

ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ เรื่องความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ



ปริญญานิพนธ์
ของ
ญาณี แก้วจิ้ง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
สิงหาคม 2560

ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ เรื่องความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์

สิงหาคม 2560

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ เรื่องความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์

สิงหาคม 2560

ญาณี แก้วจิง. (2560). ผลการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง ความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์ แขนงการวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: รองศาสตราจารย์ ดร.องอาจ นัยพัฒน์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กาญจนา ภัทรวิวัฒน์ .

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน โดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) กับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม GSP ก่อนเรียน หลังเรียนทันที และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ และเปรียบเทียบความคงทนในการเรียนรู้ เมื่อวัดหลังเรียนทันทีและหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม GSP และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (p ระหว่าง 0.52–0.62, r ระหว่าง 0.40–0.84, ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.93) และแบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ (p ระหว่าง 0.52–0.66, r ระหว่าง 0.40–0.72, ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.92) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 63 คน สถิติที่ใช้ในการวิจัยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียวแบบวัดซ้ำ ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม GSP กับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}_{adj.1}=21.24$) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{X}_{adj.2}=19.43$) 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนเรียน ($\bar{X}_{adj.}=13.563$) หลังเรียนทันที ($\bar{X}_{adj.}=20.438$) และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ ($\bar{X}_{adj.}=19.844$) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ ส่วนหลังเรียนทันที ($\bar{X}_{adj.}=20.438$) และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ ($\bar{X}_{adj.}=19.844$) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่านักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้

EFFECTS OF THE 5E LEARNING CYCLE MODEL USING THE GEOMETER'S
SKETCHPAD ON LEARNING ACHIEVEMENT AND LEARNING RETENTION OF THE
RELATIONSHIP BETWEEN TWO-DIMENSIONAL AND THREE-DIMENSIONAL
GEOMETRY WITH CONTROLLED SPATIAL ABILITY



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education in Research and Development on Human Potential
at Srinakharinwirot University

August 2017

Yanee Kaewjung. (2017). *Effects of the 5E Learning Cycle Model Using the Geometer's Sketchpad on Learning Achievement and Learning Retention of the Relationship between Two-Dimensional and Three-Dimensional Geometry with Controlled Spatial Ability*. Master's Thesis, M.Ed. (Research and Development on Human Potential: Educational Research and Statistics). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc. Prof. Dr. Ong-art Naiyapat and Assoc. Prof. Dr. Kanchana Pattawiwat.

The purposes of this research were 1) to compare the academic achievement levels of students in and experimental group who were taught by the use of 5E learning cycle model using the Geometer's Sketchpad and conventional teaching methods immediately after class and when spatial abilities are controlled; 2) to compare the academic achievement levels of students who were taught using the 5E learning cycle model using the Geometer's Sketchpad in an after-class test, a before-class test, an after-two-weeks test to determine when spatial ability was controlled. The instrument used in this study were 5E learning cycle model using the Geometer's