม่ผ่านระดับความคิด ทางเรขาคณิตระดับ 0
ระดับ 1 การวิเคราะห์	6-10	ตอบถูก 3-5 ข้อ	ได้ 2 คะแนน (ผ่านระดับ 1)	รวม 3 คะแนน (พิจารณาในระดับ 2 ต่อไป)
		ตอบถูก 0-2 ข้อ	- (ไม่ผ่านระดับ 1)	นักเรียนมีระดับความคิดทาง เรขาคณิตระดับ 0 การนึกภาพ
ระดับ 2 การอนุมาน อย่างไม่มีแบบ แผน	11-15	ตอบถูก 3-5 ข้อ	ได้ 4 คะแนน (ผ่านระดับ 2)	รวม 7 คะแนน (พิจารณาในระดับ 3 ต่อไป)
		ตอบถูก 0-2 ข้อ	- (ไม่ผ่านระดับ 2)	นักเรียนมีระดับความคิดทาง เรขาคณิตระดับ 1 การ วิเคราะห์
ระดับ 3 การอนุมาน อย่างมีแบบ แผน	16-20	ตอบถูก 3-5 ข้อ	ได้ 8 คะแนน (ผ่านระดับ 3)	รวม 15 คะแนน นักเรียนมีระดับความคิดทาง เรขาคณิตระดับ 3 การอนุมาน อย่างมีแบบแผน
		ตอบถูก 0-2 ข้อ	- (ไม่ผ่านระดับ 3)	นักเรียนมีระดับความคิดทาง เรขาคณิตระดับ 2 การอนุมาน อย่างไม่มีแบบแผน

จากตาราง 12 เมื่อพิจารณาลักษณะของระดับความคิดทางเรขาคณิตที่ต้องพัฒนาจากระดับต่ำไปสู่ระดับสูงโดยไม่มี การข้ามขั้น (Usiskin, 1982) ทำให้น้ำหนักคะแนนรวม

ทั้งหมดของแบบทดสอบของนักเรียนที่จะสามารถนำมาแปลผลได้เพียง 4 กรณีเท่านั้น คือ 1, 3, 7, 15 การแปลผล

ตัวอย่างการแปลความหมายจากน้ำหนักคะแนนรวม เช่น

กรณีที่ 1 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิตในข้อ 1-5 ทำได้ 3 ข้อ ถือว่าผ่านขั้น 0 และในข้อ 6-10 ทำได้ 3 ข้อ ถือว่าผ่านในขั้น 1 และ ในข้อที่ 11-15 ทำได้ 2 ข้อ ถือว่าไม่ผ่านในขั้นที่ 2 และในข้อที่ 16-20 ทำได้ 2 ข้อ ถือว่าไม่ผ่านในขั้นที่ 3 ดังนั้นสรุปได้ว่านักเรียนคนนี้จะได้น้ำหนักคะแนนรวมทั้งหมดของแบบทดสอบเท่ากับ 3 เท่านั้น แปลผลว่านักเรียนมีระดับความคิดทางเรขาคณิตในขั้น 1

กรณีที่ 2 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดลำดับความคิดทางเรขาคณิตในข้อ 1-5 ทำได้ 3 ข้อ ถือว่าผ่านขั้น 0 และในข้อ 6-10 ทำได้ 2 ข้อ ถือว่าไม่ผ่านในขั้น 1 และ ในข้อที่ 11-15 ทำได้ 3 ข้อ ถือว่าผ่านในขั้นที่ 2 แต่เนื่องจากนักเรียนไม่ผ่านในขั้นที่ 1 จะไม่ผ่านในขั้นที่สูงกว่า ตามลักษณะความคิดทางเรขาคณิตจะข้ามระดับขั้นไม่ได้ ดังนั้นนักเรียนคนนี้จะได้น้ำหนักคะแนนรวมทั้งหมดเท่ากับ 1 แปลผลว่านักเรียนมีระดับความคิดทางเรขาคณิตในขั้น 0

3.5 นำแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิตเรื่อง วงกลม ที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ (Index of Congruence: IOC) โดยใช้สูตรของโรวินลลี และแฮมเบลตัน (ลัวัน สายยศและอังคณา สายยศ 2538: 248) โดยมีเกณฑ์ดังนี้

คะแนน +1 สำหรับข้อสอบที่วัดได้ตรงกับระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่อง วงกลม

คะแนน 0 สำหรับข้อที่ไม่แน่ใจว่าวัดได้ตรงกับระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่อง วงกลม

คะแนน -1 สำหรับข้อสอบที่วัดไม่ตรงกับระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่อง วงกลม

โดยผู้ทรงคุณวุฒิเสนอแนะให้ปรับปรุงในประเด็นเกี่ยวกับความถูกต้อง ชัดเจนของข้อคำถามและความสอดคล้องของข้อคำถามกับสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการวัด

3.6 นำคะแนนที่ได้มาคำนวณค่า IOC ของแบบทดสอบ โดยเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 - 1 และปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมและถูกต้อง

3.7 นำแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่อง วงกลม ที่ผ่านการคัดเลือกไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนทวีธาภิเศก ปีการศึกษา 2561 ซึ่งเคยเรียนเรื่อง วงกลมมาแล้วในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมในระดับชั้น จำนวน 28 คน

3.8 นำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้และวิเคราะห์หาคุณภาพด้วยความยากง่าย(p) และอำนาจจำแนกรายข้อ (r) ของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยใช้สูตรของ (พิชิต ฤทธิ์จัญญ, 2553) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ตั้งแต่ 0.25 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.25 – 0.88 จำนวน 20 ข้อ และหาความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) โดยใช้สูตร KR-20 (ล้วน สายยศ, 2538) เท่ากับ 0.68

3.9 นำแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิตเรื่อง วงกลม ที่คัดเลือกมาดำเนินการจัดทำข้อสอบคู่ขนาน 20 ข้อ โดยให้สอดคล้องด้านเนื้อหาและระดับความคิดทางเรขาคณิตที่ได้กำหนดไว้โดยเลือกข้อที่มีค่า IOC เท่ากับ 1

3.10 จัดทำวัดระดับความคิดทางเรขาคณิตเรื่อง วงกลม ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียน ทวีธาภิเศก ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Design) ซึ่งดำเนินการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวสอบก่อนและสอบหลัง (One-Group Pretest-Posttest Design) ซึ่งมีรูปแบบวิจัยดังนี้

ตาราง 13 แบบแผนการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง	การทดสอบก่อนเรียน	การทดลอง	การทดสอบหลังเรียน
E	O_1	X	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ ในแบบแผนการทดลอง ดังนี้

E แทน นักเรียนกลุ่มทดลอง (Experimental Group)

X แทน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน

O_1 แทนการทดสอบก่อนเรียน

O_2 แทนการทดสอบหลังเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน ดังนี้

4.1 ขอความอนุเคราะห์จากผู้บริหารโรงเรียนทวีธาภิเศก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร ให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 32 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และผู้วิจัยได้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านด้วยตนเอง

4.2 ผู้วิจัยทดสอบวัดความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการเรียนเรื่องวงกลม เช่น สัญลักษณ์ของเส้นตรง มุม มุมเส้นตรง ส่วนโค้งของวงกลม ส่วนประกอบพื้นฐานของวงกลมเช่น จุด ศูนย์กลาง เส้นผ่านศูนย์กลาง คอร์ด สมบัติของมุมภายในรูปสามเหลี่ยม สามเหลี่ยมหน้าจั่ว เส้นขนานและเส้นตัด เป็นต้น โดยเป็นข้อสอบปรนัยชนิดเติมคำตอบ 10 ข้อซึ่งนักเรียนต้องผ่านเกณฑ์การทดสอบร้อยละ 80 หากนักเรียนคนใดไม่ผ่านผู้วิจัยจะทำการสอนเพิ่มเติมให้จนกว่าจะทำแบบทดสอบผ่าน

4.3 ทดสอบก่อนเรียน (Pre-Test) โดยใช้แบบทดสอบ 2 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง วงกลม จำนวน 20 ข้อ และแบบวัดความคิดทางเรขาคณิตเรื่อง วงกลม จำนวน 20 ข้อกับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้เวลา 2 คาบ คาบละ 55 นาที

4.4 ดำเนินการสอนความรู้พื้นฐานจำเป็นในการเรียน เรื่อง วงกลมโดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) เบื้องต้นในห้องเรียน เพื่อเป็นพื้นฐานในจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง วงกลม และชี้แจงนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทราบถึงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง วงกลม เพื่อให้ นักเรียนจะได้ปฏิบัติตนได้อย่างถูกต้อง โดยใช้เวลาจำนวน 1 คาบ คาบละ 55 นาที

4.5 ดำเนินการสอนโดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนด้วยตนเองและใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง วงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้เวลาในการสอน 11 คาบ

4.6 เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนตามที่กำหนดแล้ว จึงทำการทดสอบหลังเรียน (Post-Test) โดยใช้แบบทดสอบ 2 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลมจำนวน 20 ข้อ และแบบวัดความคิดทางเรขาคณิต เรื่อง วงกลม จำนวน 20 ข้อกับกลุ่มตัวอย่างโดยเป็นแบบคู่ขนานกับแบบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้เวลา 2 คาบ คาบละ 55 นาที

4.7 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และแบบวัดความคิดทางเรขาคณิตมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติต่อไป

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านหลังเรียนและก่อนเรียน ซึ่งใช้ค่าสถิติ T-Test for dependent Samples สูตรของ (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2550)

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้ค่าสถิติ T-Test One Group ของชูศรี วงศ์รัตน์ (2550)

3. เปรียบเทียบระดับความคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน หลังเรียนกับก่อนเรียนโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ การหาค่าร้อยละ และนำเสนอค่าทางสถิติโดยใช้ตารางแจกแจงความถี่

บทที่4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการอ่านผลการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้แทนความหมาย ดังต่อไปนี้

N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{x}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณา t-distribution

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนนำเสนอ ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องวงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านก่อนและหลังเรียน

ตาราง 13 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องวงกลมก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

การทดสอบ	N	$\bar{x}$	S.D.	t	Sig.(2-tailed)
ก่อนเรียน	32	8.438	2.03	21.39 [*]	.000
หลังเรียน	32	14.875	2.34		

^{*} มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 13 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องวงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านมีผลสัมฤทธิ์การเร่ียนหลังเรียนผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70

ตาราง 14 แสดงผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเรื่อง วงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

การทดสอบ	N	$\bar{x}$	S.D.	t	Sig. (2-tailed)
หลังเรียน	32	14.875	2.34	2.117 [*]	.042

^{*} มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 14 นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เรื่องวงกลม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั่นคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70

3. ผลการศึกษาระดับความคิดทางเรขาคณิตก่อนและหลังเรียนเรื่อง วงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน

ตาราง 15 ผลการเปรียบเทียบระดับความคิดทางเรขาคณิตก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน (จำนวน 32 คน)

ลำดับความคิดทางเรขาคณิตของ นักเรียน	จำนวนนักเรียน			
	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
ไม่ระบุ	2คน	6.25%	0คน	0%
ระดับ0(การนึกภาพ)	4คน	12.5%	2คน	6.25%
ระดับ1 (การวิเคราะห์)	11คน	34.375%	4คน	12.5%
ระดับ2(การอนุมานอย่างไม่มีแบบแผน)	11คน	34.375%	13คน	40.625%
ระดับ3 (การอนุมานอย่างมีแบบแผน)	4คน	12.5%	13คน	40.625%
รวม	32คน	100%	32คน	100%

จากตาราง15 ระดับความคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านมีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความคิดทางเรขาคณิตระดับ 2 และ3 สูงขึ้นโดยนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความคิดทางเรขาคณิตหลังเรียนมากที่สุดอยู่ในระดับ2 (การอนุมานอย่างไม่มีแบบแผน)และระดับ3 (การอนุมานอย่างมีแบบแผน)คิดเป็นร้อยละ 40.625

ตาราง 16 ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงลำดับความคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน

ผลการเปลี่ยนแปลงลำดับความคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนจำนวนนักเรียน						
	หลังเรียน					รวมก่อนเรียน
	ไม่ระบุ	ระดับ0 การนึก ภาพ	ระดับ1 กา วิเคราะห์	ระดับ2 การอนุมาน อย่างไม่มี แบบแผน	ระดับ3 การ อนุมาน อย่างมี แบบแผน	
ก่อนเรียน						
ไม่ระบุ	-	1คน (3.125%)	-	1คน (3.125%)	-	2คน (6.25%)
ระดับ0 การนึกภาพ	-	1คน (3.125%)	1คน (3.125%)	2คน (6.25%)	-	4คน (12.5%)
ระดับ1 การวิเคราะห์	-	-	2คน (6.25%)	4คน (12.5%)	5คน (15.625%)	11คน (34.375%)
ระดับ2 การอนุมาน อย่างไม่มี แบบแผน	-	-	1คน (3.125%)	6คน (18.75%)	4คน (12.5%)	11คน (34.375%)
ระดับ3 การอนุมาน อย่างมีแบบ แผน	-	-	-	-	4คน (12.5%)	4คน (12.5%)
รวมหลังเรียน	0คน (0%)	2คน (6.25%)	4คน (12.5%)	13คน (40.625%)	13คน (40.625%)	32คน (100%)

จากตาราง 16 การเปลี่ยนแปลงของระดับความคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านหลังเรียนกับก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีระดับความคิดทางเรขาคณิตคงที่มากที่สุดในระดับ2(การอนุมานอย่างมีแบบแผน) คิดเป็นร้อยละ 18.75 ระดับ3 (การอนุมานอย่างมีแบบแผน) คิดเป็นร้อยละ 12.5 ระดับ1 (การวิเคราะห์) คิดเป็นร้อยละ 6.25 และ ระดับ0(การนึกภาพ) คิดเป็นร้อยละ 3.125 ตามลำดับ

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของระดับความคิดทางเรขาคณิตของนักเรียน ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านหลังเรียนกับก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดจากระดับความคิดทางเรขาคณิตระดับ1 เป็นระดับที่3 คิดเป็นร้อยละ 15.625 ดังนี้

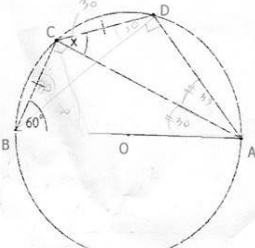
การเปลี่ยนแปลงจากระดับความคิดทางเรขาคณิตไม่สามารถระบุได้	เป็นระดับ0	คิดเป็นร้อยละ3.125
การเปลี่ยนแปลงจากระดับความคิดทางเรขาคณิตไม่สามารถระบุได้	เป็นระดับ2	คิดเป็นร้อยละ3.125
การเปลี่ยนแปลงจากระดับความคิดทางเรขาคณิตระดับ0	เป็นระดับที่1	คิดเป็นร้อยละ3.125
การเปลี่ยนแปลงจากระดับความคิดทางเรขาคณิตระดับ0	เป็นระดับที่2	คิดเป็นร้อยละ 6.25
การเปลี่ยนแปลงจากระดับความคิดทางเรขาคณิตระดับ1	เป็นระดับที่2	คิดเป็นร้อยละ 12.5
การเปลี่ยนแปลงจากระดับความคิดทางเรขาคณิตระดับ1	เป็นระดับที่3	คิดเป็นร้อยละ 15.625
การเปลี่ยนแปลงจากระดับความคิดทางเรขาคณิตระดับ2	เป็นระดับที่3	คิดเป็นร้อยละ 12.5

ตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียนที่สะท้อนระดับความคิดทางเรขาคณิต

กิจกรรมกลุ่ม "ระดมความคิด"

คำชี้แจง: ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน แล้วร่วมกันอภิปรายเพื่อแสดงวิธีการหาคำตอบ
ใบข้อ2

จากรูปให้กำหนดให้จุด O เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมและ AC เป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง
ของวงกลม และ $BC=CD$ ถ้ามุม ABC เท่ากับ 60° จงหา $\angle DAC$ มีขนาดเท่าไร



วิธีทำ

1. สืบหาเส้นตรง BD ขึ้นมา ✓
2. $\angle BCO = 60^\circ$ โจทย์ให้มา ✓
3. $\angle BCA = 90^\circ$ เพราะ AC เป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง ✓
4. $\angle BAC = 30^\circ$ เพราะจากมุมภายใน $\triangle ABC$ เท่ากับ 180° ✓
5. $\angle BDA = 90^\circ$ เพราะ AC เป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง ✓
6. $\angle CAB = \angle CAD$ เพราะ $BC=CD$ คอร์ดเท่ากัน ✓
7. $\angle DAC = 30^\circ$ เนื่องจากมุมภายใน $\triangle ABC$ เท่ากับ 180° ✓

3. $\angle BDC = 90^\circ$ เพราะ AC เป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง ✓

9. $\angle BDC = 30^\circ$ เพราะ $\triangle BCD$ เป็นสามเหลี่ยมมุมฉาก ✓

10. $\angle ACD = 90^\circ$ เนื่องจาก AC เป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง ✓

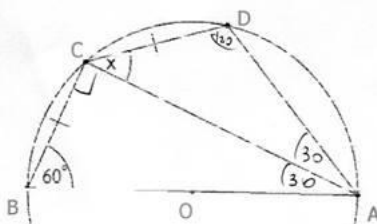
ข้อ 3, ข้อ 9, ข้อ 10

กิจกรรมกลุ่ม "ระดมความคิด"

คำชี้แจง: ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คนแล้วร่วมกันอภิปรายเพื่อแสดงวิธีการหาคำตอบ

ในข้อ 2

จากรูปที่กำหนดให้จุด O เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมและ AB เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม และ $BC=CD$ ถ้ามุม ABC เท่ากับ 60° จงหามุม x มีขนาดเท่าไร



- สิ่งที่โจทย์กำหนดให้
1. $\angle BCA = 90^\circ$ (มุมในครึ่งวงกลม) ✓
 2. $\angle CAB = 30^\circ$ (ผลจากทฤษฎีบทมุมภายใน $\Delta 180^\circ$) ✓
 3. $\angle CAD = 30^\circ$ (เส้นเชื่อมเส้นตรงยาวเท่ากัน (หรือรัศมีของวงกลมเท่ากัน))
 4. $\angle CDA = 120^\circ$ (มุมตรงนำมุมภายในได้ 180° เท่ากัน)
 5. $\angle ACD = 30^\circ$ (มุมภายใน $\Delta 180^\circ$) ✓

นักเรียนในแต่ละกลุ่ม ได้แสดงแนวคิดในการหาคำตอบที่แตกต่างกันโดยการสร้างคอร์ดวงกลมเพิ่มเติม(รูปด้านบน) และ ไม่มีการสร้างรูปเพิ่มเติม(รูปด้านล่าง) ซึ่งขึ้นอยู่กับการแสดงเหตุผลด้วยทฤษฎีวงกลมที่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาลักษณะการเขียนวิธีทำพบว่านักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ของข้อสมมุติ ทฤษฎีบท แล้วอนุมานโดยอาศัยทฤษฎีวงกลมที่เป็นลำดับขั้นเป็นตอน นั่นคือ นักเรียนมีระดับความคิดทางเรขาคณิต ระดับ 3 (การอนุมานอย่างมีแบบแผน)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้าเป็นการวิจัยกึ่งทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และระดับความคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนและหลังเรียน เรื่องวงกลม ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนคณิตศาสตร์เรื่องวงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านกับเกณฑ์ร้อยละ 70
3. เพื่อศึกษาระดับความคิดทางเรขาคณิตก่อนและหลังเรียนเรื่องวงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน

สมมุติฐานของการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเรื่อง วงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเรื่อง วงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05
3. ระดับความคิดทางเรขาคณิตหลังเรียนเรื่อง วงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านเพิ่มขึ้น

วิธีการดำเนินการศึกษา

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนทวีธาภิเศก แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 127 คน ซึ่งมีการจัดชั้นเรียนแบบคละความสามารถ

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนทวีธาภิเศก แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 ที่ได้รับการเรียนการสอนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมที่ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 32 คนจากทั้งหมด 3 ห้องเรียน ซึ่งมีการจัดชั้นเรียนแบบคละความสามารถ

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านเรื่อง วงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 11 แผน
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง วงกลม จำนวน 20 ข้อ
3. แบบวัดความคิดทางเรขาคณิตเรื่อง วงกลม จำนวน 20 ข้อ

1. แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านเรื่องวงกลม มีขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือดังนี้

- 1.1. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

และหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนทวีธาภิเศก

- 1.2. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) และการจัดการเรียนรู้รูปแบบห้องเรียนกลับด้านจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัย

1.3. ศึกษาเนื้อหาเรื่อง วงกลมจากหนังสือแบบเรียนคณิตศาสตร์เพิ่มเติมชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (สสวท.) และผลการเรียนรู้จากคู่มือการสอนคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (สสวท.) โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 11 คาบ

คาบที่	เนื้อหาทฤษฎีเรื่อง วงกลม
1	ส่วนประกอบเบื้องต้นของวงกลม
2	ทฤษฎี “รูปสามเหลี่ยมที่แนบในครึ่งวงกลมจะมีมุมที่เส้นรอบวงเป็นมุมฉาก”
3	ทฤษฎี “ในวงกลมเดียวกัน มุมที่จุดศูนย์กลางจะมีขนาดเป็นสองเท่าของขนาดมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน”
4	ทฤษฎี “ในวงกลมเดียวกัน มุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันจะมีขนาดเท่ากัน”
5	ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกันหรือวงกลมที่เท่ากันทุกประการทุกประการ ถ้ามุมที่จุดศูนย์กลางมีขนาดเท่ากันแล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมที่จุดศูนย์กลางจะยาวเท่ากัน” ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกัน หรือในวงกลมที่เท่ากันทุกประการ ถ้าส่วนโค้งยาวเท่ากัน แล้วมุมที่จุดศูนย์กลางที่รองรับด้วยส่วนโค้งนั้นจะมีขนาดเท่ากัน” ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกัน หรือในวงกลมที่เท่ากันทุกประการ ถ้ามุมในส่วนโค้งของวงกลมมีขนาดเท่ากันแล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมทั้งสองจะยาวเท่ากัน” ทฤษฎี “ในวงกลมวงเดียวกัน หรือในวงกลมที่เท่ากันทุกประการ ถ้าส่วนโค้งยาวเท่ากัน แล้วมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งนั้นจะมีขนาดเท่ากัน”
6	รูปหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่แนบในวงกลม
7	ทฤษฎี “ถ้าส่วนของเส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมตั้งฉากกับคอร์ดที่ไม่ใช่เส้นผ่านศูนย์กลางแล้วส่วนของเส้นตรงนั้นจะแบ่งครึ่งคอร์ด” ทฤษฎี “ถ้าส่วนของเส้นตรงซึ่งผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมแบ่งครึ่งคอร์ดซึ่งไม่ใช่เส้นผ่านศูนย์กลางแล้วส่วนของเส้นตรงนั้นจะตั้งฉากกับคอร์ด”
8	ทฤษฎี “ในวงกลมวงหนึ่ง ถ้าคอร์ดสองเส้นยาวเท่ากัน แล้วคอร์ดทั้งสองนั้นจะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นระยะเท่ากัน” ทฤษฎี “ถ้าคอร์ดสองเส้นอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นระยะเท่ากัน แล้วคอร์ดทั้งสองยาวเท่ากัน ”

- 9 การหาขนาดของมุมของจุดตัดภายนอกและภายในของวงกลมที่เกิดจากคอร์ดสองเส้นตัดกัน
- 10 การตัดกันของคอร์ด
- 11 ทฤษฎี “เส้นสัมผัสวงกลมจะตั้งฉากกับรัศมีของวงกลมที่จุดสัมผัส”
ทฤษฎี “เส้นตรงที่ตั้งฉากกับรัศมีของวงกลมที่จุดจุดหนึ่งบนวงกลมจะเป็นเส้นสัมผัสวงกลมที่จุดนั้น”

1.4. เขียนแผนการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอนและการวัดประเมินผล

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหาและให้ข้อเสนอแนะแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

1.6 นำแผนการจัดการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านเรื่อง วงกลม ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านด้านการสอนคณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหาความสอดคล้องของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและการประเมินผล

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน เพื่อหาข้อบกพร่องในการจัดการเรียนรู้ เวลา สื่อและปริมาณเนื้อหาและปรับปรุงและจัดทำแผนการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องวงกลม มีขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือดังนี้

2.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถาม

2.2 ศึกษาหลักสูตร เนื้อหาในหนังสือเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรื่อง วงกลม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถาม

2.4 ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วงกลม แบบปรนัย 4 ตัวเลือกให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยผู้วิจัยต้องการข้อสอบ จำนวน 2 ฉบับ แบบคู่ขนาน ฉบับละ 20 ข้อ สำหรับทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน จึงจัดทำข้อสอบจำนวน 34 ข้อ นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทให้พิจารณาความถูกต้องแล้วปรับปรุงแก้ไข

2.5 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ที่สร้างขึ้น
เสนอผู้เชี่ยวชาญการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณา
ความเหมาะสมของลักษณะการใช้คำถาม ความเหมาะสมของภาษา ตัวเลือก ความสอดคล้อง
กับพฤติกรรมที่ต้องการวัด และความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาของแบบทดสอบ

2.6 นำคะแนนที่ได้มาคำนวณค่า IOC ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม มาพิจารณาเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67-1 ปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมและถูกต้อง

2.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ที่ผ่านการคัดเลือกไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนทวิธาภิเศก ซึ่งเคยเรียนเรื่องนี้มาแล้วจำนวน 28 คน

2.8 นำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และวิเคราะห์หาคุณภาพด้วย ความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.50-0.75 อำนาจจำแนกรายข้อ (r) ตั้งแต่ 0.25-0.63 และหาค่าความ เชื่อมั่นแบบคูดอร์-ริชาร์ดสัน(Kuder Richardson) โดยใช้สูตร KR-20 เท่ากับ 0.53

2.9 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง วงกลม ที่คัดเลือกมาดำเนินการจัดทำข้อสอบคู่ขนาน 20 ข้อ โดยให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์ข้อสอบด้านเนื้อหา และพฤติกรรมด้านสติปัญญาที่ได้กำหนดไว้ และผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องของข้อสอบคู่ขนาน โดยเลือกข้อที่มีค่า IOC เท่ากับ 1

2.10 จัดทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนทวีธาภิเศกที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 32 คน

3. แบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิตเรื่อง วงกลม มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือดังนี้

3.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและการประเมินระดับความคิดทางเรขาคณิต เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถามในแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต

3.2 ศึกษาหลักสูตร เนื้อหาในหนังสือเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรื่อง วงกลม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถามในแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต

3.3 ดำเนินการสร้างแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่อง วงกลม แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยผู้วิจัยต้องการข้อสอบ จำนวน 2 ฉบับ แบบคู่ขนาน ฉบับละ 20 ข้อ สำหรับทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน จึงจัดทำข้อสอบจำนวน 30 ข้อ โดยใช้แบบวัดความคิดของ Usiskin (1982) มาปรับด้านภาษาและเนื้อหาเรื่อง วงกลม โดยวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต 4 ขั้น ขั้นละ 5 ข้อ ได้แก่ ระดับ 0 การนึกภาพ (Visualization) ระดับ 1 การวิเคราะห์ (Analysis) ระดับ 2 การอนุมานอย่างไม่มีแบบแผน (Informal Deduction) และ ระดับ 3 การอนุมานอย่างมีแบบแผน (Deduction) และเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทให้พิจารณาแก้ไข แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ โดยข้อสอบที่ต้องการจำนวน 20 ข้อ

3.4 กำหนดเกณฑ์ 3 ใน 5 ข้อ เพื่อตัดสินการผ่านชั้นลำดับระดับความคิดทางเรขาคณิตในแต่ละขั้น

3.5 นำแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิตเรื่อง วงกลมที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านเพื่อตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ (Index of Congruence: IOC)

3.6 นำคะแนนที่ได้มาคำนวณค่า IOC ของแบบทดสอบ โดยเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67-1 และปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมและถูกต้อง

3.7 นำแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิตเรื่อง วงกลม ที่ผ่านการคัดเลือกไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนทวีธาภิเศก ซึ่งเคยเรียนเรื่องวงกลมมาแล้วในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมในระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 28 คน

3.8 นำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้และวิเคราะห์หาคุณภาพเพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก(p) ตั้งแต่ 0.25-0.80 อำนาจจำแนกรายข้อ (r) ตั้งแต่ 0.25-0.88

และหาค่าความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน(Kuder Richardson) โดยใช้สูตร KR-20 เท่ากับ 0.68 จำนวน 20 ข้อ

3.9 นำแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิตเรื่อง วงกลม ที่คัดเลือกมาดำเนินการจัดทำข้อสอบคู่ขนาน 20 ข้อ โดยให้สอดคล้องด้านเนื้อหาและระดับความคิดทางเรขาคณิตที่ได้กำหนดไว้ และผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องของข้อสอบคู่ขนานโดยเลือกข้อที่มีค่า IOC เท่ากับ 1

3.10 จัดทำวัดระดับความคิดทางเรขาคณิตเรื่อง วงกลม ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนทวีธาภิเศก ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 32 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบตามขั้นตอน ดังนี้

4.1 ขอความอนุเคราะห์จากผู้บริหารโรงเรียนทวีธาภิเศก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร ให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 32 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และผู้วิจัยได้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP)ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านด้วยตนเอง

4.2 ผู้วิจัยทดสอบวัดความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการเรียนเรื่อง วงกลม โดยเป็นข้อสอบปรนัยชนิดเติมคำตอบ 10 ข้อ ซึ่งนักเรียนต้องผ่านเกณฑ์การทดสอบร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม และสอนเพิ่มเติมให้กับนักเรียนที่ไม่ผ่านตามเกณฑ์จนกว่านักเรียนจะสอบผ่าน

4.3 ดำเนินการสอนความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการเรียน เรื่องวงกลมให้กับนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวนเวลา 1 คาบ

4.4 ทดสอบก่อนเรียน (Pre-Test)โดยใช้แบบทดสอบ 2 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง วงกลมจำนวน 20 ข้อและแบบวัดความคิดทางเรขาคณิตเรื่อง วงกลม จำนวน 20 ข้อกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 32คน โดยใช้เวลา 2คาบ คาบละ 55 นาที

4.5 ชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างทราบถึงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP)ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง วงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และสาธิตการเรียนในชั้นศึกษาเนื้อหานอกชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง จำนวนเวลา 1 คาบ คาบละ 55 นาที

4.6 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง วงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นด้วยตนเอง โดยใช้เวลาในการสอน 10 คาบ คาบละ 55 นาที

4.7 เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนตามที่กำหนดแล้ว จึงทำการทดสอบหลังเรียน (Post-Test) โดยใช้แบบทดสอบ 2 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม จำนวน 20 ข้อ และแบบวัดความคิดทางเรขาคณิต เรื่อง วงกลม จำนวน 20 ข้อ กับกลุ่มตัวอย่างโดยเป็นแบบคู่ขนานกับแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวนเวลา 2 คาบ

4.8 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และแบบวัดความคิดทางเรขาคณิตมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง วงกลม ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง วงกลม ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านหลังเรียนผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. ผลการศึกษาระดับความคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน มีระดับความคิดทางเรขาคณิตระดับ 2 และ 3 สูงขึ้นคิดเป็นร้อยละ 40.625 และนักเรียนมีระดับความคิดทางเรขาคณิตคงที่มากที่สุดในระดับ 2 (การอนุมานอย่างมีแบบแผน) คิดเป็นร้อยละ 18.75 ระดับ 3 (การอนุมานอย่างมีแบบแผน) คิดเป็นร้อยละ 12.5 ระดับ 1 (การวิเคราะห์) คิดเป็นร้อยละ 6.25 และ ระดับ 0 (การนิยาม) คิดเป็นร้อยละ 3.125 ตามลำดับ

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระดับความคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน หลังเรียนกับก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดจากระดับความคิดทางเรขาคณิตระดับ 1 เป็นระดับที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 15.625 โดยมีรายละเอียดดังนี้ ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงจากระดับความคิดทางเรขาคณิตไม่สามารถระบุได้	เป็นระดับ0	คิดเป็นร้อยละ3.125
การเปลี่ยนแปลงจากระดับความคิดทางเรขาคณิตไม่สามารถระบุได้	เป็นระดับ2	คิดเป็นร้อยละ3.125
การเปลี่ยนแปลงจากระดับความคิดทางเรขาคณิตระดับ0	เป็นระดับที่1	คิดเป็นร้อยละ3.125
การเปลี่ยนแปลงจากระดับความคิดทางเรขาคณิตระดับ0	เป็นระดับที่2	คิดเป็นร้อยละ 6.25
การเปลี่ยนแปลงจากระดับความคิดทางเรขาคณิตระดับ1	เป็นระดับที่2	คิดเป็นร้อยละ 12.5
การเปลี่ยนแปลงจากระดับความคิดทางเรขาคณิตระดับ1	เป็นระดับที่3	คิดเป็นร้อยละ 15.625
การเปลี่ยนแปลงจากระดับความคิดทางเรขาคณิตระดับ2	เป็นระดับที่3	คิดเป็นร้อยละ 12.5

อภิปรายผล

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเรื่อง วงกลมของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งพอสรุปสาเหตุได้ต่อไปนี้

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ใช้เวลานานอกชั้นเรียนศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจทฤษฎีวงกลมใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) แล้วใช้เวลาในห้องเรียนฝึกทำแบบฝึกหัด หรือการพิสูจน์ทฤษฎีต่างๆ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนฝึกคิดทั้งรายบุคคลและกลุ่ม ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน และลดข้อสงสัยของนักเรียนเกี่ยวกับแบบฝึกหัดต่าง ๆ

1.2 ครูผู้สอนแบ่งเวลาในห้องเรียนให้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์เพื่อให้นักเรียนสำรวจและทบทวนเนื้อหาโดยใช้โปรแกรม GSP และให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง

1.3 ขณะที่นักเรียนได้รับการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน ครูผู้สอนเก็บรวบรวมข้อมูล แก่ไขข้อบกพร่องที่พบขณะทดลองเพื่อให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ

1.4 การเสริมแรงด้านบวก เช่น การให้กำลังใจ การกล่าวชมเชยเมื่อนักเรียนได้ศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจทฤษฎีวงกลมใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ใน Google Classroom นอกห้องเรียนผ่านการตรวจใบงาน และขณะนักเรียนทำกิจกรรมในห้องเรียน เป็นการส่งเสริมพฤติกรรมในด้านบวกและสร้างสรรค์

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน ผลปรากฏว่า มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ซึ่งพอสรุปสาเหตุได้ต่อไปนี้

2.1 การเรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านเรื่อง วงกลม เมื่อนักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนการเรียนการสอนโดยนักเรียนใช้เวลานอกชั้นเรียนศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจทฤษฎีวงกลมใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) เป็นเครื่องมือช่วยแสดงการเคลื่อนไหวรูปวงกลมให้ผู้เรียนเห็นเป็นรูปธรรมผ่านสื่อที่ครูจัดเตรียมไว้ใน Google Classroom คือ วิดีทัศน์ ใบความรู้ เป็นต้น ทำให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ยืดหยุ่นในเรื่องเวลา สถานที่ระยะเวลาในการเรียน แล้วใช้เวลาในห้องเรียนฝึกทำแบบฝึกหัด หรือการพิสูจน์ทฤษฎีต่าง ๆ สร้างวัฒนธรรมการเรียนรู้โดยนักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ เพิ่มโอกาสการเรียนรู้ที่มีความหลากหลายทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นและมีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้ ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้องและสามารถเรียนได้ลึกซึ้งมากขึ้น

3 ระดับความคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านหลังเรียนกับก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความคิดทางเรขาคณิตสูงขึ้นซึ่งพอสรุปว่ามาจากสาเหตุต่อไปนี้

3.1 การเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นเครื่องมือช่วยในการแสดงการเคลื่อนไหวรูปจากนามธรรมเป็นรูปธรรม ทำให้ผู้เรียนมองเห็นภาพได้อย่างกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ฝึกคิดวิเคราะห์อย่างเป็นลำดับจากพื้นฐานไปสู่การแก้ปัญหาต่างๆ พิสูจน์ทฤษฎี นิยามของวงกลมได้ ทำให้พัฒนาระดับความคิดทางเรขาคณิตไปสู่ในระดับสูงขึ้น

3.2 การเรียนการสอนโดยนักเรียนใช้เวลานอกชั้นเรียนศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจทฤษฎีวงกลมแล้วใช้เวลาในห้องเรียนฝึกทำแบบฝึกหัด หรือการพิสูจน์ทฤษฎีต่าง ๆ ทำให้ครูสามารถอธิบายเนื้อหาได้ละเอียด ฝึกการพิสูจน์พร้อมทั้งให้โจทย์ที่มีความท้าทายกับนักเรียนทำให้นักเรียนมีประสบการณ์เกี่ยวกับการให้เหตุผลในการพิสูจน์เรื่องวงกลมมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบห้องเรียนกลับด้าน ผู้สอนควรตรวจสอบความพร้อมของนักเรียน ชี้แจงกระบวนการ ประโยชน์ที่นักเรียนจะได้รับให้กับนักเรียน ผู้ปกครอง เพื่อให้เกิดความร่วมมือในการศึกษาข้อมูลนอกชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
2. ผู้สอนควรมีการจัดการที่ดี เช่นการจัดเตรียมห้องคอมพิวเตอร์เพื่อให้นักเรียนได้ปฏิบัติงานจริง ทฤษฎีต่าง ๆ ได้อย่างทั่วถึงเพื่อความสะดวกในการเรียนการสอน และส่งผลต่อความสอดคล้องตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้
3. ผู้สอนควรเสริมแรงด้านบวกให้แก่นักเรียนเป็นระยะอย่างต่อเนื่องทั้งชั้นการศึกษา เนื้อหานอกชั้นเรียนและในห้องเรียน เพื่อแสดงถึงการให้กำลังใจ ชมเชย กับนักเรียนที่ทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดเพื่อให้นักเรียนคนอื่นเห็นคุณค่า และประโยชน์ของการเรียนการสอนนี้
4. ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความคิดเห็นของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เพื่อนำข้อมูลที่ได้รับมาปรับกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม
5. ควรจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้ใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ในการสำรวจทฤษฎีนอกห้องเรียนเพื่อให้เกิดความรู้เกี่ยวกับโปรแกรมGSP ต่อยอดความรู้ในสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ ได้ด้วย
6. ควรมีการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านกับเนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่องอื่น ๆ หรือระดับชั้นเรียนอื่น ๆ และศึกษาวิจัยตัวแปรอื่นๆเช่น เจตคติในด้านบวกต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ฯลฯ

การนำไปใช้ประโยชน์

1. ได้แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องวงกลมโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองตามศักยภาพตามความแตกต่างของแต่ละบุคคล
2. การศึกษาครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรมGSP และแนวคิดห้องเรียนกลับด้านได้



ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ



รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และให้
ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องมือให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

1. แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GSP ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านเรื่องวงกลม
และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องวงกลม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ น่วมนุ่ม

อาจารย์ภาควิชาหลักสูตรและการสอน

สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นางสาวสุชาติพิทย์ มะโนแจ่ม

ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ

โรงเรียนทวีธาภิเศก

นางจัฐมดี เมฆเมืองทอง

ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ

โรงเรียนทวีธาภิเศก

2. แบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนิศรวา เลิศอมรพงษ์

อาจารย์ภาควิชาการศึกษา

คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศันสนีย์ เถนรเทียน

อาจารย์ภาควิชาหลักสูตรและการสอน

สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายบุญเคียร คงกลับ

วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ

โรงเรียนชินวรวิทยาคม



1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง
วงกลมชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ตาราง 17 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลมชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ผลการ ประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ							ผลการ ประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ						
ข้อ ที่	คน ที่1	คน ที่2	คน ที่3	$\sum R$	$ioC = \frac{\sum R}{N}$	ผลการ คัดเลือก	ข้อ ที่	คน ที่1	คน ที่2	คน ที่3	$\sum R$	$ioC = \frac{\sum R}{N}$	ผลการ คัดเลือก
1	1	1	1	3	1	ใช้ได้	18	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
2	1	1	1	3	1	ใช้ได้	19	-1	1	1	1	0.33	ต้อง ปรับปรุง
3	1	1	1	3	1	ใช้ได้	20	1	1	1	3	1	ใช้ได้
4	1	1	1	3	1	ใช้ได้	21	1	1	1	3	1	ใช้ได้
5	1	1	1	3	1	ใช้ได้	22	1	1	1	3	1	ใช้ได้
6	1	1	1	3	1	ใช้ได้	23	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้
7	1	1	1	3	1	ใช้ได้	24	1	1	1	3	1	ใช้ได้
8	1	1	1	3	1	ใช้ได้	25	1	1	1	3	1	ใช้ได้
9	1	1	1	3	1	ใช้ได้	26	1	1	1	3	1	ใช้ได้
10	1	1	1	3	1	ใช้ได้	27	1	1	1	3	1	ใช้ได้
11	1	1	1	3	1	ใช้ได้	28	1	1	1	3	1	ใช้ได้
12	1	1	1	3	1	ใช้ได้	29	1	1	1	3	1	ใช้ได้
13	1	1	1	3	1	ใช้ได้	30	1	1	1	3	1	ใช้ได้
14	1	1	1	3	1	ใช้ได้	31	1	1	1	3	1	ใช้ได้
15	1	1	1	3	1	ใช้ได้	32	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
16	1	1	1	3	1	ใช้ได้	33	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
17	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้	34	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้

ตาราง 18 ตารางความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลมชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ข้อที่	P_H	P_L	P	r	ข้อที่	P_H	P_L	P	r
1	8	6	0.88	0.25	18	6	4	0.8	0.5
2	7	4	0.69	0.25	19	8	7	0.94	0.25
3	8	4	0.75	0.5	20	7	5	0.75	0.25
4	8	5	0.81	0.38	21	8	5	0.8	0.4
5	7	5	0.75	0.25	22	8	8	1	0
6	7	5	0.75	0.25	23	7	5	0.75	0.25
7	8	4	0.75	0.5	24	8	4	0.8	0.5
8	7	5	0.75	0.25	25	6	4	0.63	0.25
9	8	5	0.8	0.4	26	-	-	-	-
10	8	4	0.75	0.5	27	7	4	0.69	0.38
11	7	3	0.63	0.5	28	7	5	0.75	0.25
12	7	5	0.75	0.25	29	8	5	0.81	0.38
13	7	5	0.75	0.25	30	8	4	0.75	0.5
14	7	4	0.69	0.38	31	6	3	0.56	0.38
15	7	5	0.75	0.25	32	5	3	0.5	0.25
16	7	2	0.56	0.63	33	7	4	0.69	0.38
17	7	5	0.75	0.25	34	7	2	0.56	0.63

2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่องวงกลมชั้น
มัธยมศึกษาปีที่3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ตาราง 19 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต
เรื่องวงกลมชั้น มัธยมศึกษาปีที่3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ผลการ ประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ							ผลการ ประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ						
ข้อ ที่	คน ที่1	คน ที่2	คน ที่3	$\sum R$	$ioC = \frac{\sum R}{N}$	ผลการ คัดเลือก	ข้อ ที่	คน ที่1	คน ที่2	คน ที่3	$\sum R$	$ioC = \frac{\sum R}{N}$	ผลการ คัดเลือก
1	1	1	1	3	1	ใช้ได้	16	1	1	1	3	1	ใช้ได้
2	1	1	1	3	1	ใช้ได้	17	1	1	1	3	1	ใช้ได้
3	1	1	1	3	1	ใช้ได้	18	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
4	1	1	1	3	1	ใช้ได้	19	1	1	1	3	1	ใช้ได้
5	1	1	1	3	1	ใช้ได้	20	1	1	1	3	1	ใช้ได้
6	1	1	1	3	1	ใช้ได้	21	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
7	1	1	1	3	1	ใช้ได้	22	1	1	1	3	1	ใช้ได้
8	1	1	1	3	1	ใช้ได้	23	1	1	1	3	1	ใช้ได้
9	1	1	1	3	1	ใช้ได้	24	1	1	1	3	1	ใช้ได้
10	1	1	1	3	1	ใช้ได้	25	1	1	1	3	1	ใช้ได้
11	1	1	1	3	1	ใช้ได้	26	1	1	1	3	1	ใช้ได้
12	1	1	1	3	1	ใช้ได้	27	1	1	1	3	1	ใช้ได้
13	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้	28	1	1	1	3	1	ใช้ได้
14	1	1	1	3	1	ใช้ได้	29	1	1	1	3	1	ใช้ได้
15	1	1	1	3	1	ใช้ได้	30	1	1	1	3	1	ใช้ได้

ตาราง 20 ค่าความยาก(p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต
เรื่องวงกลมชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ข้อที่	p_H	p_L	P	r	ข้อที่	p_H	p_L	P	r
1	8	8	1.00	0.00	16	8	2	0.63	0.75
2	7	1	0.5	0.80	17	6	4	0.63	0.25
3	8	4	0.75	0.50	18	3	0	0.19	0.38
4	8	4	0.75	0.50	19	3	1	0.25	0.25
5	7	0	0.44	0.88	20	4	2	0.38	0.25
6	8	8	1.00	0.00	21	5	1	0.38	0.50
7	8	8	1.00	0.00	22	6	1	0.44	0.63
8	5	2	0.44	0.38	23	3	1	0.25	0.25
9	8	6	0.89	0.25	24	5	3	0.5	0.25
10	8	4	0.75	0.50	25	5	2	0.44	0.38
11	8	4	0.80	0.50	26	4	1	0.31	0.38
12	6	3	0.56	0.38	27	4	4	0.50	0.00
13	7	3	0.63	0.50	28	4	2	0.38	0.25
14	8	6	0.89	0.25	29	4	2	0.38	0.3
15	5	4	0.56	0.13	30	3	1	0.25	0.25

3. ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องด้านโครงสร้างของข้อคำถามระหว่างข้อสอบ ชุด A และ ชุด B ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลมชั้น มัธยมศึกษาปีที่3

ตาราง 21 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ด้านโครงสร้างของข้อคำถามระหว่าง ข้อสอบ ชุด A และ ชุด B ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลมชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	$\sum R$	$ioC = \frac{\sum R}{N}$	ผลการคัดเลือก
1	1	1	1	3	1	ใช้ได้
2	1	1	1	3	1	ใช้ได้
3	1	1	1	3	1	ใช้ได้
4	1	1	1	3	1	ใช้ได้
5	1	1	1	3	1	ใช้ได้
6	1	1	1	3	1	ใช้ได้
7	1	1	1	3	1	ใช้ได้
8	1	1	1	3	1	ใช้ได้
9	1	1	1	3	1	ใช้ได้
10	1	1	1	3	1	ใช้ได้
11	1	1	1	3	1	ใช้ได้
12	1	1	1	3	1	ใช้ได้
13	1	1	1	3	1	ใช้ได้
14	1	1	1	3	1	ใช้ได้
15	1	1	1	3	1	ใช้ได้
16	1	1	1	3	1	ใช้ได้
17	1	1	1	3	1	ใช้ได้
18	1	1	1	3	1	ใช้ได้
19	1	1	1	3	1	ใช้ได้
20	1	1	1	3	1	ใช้ได้

4. ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องด้านโครงสร้างของข้อคำถามระหว่างข้อสอบ ชุด A และ ชุด B ของแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่องวงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่3

ตาราง 22 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ด้านโครงสร้างของข้อคำถามระหว่างข้อสอบ ชุด A และ ชุด B ของแบบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่องวงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	$\sum R$	$ioC = \frac{\sum R}{N}$	ผลการคัดเลือก
1	1	1	1	3	1	ใช้ได้
2	1	1	1	3	1	ใช้ได้
3	1	1	1	3	1	ใช้ได้
4	1	1	1	3	1	ใช้ได้
5	1	1	1	3	1	ใช้ได้
6	1	1	1	3	1	ใช้ได้
7	1	1	1	3	1	ใช้ได้
8	1	1	1	3	1	ใช้ได้
9	1	1	1	3	1	ใช้ได้
10	1	1	1	3	1	ใช้ได้
11	1	1	1	3	1	ใช้ได้
12	1	1	1	3	1	ใช้ได้
13	1	1	1	3	1	ใช้ได้
14	1	1	1	3	1	ใช้ได้
15	1	1	1	3	1	ใช้ได้
16	1	1	1	3	1	ใช้ได้
17	1	1	1	3	1	ใช้ได้
18	1	1	1	3	1	ใช้ได้
19	1	1	1	3	1	ใช้ได้
20	1	1	1	3	1	ใช้ได้

ภาคผนวก ค
การออกแบบและผลการวิเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



1. การวิเคราะห์การออกแบบการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง 23 การวิเคราะห์การออกแบบการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามระดับ
พฤติกรรมของวิไลสัน

รายวิชา คณิตศาสตร์เพิ่มเติม รหัสวิชา ค 23201 กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์
หัวข้อเนื้อหา ทฤษฎีวงกลม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง	ระดับพฤติกรรมของวิไลสัน				รวมจำนวนข้อ	รวมร้อยละ	อันดับความสำคัญ	
		ความรู้ความเข้าใจ ด้านการคิด	ด้านงาน	ความเข้าใจ	การนำไปใช้				การวิเคราะห์
1. บอกลักษณะและส่วนประกอบต่างๆของวงกลมได้	1	1(2)				1	5	4	
2. บอกลักษณะและหาค่ามุมโดยให้ทฤษฎีหรือสมบัติเกี่ยวกับมุมในครึ่งวงกลมได้	1			2(3)	1(2)	3	15	3	
3. บอกลักษณะและหาค่ามุมโดยให้ทฤษฎี สมบัติมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งได้	3			2(3)	2(3)		4	20	2
4. บอกลักษณะและหาค่ามุมโดยให้ทฤษฎีหรือสมบัติเกี่ยวกับมุมและส่วนโค้งที่รองรับมุมได้	1				2(3)	1(2)	3	15	3
5. บอกลักษณะและหาค่ามุมโดยให้ทฤษฎีหรือสมบัติเกี่ยวกับคอรัลของวงกลมได้	3	2(3)		1(2)	1(2)		4	20	2
6. บอกลักษณะและหาค่ามุมโดยให้ทฤษฎีหรือสมบัติเกี่ยวกับเส้นสัมผัสวงกลมได้	3	1(2)		1(2)	1(2)	2(3)	5	25	1
รวม	12	4(7)	6(10)	7(12)	3(5)	20(34)	100		
ร้อยละ		20	30	35	15	100			
อันดับความสำคัญ		3	2	1	4				

หมายเหตุ ตัวเลขในช่องต่างๆ a(b) หมายถึง a คือจำนวนข้อที่ต้องการจะใช้จริงในแบบทดสอบ
และ b คือจำนวนข้อที่ออก

2. การวิเคราะห์การออกแบบการสร้างแบบสอบวัดระดับความคิดทางเรขาคณิต

ตาราง 24 การวิเคราะห์การออกแบบการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามระดับ
พฤติกรรมของวิไลสัน

รายวิชา คณิตศาสตร์เพิ่มเติม รหัสวิชา 23103 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

หัวข้อเนื้อหา ทฤษฎีวงกลม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1

พฤติกรรมที่วัดตามระดับความคิดทางเรขาคณิต	จำนวนข้อ
ระดับ 0 การนึกภาพ	5(8)
ระดับ 1 การวิเคราะห์	5(8)
ระดับ 2 การอนุมานที่ไม่มีแบบแผน	5(7)
ระดับ 3 การอนุมานที่มีแบบแผน	5(7)
รวม	20(30)

หมายเหตุ ตัวเลขในช่องต่างๆ a(b) หมายถึง a คือจำนวนข้อที่ต้องการจะใช้จริงในแบบทดสอบ
และ b คือจำนวนข้อสอบที่ออก

ตาราง 25 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องวงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 แบบ
เลือกตอบ 4 ตัวเลือกก่อนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 32 คน (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	5	12	17	9	17
2	9	13	18	10	13
3	10	14	19	3	9
4	11	13	20	11	13
5	9	14	21	10	14
6	9	13	22	9	13
7	9	13	23	9	10
8	4	10	24	8	11
9	7	12	25	11	15
10	11	14	26	5	11
11	7	12	27	10	14
12	8	12	28	9	10
13	10	12	29	9	14
14	8	16	30	7	13
15	5	14	31	9	11
16	9	16	32	9	17

ตาราง 26 คะแนนระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่องวงกลมชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 แบบเลือกตอบ 4
ตัวเลือก จำนวน 32 คนก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The
Geometer's sketchpad (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

คนที่	คะแนน					ระดับ ความคิด ทาง เรขาคณิต	คนที่	คะแนน					ระดับ ความคิด ทาง เรขาคณิต
	ระดับ 0	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	รวม			ระดับ 0	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	รวม	
1	3	2	2	2	9	ระดับ0	17	3	2	3	2	10	ระดับ0
2	4	2	1	1	8	ระดับ0	18	4	3	3	2	12	ระดับ2
3						ไม่ระบุ ระดับ	19						ไม่ระบุ ระดับ
	2	2	1	1	6			2	4	2	3	11	
4	5	4	4	3	16	ระดับ3	20	4	4	1	1	10	ระดับ1
5	5	5	2	2	14	ระดับ1	21	4	4	4	2	14	ระดับ2
6	3	5	4	1	13	ระดับ2	22	4	3	4	3	14	ระดับ3
7	4	4	2	1	11	ระดับ1	23	3	3	2	2	10	ระดับ1
8						ระดับ3	24						ไม่ระบุ ระดับ
	4	5	3	3	15			2	3	2	2	9	
9	4	3	4	3	14	ระดับ3	25	3	4	2	2	11	ระดับ1
10	3	3	3	1	10	ระดับ2	26	3	3	2	1	9	ระดับ1
11	3	4	3	2	12	ระดับ2	27	3	3	2	2	10	ระดับ1
12	3	2	3	1	9	ระดับ0	28	4	4	2	1	11	ระดับ1
13	3	3	3	1	10	ระดับ2	29	3	4	5	2	14	ระดับ2
14						ไม่ระบุ ระดับ	30						ระดับ2
	2	3	2	1	8			3	3	3	1	10	
15	3	3	3	1	10	ระดับ2	31	4	3	3	2	12	ระดับ2
16	3	4	3	1	11	ระดับ2	32	3	5	5	3	16	ระดับ3

ตาราง 27 คะแนนระดับความคิดทางเรขาคณิต เรื่องวงกลมชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 แบบเลือกตอบ 4
 ตัวเลือก จำนวน 32 คนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม
 The Geometer's sketchpad (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

คนที่	คะแนน					ระดับ ความคิด ทาง เรขาคณิต	คนที่	คะแนน					ระดับ ความคิด ทาง เรขาคณิต
	ระดับ 0	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	รวม			ระดับ 0	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	รวม	
1	3	4	4	2	13	ระดับ2	17	4	5	3	2	14	ระดับ3
2	4	2	1	2	9	ระดับ1	18	4	4	3	3	14	ระดับ4
3	4	1	1	2	8	ระดับ1	19	3	5	4	2	14	ระดับ3
4	4	4	3	3	14	ระดับ2	20	4	5	3	3	15	ระดับ4
5	5	5	2	4	16	ระดับ2	21	4	4	3	1	12	ระดับ3
6	3	5	3	2	13	ระดับ2	22	4	4	3	3	14	ระดับ4
7	5	5	3	3	16	ระดับ4	23	4	4	4	4	16	ระดับ4
8						ระดับ4	24						ไม่ระบุ ระดับ
	3	4	4	3	14			2	3	2	2	9	
9	3	5	4	2	14	ระดับ3	25	5	5	5	1	16	ระดับ3
10	3	3	3	2	11	ระดับ3	26	3	5	3	2	13	ระดับ3
11	4	3	3	1	11	ระดับ3	27	3	4	3	3	13	ระดับ4
12	3	3	1	0	7	ระดับ2	28	3	5	3	4	15	ระดับ4
13	4	3	3	2	12	ระดับ3	29	3	5	3	3	14	ระดับ4
14	3	4	3	1	11	ระดับ3	30	4	3	3	3	13	ระดับ4
15	4	3	1	2	10	ระดับ2	31	3	4	3	1	11	ระดับ3
16	4	5	3	3	15	ระดับ4	32	4	5	5	4	18	ระดับ4

ภาคผนวก ง
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม
The Geometer's Sketchpad (GSP) ร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน
เรื่องวงกลม

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 วงกลม

เรื่อง มุมในครึ่งวงกลม

รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม (ค 23201)

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1

ปีการศึกษา 2561

ผู้สอน นาย พิพากษา บุญฤทธิ์

โรงเรียน ทวีธาภิเศก

เวลาชั้นศึกษาความรู้นอกห้องเรียน 30 นาที เวลาชั้นการเรียนการสอนในห้องเรียน 55 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K) นักเรียนสามารถ

1. บอกขนาดของมุมโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับมุมในครึ่งวงกลมได้
2. นักเรียนสามารถนำทฤษฎีบทหรือสมบัติของวงกลมที่เกี่ยวกับมุมในครึ่งวงกลมไปใช้ได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ(P) นักเรียนสามารถ

1. ใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อสื่อความหมายเกี่ยวกับวงกลมได้
2. ให้เหตุผลประกอบในกระบวนการแก้ปัญหาเกี่ยวกับวงกลมได้

ด้านคุณลักษณะ(A) นักเรียนสามารถ

1. ทำงานเป็นระบบ รอบคอบ
2. มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้

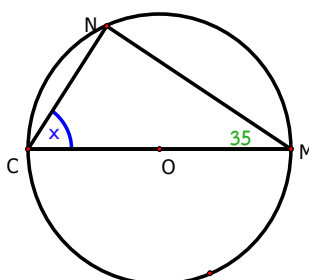
สาระสำคัญ

ทฤษฎีบท มุมในครึ่งวงกลมมีขนาด 90 องศาหรือหนึ่งมุมฉาก

สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้ชั้นศึกษาความรู้นอกห้องเรียน

ตัวอย่างที่ 1 จากรูปที่กำหนดให้ จงหาค่า x

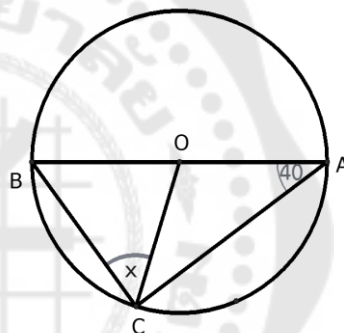


วิธีทำ

ข้อความ	เหตุผล
1. $\angle CNM + \angle CMN + \angle MCN = 180^\circ$	1. ผลรวมมุมภายในของรูปสามเหลี่ยมเท่ากับ 180 องศา
2. $\angle CNM = 90^\circ$	2. มุมในครึ่งวงกลมมีขนาดเท่ากับ 90 องศา
3. $\hat{x} = \angle NCM = 55^\circ$	3. จากข้อ 1 และ 2

ตอบ 55

ตัวอย่างที่ 2 กำหนดให้ O เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม ถ้ามุม BAC เท่ากับ 40 องศา แล้วขนาดของมุม X เท่ากับเท่าใด

วิธีทำ

ข้อความ	เหตุผล
1. $\overline{OA} = \overline{OC}$	1. รัศมีของวงกลม
2. $\angle OCA = 40^\circ$	2. $\triangle AOC$ เป็นสามเหลี่ยมหน้าจั่ว
3. $\angle ACB = 90^\circ$	3. มุมในครึ่งวงกลมมีขนาด 90 องศา
4. $\hat{x} = \angle BCO = 50^\circ$	4. จากข้อ 2 และ 3

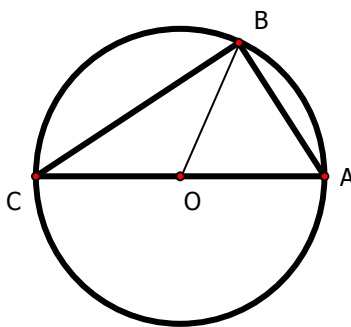
ตอบ 50

สาระการเรียนรู้ขั้นการเรียนรู้การสอนในห้องเรียน

กิจกรรม “พิสูจน์ทฤษฎีบท มุมในครึ่งวงกลมมีขนาด 90 องศาหรือหนึ่งมุมฉาก”

กำหนดให้ จุด O เป็นจุดศูนย์กลางวงกลม และ $\angle ABC$ เป็นมุมในครึ่งวงกลม

ต้องการพิสูจน์ $\angle ABC$ มีขนาด 90° หรือ หนึ่งมุมฉาก

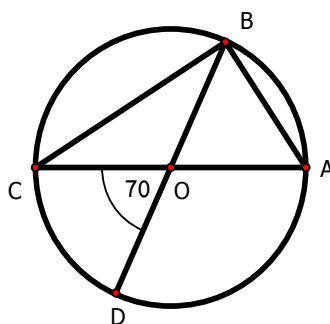


วิธีทำ

พิสูจน์ ลาก $\overline{BO}$

ข้อความ	เหตุผล
1. $AO = BO = CO$	1. รัศมีของวงกลมเดียวกันยาวเท่ากัน
2. $\triangle AOB$ และ $\triangle COB$ เป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว	2. จากข้อ 1 ด้านประกอบมุมยอดยาวเท่ากัน
3. $\widehat{BCO} = \widehat{CBO}$ และ $\widehat{OBA} = \widehat{OAB}$	3. จากข้อ 2 มุมที่ฐานของรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว
4. $\widehat{BCO} + \widehat{CBO} + \widehat{OBA} + \widehat{OAB} = 180^\circ$	4. ขนาดของมุมภายในของรูปสามเหลี่ยม ABC รวมกันได้ 180°
5. $2(\widehat{CBO}) + 2(\widehat{OBA}) = 180^\circ$	5. จากข้อ 3 และข้อ 4
6. $2(\widehat{CBO} + \widehat{OBA}) = 180^\circ$	6. สมบัติการเท่ากัน
7. $\widehat{CBO} + \widehat{OBA} = 90^\circ$	7. สมบัติการเท่ากัน

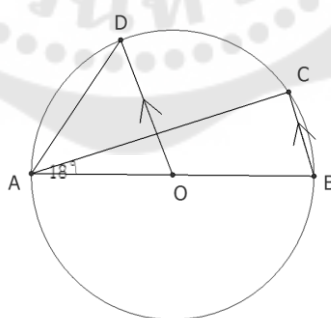
ตัวอย่างที่ 3 จากรูปกำหนดให้จุด O เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม $\widehat{ABC}$ เป็นมุมในครึ่งวงกลม และ $\angle COD = 70^\circ$ จงหาขนาดของ $\widehat{OAB}$ และ $\widehat{BCO}$ พร้อมแสดงเหตุผล



วิธีทำ

ข้อความ	เหตุผล
1. $\angle AOB = \angle COD = 70^\circ$	1. มุมตรงข้ามของเส้นตัด $\overline{AC}$
2. $AO = BO$	2. ขนาดรัศมีของวงกลมวงเดียวกัน
3. $\triangle AOB$ เป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว	3. ด้านประกอบมุมยอดยาวเท่ากัน
4. $\angle ABO = \angle BAO$	4. ขนาดของมุมที่ฐานของรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว $\triangle AOB$
5. $\angle AOB + \angle ABO + \angle BAO = 180^\circ$	5. ผลรวมขนาดของมุมภายในรูปสามเหลี่ยม $\triangle AOB$ เท่ากับ 180°
6. $\angle ABO = \angle BAO = 55^\circ$	6. จากข้อ 1 ข้อ 4 และ 5
7. $\angle ABC + \angle BAC + \angle ACB = 180^\circ$	7. ผลรวมขนาดของมุมภายในรูปสามเหลี่ยม $\triangle ABC$
8. $\angle ABC = 90^\circ$	8. มุมในครึ่งวงกลมมีขนาด 90 องศาหรือหนึ่งมุมฉาก
9. $\angle BAC = \angle BAO = 50^\circ$	9. จากข้อ 6
10. $\angle ACB = \angle BCO = 35^\circ$	10. จากข้อ 7 และ 8

ตัวอย่างที่ 4 กำหนดวงกลมที่มีจุด O เป็นจุดศูนย์กลางวงกลม โดย $\angle BAC = 18^\circ$ และ $\overline{OD} \parallel \overline{BC}$ ดังรูป จงหาขนาดของมุม $\triangle ABC$ และ $\triangle ADO$ พร้อมแสดงเหตุผล



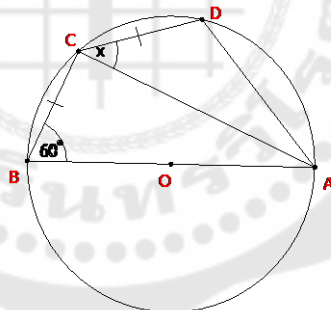
วิธีทำ

ข้อความ	เหตุผล
1. $\angle BAC = 18^\circ$	1. โจทย์กำหนด
2. $\angle ACB = 90^\circ$	2. ขนาดของมุมในครึ่งวงกลมเท่ากับ 90 องศา
3. $\angle ABC = 72^\circ$	3. จากข้อ 1 และ 2

4. $\overline{OD} \parallel \overline{BC}$	4. โจทย์กำหนด
5. $\angle AOD = \angle ABC = 72^\circ$	5. มุมภายนอกและมุมภายในที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัดมีขนาดเท่ากันโดย $\overline{OD} \parallel \overline{BC}$ และ $\overline{AB}$ เป็นเส้นตัด
6. $AO = OD$	6. รัศมีของวงกลม
7. $\triangle AOD$ เป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว	7. จาก ข้อ 6
8. $\angle DAO = \angle ADO$	8. มุมที่ฐานของรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว AOD มีขนาดเท่ากัน
9. $\angle DAO + \angle ADO + \angle AOD = 180^\circ$	9. ผลรวมขนาดมุมภายในเท่ากับ 180 องศา
10. $\angle ADO = 54^\circ$	10. จากข้อ 8 และข้อ 9

ตัวอย่างที่ 5 จากรูปที่กำหนดให้จุด O เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมและ AB เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม และ $BC = CD$ ถ้ามุม $\angle ABC$ เท่ากับ 60 องศา จงหาค่า x พร้อมแสดงเหตุผล

วิธีทำ



วิธีทำ

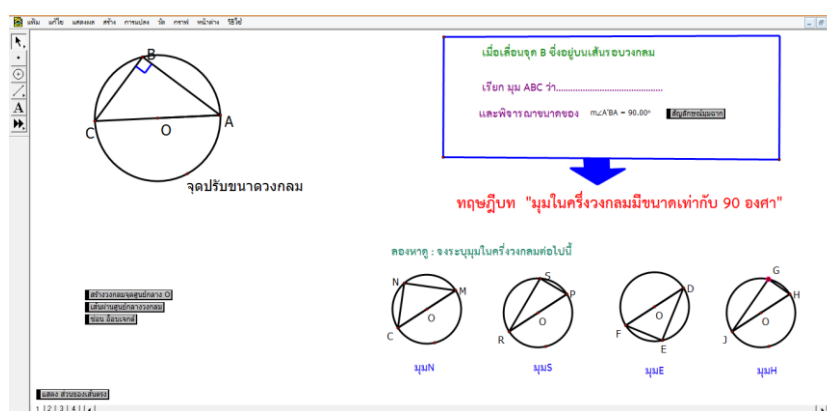
ข้อความ	เหตุผล
1. $\angle ABC = 60^\circ$	1. โจทย์กำหนด
2. $\angle ACB = 90^\circ$	2. ขนาดของมุมในครึ่งวงกลม เท่ากับ 90 องศา
3. $\angle BAC = 30^\circ$	3. ผลรวมมุมภายในของรูปสามเหลี่ยมใดๆ และข้อ 1 ข้อ 2
ลาก $\overline{CO}$ และ $\overline{DO}$	
4. $BO = CO = DO$	4. ขนาดของรัศมีวงกลมเท่ากัน

ข้อความ	เหตุผล
5. $BC=CD$	5. โจทย์กำหนด
6. $\triangle BOC \cong \triangle COD$	6. เท่ากันทุกประการแบบ ด้าน ด้าน ด้าน (ข้อ 4 และข้อ 5)
7. $\angle O\hat{C}D = \angle O\hat{B}C = 60^\circ$	7. จากข้อ 6
8. $AO=OC$	8. ขนาดของรัศมีวงกลมเท่ากัน
9. $\triangle AOC$ เป็นสามเหลี่ยมหน้าจั่ว	9. จากข้อ 8
10. $\angle O\hat{A}C = \angle O\hat{C}A = 30^\circ$	10. จากข้อ 3 และข้อ 9 มุมที่ฐานของรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว AOC มีขนาดเท่ากัน
11. $x^\circ = \angle O\hat{C}D - \angle O\hat{C}A = 30^\circ$	11. จากข้อ 7 และข้อ 10

กิจกรรมการเรียนรู้

● ขั้นศึกษาความรู้นอกห้องเรียน

1. ครูให้นักเรียนศึกษาคลิปวิดีโอการสอนเรื่องที่ 2 “ทฤษฎีมุมในครึ่งวงกลมมีขนาด 90 องศาหรือหนึ่งมุมฉาก” ซึ่งในคลิปวิดีโอ ครูอธิบายประกอบการใช้โปรแกรม GSP (Geometer s Sketchpad) โดยเริ่มจากให้นักเรียนสังเกตส่วนประกอบของวงกลมและระบุมุมในครึ่งวงกลม แล้วครูให้นักเรียนสังเกตขนาดของมุมในครึ่งวงกลมขณะปรับเปลี่ยนรูปสามเหลี่ยมในครึ่งวงกลมให้เป็นรูปแบบต่างๆ แล้วให้นักเรียนสร้างข้อคาดการณ์และครูสรุปทฤษฎี ขนาดของมุมในครึ่งวงกลมเท่ากับ 90 องศา ดังรูป

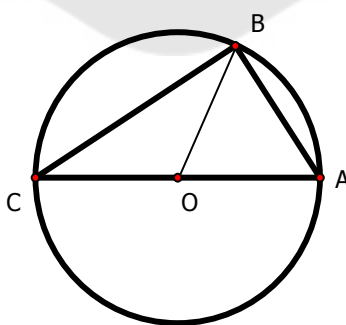


2. ครูยกตัวอย่างที่ 1-2 ซึ่งอาศัยสมบัติเรื่องมุมในครึ่งวงกลม โดยใช้การบรรยายผ่านคลิปวิดีโอ
3. ครูชี้แจงนักเรียนให้นำใบงานที่ 2 เรื่อง “มุมในครึ่งวงกลมมีขนาด 90 องศาหรือหนึ่งมุมฉาก” ให้ผู้ปกครองเซ็นรับรองและนำมาส่งในคาบต่อไป
4. ครูชี้แจงนักเรียนว่าการเรียนในห้องเรียนจะพิสูจน์ทฤษฎีเหล่านี้และทำโจทย์ที่ซับซ้อนขึ้น

● การเรียนการสอนในห้องเรียน

1. ครูเก็บใบงานที่ 2 เรื่อง “มุมในครึ่งวงกลม” เพื่อนำมาตรวจสอบความถูกต้องและความรับผิดชอบของนักเรียน
2. ครูแจกแบบทดสอบให้นักเรียนโดยมีคำถามสั้น 2 ข้อ ดังนี้
 - ข้อที่ 1 ครูให้นักเรียนเขียนทฤษฎีตามความเข้าใจของตนเองเพื่อวัดความเข้าใจ
 - ข้อที่ 2 โจทย์คล้ายตัวอย่างที่ 2 เพื่อตรวจสอบความเข้าใจทฤษฎีและการดูวิดีโอ
3. ครูร่วมกับนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับส่วนประกอบของวงกลมเพื่อทบทวนความรู้ ได้แก่ มุมที่จุดศูนย์กลาง มุมในส่วนโค้งของวงกลม มุมในครึ่งวงกลม โดยใช้คำถามดังนี้

นักเรียนคิดว่ามุมในครึ่งวงกลมมีลักษณะอย่างไร และแตกต่างจากมุมที่จุดศูนย์กลางมุมในส่วนโค้งของวงกลมอย่างไร (แนวคำตอบ มุมในครึ่งวงกลมเป็นมุมที่มีจุดยอดอยู่บนเส้นรอบวงกลม และแขนของมุมตัดจุดปลายของเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเป็นมุมในส่วนโค้งของวงกลมด้วย)
4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายทฤษฎี “มุมในครึ่งวงกลมมีขนาด 90 องศาหรือหนึ่งมุมฉาก” โดยใช้การถาม-ตอบ ผ่านโปรแกรม (Geometer s Sketchpad) GSP โดยเป็นการสำรวจสมบัติหรือข้อสังเกตที่นักเรียนต้องรู้ก่อนการพิสูจน์



คำถามที่ 1 ส่วนของเส้นตรงใดเท่ากับ $\overline{CO}$ ($\overline{OA}$ และ $\overline{OB}$)

คำถามที่ 2 จากรูปที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่ารูปสามเหลี่ยมใดเป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วเพราะเหตุใด (สามเหลี่ยม ABO และสามเหลี่ยม BOC เพราะมีขนาดของด้านประกอบมุมยอดยาวเท่ากัน)

คำถามที่ 3 พิจารณาผลรวมมุมภายในรูปสามเหลี่ยม ABC มีขนาดเท่ากับเท่าไร (มุมภายในรูปสามเหลี่ยมใด ๆ รวมกันได้ 180 องศา)

กิจกรรม สำรวจ " มุมในครึ่งวงกลมมีขนาดเท่ากับ 90 องศา "

ขั้นตอนการสำรวจ

1. ส่วนของเส้นตรงใดเท่ากับ CO เพราะเหตุใด

$CO=OA=OB$ เพราะเป็นรัศมีของวงกลม O
 $m \overline{OB} = 2.89 \text{ ซม.}$ $m \overline{OC} = 2.89 \text{ ซม.}$ $m \overline{OA} = 2.89 \text{ ซม.}$

2. จากรูปที่นักเรียนเห็น.....

สามเหลี่ยมรูปใดบ้างเป็นสามเหลี่ยมหน้าจั่ว
 สามเหลี่ยม ABO เพราะ
 มีขนาดแขนของมุมยอดเท่ากัน

3. พิจารณามุมภายในสามเหลี่ยม ABC

นักเรียนพบว่าอะไร

5. ครูและนักเรียนร่วมกันพิสูจน์ทฤษฎี "มุมในครึ่งวงกลมมีขนาด 90 องศาหรือหนึ่งมุมฉาก" โดยใช้โปรแกรมGSPประกอบการแสดงเหตุผลในแต่ละขั้น

6. ครูยกตัวอย่างที่ 3 โดยครูและนักเรียนร่วมกันเขียนพิสูจน์ทฤษฎี "มุมในครึ่งวงกลมมีขนาด 90 องศาหรือหนึ่งมุมฉาก" โดยใช้โปรแกรมGSPประกอบการแสดงเหตุผลในแต่ละขั้นลงในสมุด

7. ครูยกตัวอย่างที่ 4 เป็นโจทย์ที่ใช้ทฤษฎีข้างต้นโดยให้นักเรียนลงมือปฏิบัติเป็นรายบุคคล 5-10 นาทีลงในสมุด

8. ครูสุ่มเลขที่นักเรียนโดยเรียกเลขที่มานำเสนอวิธีการในการหาคำตอบหน้าชั้นเรียน และใช้การถามตอบนักเรียนเพื่อพิจารณาความถูกต้อง และสอบถามนักเรียนคนอื่นๆในกรณีที่มีวิธีการคิดที่แตกต่างออกไป

9. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มตามความสมัครใจกลุ่มละ 4 คน แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดแสดงวิธีการในการหาคำตอบของตัวอย่างที่ 5 ใช้เวลา 5-10 นาที ลงในสมุด

10. ครูสุ่มนักเรียน 1 กลุ่มออกมาอธิบายวิธีการหาคำตอบหน้าชั้นเรียนโดยและใช้การถามตอบนักเรียนเพื่อพิจารณาความถูกต้อง

11. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด 3.2(ก) เฉพาะข้อคู่ ในหนังสือคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 2 โดยครูให้คำปรึกษา

12. ครูและนักเรียนใช้การถาม-ตอบเพื่อสรุปทฤษฎีและตอบข้อสงสัย

13. ครูแจกและแนะนำการเรียนในเรื่องที่3 เพื่อให้นักเรียนไปศึกษาด้วยตนเองประกอบวิดีโอของครู

วัสดุ-อุปกรณ์ สื่อ และแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการสอนโปรแกรม GSP เรื่องทฤษฎี “มุมในครึ่งวงกลมมีขนาด 90 องศาหรือหนึ่งมุมฉาก”

2. วิดีโอ เรื่อง ทฤษฎี “มุมในครึ่งวงกลมมีขนาด 90 องศาหรือหนึ่งมุมฉาก”

3. ใบงานที่2 เรื่อง “มุมในครึ่งวงกลมมีขนาด 90 องศาหรือหนึ่งมุมฉาก”

การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมิน	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัดและการประเมินผล	ผลการประเมิน
ด้านความรู้ (K)				
1. บอกขนาดของมุมโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับมุมในครึ่งวงกลมได้ 2. นักเรียนสามารถนำทฤษฎีบทหรือสมบัติของวงกลมที่เกี่ยวกับมุมในครึ่งวงกลมได้	ตรวจใบงานที่2 แบบฝึกหัด3.2 (ก)เฉพาะข้อคู่	1. ใบงานที่2 2. แบบฝึกหัด3.2 (ก)เฉพาะข้อคู่	นักเรียนหาขนาดของมุมในวงกลมเมื่อกำหนดมุมที่จุดศูนย์กลางที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันได้ถูกต้องร้อยละ 80 ของแบบฝึกหัด3.2 (ก)เฉพาะข้อคู่	
ด้านทักษะ/กระบวนการ(P)				

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมิน	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัดและการประเมินผล	ผลการประเมิน
1. ใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อสื่อความหมายเกี่ยวกับส่วนประกอบของวงกลมได้	ตรวจใบงานที่2 แบบฝึกหัด3.2 (ก)เฉพาะข้อคู่	1. ใบงานที่2 2. แบบฝึกหัด3.2 (ก)เฉพาะข้อคู่	นักเรียนใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อสื่อความหมายเกี่ยวกับส่วนประกอบของวงกลมได้ถูกต้องร้อยละ 80 ของแบบฝึกหัด3.2(ก)เฉพาะข้อคู่	
2. ให้เหตุผลประกอบในกระบวนการแก้ปัญหาเกี่ยวกับวงกลมได้	ตรวจใบงานที่2 แบบฝึกหัด3.2 (ก)เฉพาะข้อคู่	1. ใบงานที่2 2. แบบฝึกหัด3.2 (ก)เฉพาะข้อคู่	นักเรียนให้เหตุผลประกอบในกระบวนการแก้ปัญหาเกี่ยวกับวงกลมได้ร้อยละ 80ของแบบฝึกหัด3.2 (ก)เฉพาะข้อคู่	
ด้านคุณลักษณะ(A)				
1. นักเรียนทำงานเป็นระบบรอบคอบ	ตรวจใบงานที่2 แบบฝึกหัด3.2 (ก)เฉพาะข้อคู่	แบบสังเกต	นักเรียนทำงานเป็นระบบรอบคอบอยู่ในระดับดีขึ้นไป	
2. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้	การสังเกต พฤติกรรมมีส่วนร่วมระหว่างเรียน	แบบสังเกต พฤติกรรมการตอบ	นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ระดับดีขึ้นไป	

ใบงานที่ 2

เรื่อง ทฤษฎีบท “มุมในครึ่งวงกลมมีขนาด 90 องศาหรือหนึ่งมุมฉาก”

ดูเมื่อวันที่.....

เวลา.....น. (ชั้นศึกษาเนื้อหานอกห้องเรียน)

คำชี้แจง ให้นักเรียนปฏิบัติดังนี้

1. ให้นักเรียนเปิดซีดี/ลิงก์(Link)วิดีโอครูมอบให้ไปที่บ้านโดยใช้เอกสารนี้ประกอบในการเรียน
2. ในระหว่างที่ดูให้นักเรียนบันทึกข้อสงสัยในใบความรู้นี้

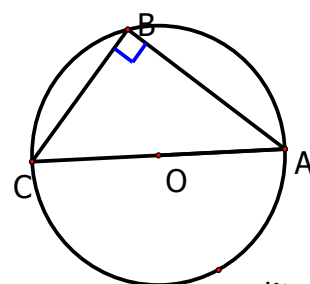
จากรูปที่กำหนดให้ ครูเลื่อนจุด..... บนเส้นรอบวงกลม

เรียก.....

ขนาดของมุม.....มีขนาดเท่ากับ.....เสมอ

ทฤษฎี กล่าวว่

.....

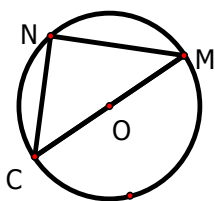
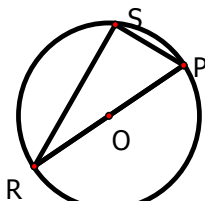


จุดปรับขนาดวงกลม

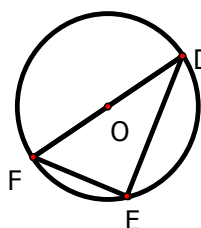
กิจกรรมที่ 1 “หา ดู มุมอยู่ไหน”

จากรูปกำหนดวงกลมที่มีจุด O เป็นจุดศูนย์กลาง

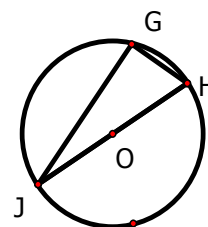
ให้นักเรียนระบุมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมในแต่ละข้อต่อไปนี้

..... $\widehat{CNM}$ 

.....

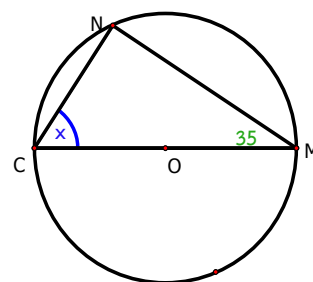


.....



.....

ตัวอย่างที่ 1 จากรูปที่กำหนดให้ จงหาขนาดของมุม x

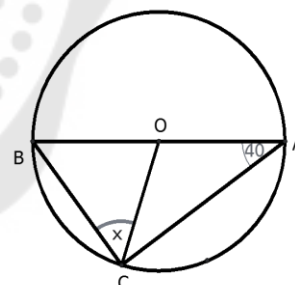


วิธีทำ

ข้อความ	เหตุผล
1. $\angle CNM + \dots + \angle MCN = 180^\circ$	1.
2.	2. มุมในครึ่งวงกลมมีขนาดเท่ากับ 90 องศา
3.	3.

ตอบ

ตัวอย่างที่ 2 กำหนดให้ O เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม
ถ้ามุม BAC เท่ากับ 40 องศา แล้วขนาดของมุม X เท่ากับ
เท่าใด

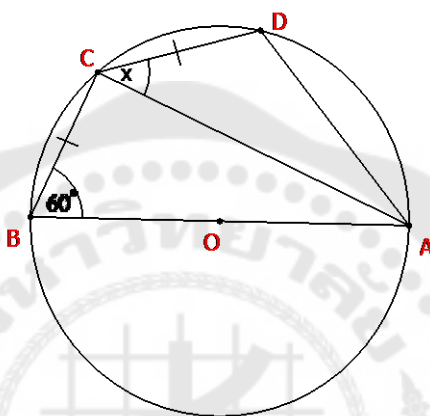


วิธีทำ

กิจกรรมกลุ่ม “ระดมความคิด”

คำชี้แจง: ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คนแล้วร่วมกันอภิปรายเพื่อแสดงวิธีการหาคำตอบ
ในข้อ 2

จากรูปที่กำหนดให้จุด O เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมและ AB เป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง
ของวงกลม และ $BC=CD$ ถ้ามุม ABC เท่ากับ 60° องศา จงหามุม x มีขนาดเท่าไร

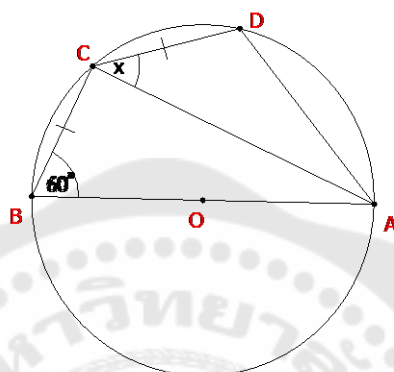


เฉลย กิจกรรมกลุ่ม“ระดมความคิด”

คำชี้แจง: ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คนแล้วร่วมกันอภิปรายเพื่อแสดงวิธีการหา

คำตอบในข้อ 2

จากรูปที่กำหนดให้จุด O เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมและ AB เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม และ $BC=CD$ ถ้ามุม BAC เท่ากับ 30 องศา จงหามุม x มีขนาดเท่าไร



ลาก $\overline{CO}$ และ $\overline{DO}$

ข้อความ	เหตุผล
1. $\angle ACB = 90^\circ$	1. ขนาดของมุมในครึ่งวงกลม เท่ากับ 90 องศา
2. $\angle ABC = 60^\circ$	2. โจทย์กำหนด
3. $\angle BAC = 30^\circ$	3. ผลรวมมุมภายในของรูปสามเหลี่ยมใดๆ และข้อ 1 ข้อ 2
4. $BO = CO = DO$	4. ขนาดของรัศมีวงกลมเท่ากัน
5. $BC=CD$	5. โจทย์กำหนด
6. $\triangle BOC \cong \triangle COD$	6. เท่ากันทุกประการแบบ ด้าน ด้าน ด้าน (ข้อ 4 และข้อ 5)
7. $\angle OCD = \angle ABC = 60^\circ$	7. จากข้อ 6
8. $AO=OC$	8. ขนาดของรัศมีวงกลมเท่ากัน
9. $\triangle AOC$ เป็นสามเหลี่ยมหน้าจั่ว	9. จากข้อ 8
10. $\angle OAC = \angle OCA = 30^\circ$	10. จากข้อ 3 และข้อ 9
11. $x = \angle OCD - \angle OCA = 60^\circ - 30^\circ = 30^\circ$	11. จากข้อ 7 และข้อ 10

บรรณานุกรม

- Abdullah, A. H., & Zakaria, E. (2012). The Activities Based on Van Hiele's Phase-Based Learning: Expert's and Preservice Teacher's Views. *Journal of Mathematics and Statistics*, 8(3), 385-395.
- Almeqdadi, F. (2000). The Effect of Using the Geometer's Sketchpad (GSP) on Jordanian Students' Understanding of Geometrical Concepts. *Proceedings of the International Conference on Technology in Mathematics Education*, 163-169.
- Alpaslan, S., Baki, C., & Yunus, E. Z. (2015). Flipping a College Calculus Course: A Case Study. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(3), 142-152.
- Bretzmann, J. (2013). *Flipping 2.0 : practical strategies for flipping your class* (1st ed.. ed.). New Berlin, Wis.: New Berlin, Wis. : Bretzmann Group.
- Clements, D. H., & Battista, M. (1992). GEOMETRY AND SPATIAL REASONING *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*.
- Crowley, M. L. (1987). The van Hiele model of the development of geometric thought. *Learning and teaching geometry, K-12*, 1-16.
- Dimakos, G., & Zaranis, N. (2010). The influence of the Geometer's Sketchpad on the geometry achievement of Greek school students. *The Teaching of Mathematics*(25), 113-124.
- Flip learning. (2014). The Four Pillars of F-L-I-P. Retrieved 14 July 2016
<https://flippedlearning.org/definition-of-flipped-learning/>
- Idris, N. (2009). The impact of using Geometers' Sketchpad on Malaysian students' achievement and van Hiele geometric thinking. *Journal of Mathematics Education*, 2(2), 94-107.
- Ingram, D., & et.al. (2014). A study of the Flipped Math Classroom in the Elementary Grades.
- Muir, T., & Geiger, V. (2016). The affordances of using a flipped classroom approach in the teaching of mathematics: a case study of a grade 10 mathematics class. *Mathematics Education Research Journal*, 28(1), 149-171.
- Saint Louis, U. (n.d.). Flipped Classroom Resources. Retrieved 14 August 2560
<https://www.slu.edu/ctl/resources/flipped-classroom-resources.php>
- Sams A., & et.al. (2014). Flipped Learning Retrieved 14 July 2017
https://flippedlearning.org/wp-content/uploads/2016/07/FLIP_handout_FNL_Web.pdf
- The sketchpad story. (n.d.). The Sketchpad Story.
http://www.dynamicgeometry.com/General_Resources/The_Sketchpad_Story.html
- Tieng, P. G., & Eu, L. K. (2014). Improving Students' Van Hiele Level of Geometric Thinking Using Geometer's Sketchpad. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 2(3), 20-31.
- Usiskin, Z. (1982). Van Hiele Levels and Achievement in Secondary School Geometry. CDASSG Project.
- กิตติชัย สุภาสินโนบล. (2558). ห้องเรียนกลับด้าน. สารานุกรมศึกษาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 50.
- กุลยา เหมสวัสดิกิจ. (2545). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบแนวฮิลที่มีต่อระดับความคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2557). ฮาร์วาร์ดผู้นำแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน. สยามรัฐสัปดาห์วิจารณ์, p. 37.
- จินดารัตน์ โพธิ์นอก. (2557). ห้องเรียนกลับด้าน. Retrieved 22 กรกฎาคม 2559

<http://www.royin.go.th/?knowledges>=ห้องเรียนกลับทาง-๑๙-กุมภาพันธ์.

- ฉวีวรรณ เศรษฐมณี. (2544). ศิลปะการสอนคณิตศาสตร์ = *Teaching mathematics : a sourcebook of activities, and strategies*. กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ชนิศวรา ฉัตรแก้ว. (2549). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต และลำดับขั้นตอนการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮิลล์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ม.ป.ท.
- ชาญณรงค์ เพ็ญอักษร. (ม.ป.). โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์. Retrieved 14 สิงหาคม 2560 <https://sac.kku.ac.th/kmsac/research/r18.pdf>
- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2550). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 10.. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดจำหน่าย.
- ธนวิทย์, ธ. (2555). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง รูปวงกลม โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนโยธินบูรณะ กรุงเทพมหานคร. In น. ชนิศวรา (Ed.): มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2540). การวิจัยทางการวัดผลและประเมินผล = *Research in measurement and evaluation*. กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : ชมรมเด็ก.
- บุญศรี พรหมมาพันธ์, น. ว. (2545). แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ปิยะนาฏ นุ่มอ่อน. (2554). ลำดับการวิเคราะห์การคิดทางเรขาคณิตของนักเรียน เรื่องวงกลม ของแวน ฮิลล์ โดยใช้โปรแกรม *The Geometer's Sketchpad* สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่3. (ปริญญาณิพนธ์ วท.ม. คณิตศาสตร์ศึกษาศาสตรบัณฑิต), มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- พรณี คงเงิน. (2560). การพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเทศบาลตาคี (ขุนตาคีลักษณะกิจ) จังหวัดนครสวรรค์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน และเทคนิคการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียน. วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ ปีที่ 18, ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มิ.ย. 2560), หน้า 42-54.
- พิชิต ฤทธิ์จัญญ. (2553). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 6.. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดจำหน่าย.
- รัตนารักษ์ กุณพันธ์. (2553). ผลของการสอนแบบปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรม GSP ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความรับผิดชอบในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. สารนิพนธ์ (กศ.ม. (การมัธยมศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2553.
- ล้วน สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5.. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- วรรณวิภา สุทธิเกียรติ. (2542). การพัฒนาบทเรียนเรขาคณิตที่ใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้. ปริญญาณิพนธ์ (กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2542.
- วิจารณ์ พานิช. (2556). ครูเพื่อศิษย์สร้างห้องเรียนกลับทาง (พิมพ์ครั้งที่ 2.. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : มูลนิธิสยามกัมมาจล.

- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม = *Classical test theory* (พิมพ์ครั้งที่ 7, [ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม]. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สมเดช บุญประจักษ์. (2551). หลักการคณิตศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.
- สาขาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. (ม.ป.). การใช้งานเบื้องต้นโปรแกรมGSP ค่ายวิทยาศาสตร์ มวก ครั้งที่10. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.
- สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2555). พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2555. Retrieved 14 สิงหาคม 2559 <http://www.royin.go.th/dictionary/>
- สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2559). รายงานผลการประเมินคุณภาพผู้เรียนระดับชาติปีการศึกษา2558 Retrieved from <http://bet.obec.go.th/index/?p=4800>
- สิริพร ทิพย์คง. (2545). หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ พว.
- สุนันทา ไสสีทา, เ. ฉ., เจียมศักดิ์ ตีศรีรัตน์.,. (2556). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามขั้นตอนของ van Hiele โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยในการเรียนรู้ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสารศึกษาศาสตร์, 7(1), 217-226.
- สุพัตรา อุดม้ง. (2015). แนวคิดห้องเรียนกลับด้าน : ภาพพื้นที่เป็นจริงในวิชาภาษาไทย. วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 16(1), 51-58.
- เสรี สุขโยธิน. (2555). GSP โปรแกรมคณิตศาสตร์ที่ต้องเรียนรู้. กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : เดอะบุคส์.
- หนังสือราชกิจจานุเบกษา ฉบับกฤษฎีกา. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพ.ศ.2542. Retrieved 24 พฤศจิกายน 2559 <http://www.moe.go.th/main2/plan/p-r-b42-01.htm>
- อนันท์ ฤกษ์ชัยลาม, ห. ภ. (2554). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องเส้นขนาน โดยใช้วิธีสอน ตามแนวคิดของ van Hiele และใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นเครื่องมือประกอบการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 5(2), 166-173.
- อนุวัติ คุณแก้ว. (2558). การวัดผลและประเมินผลการศึกษาแนวใหม่ (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.). เพชรบูรณ์: เพชรบูรณ์ : อ. คุณแก้ว.
- อำนาจ เข็มบ่อคา. (2547). ผลของการใช้โปรแกรม GSP ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องพาราโบลาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. สารนิพนธ์ (กศ.ม. (การมัธยมศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2547.
- อุบลวรรณ ปัญนะ. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคห้องเรียนกลับทางที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง บทประยุกต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยนเรศวร, วารสารสังคมศาสตร์วิชาการ.

เอมอร ฝาสุขพันธ์. (2559). การพัฒนาชุดการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการแปลงทางเรขาคณิตโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่2. วารสารวิชาการ มทร. สุวรรณภูมิ, 4(2).



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายพิพากษา บุญฤทธิ์
วัน เดือน ปี เกิด	9 พฤษภาคม 2534
สถานที่เกิด	สงขลา
วุฒิการศึกษา	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	693/63 ถนน อีสราภพ แขวงท่าพระ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร

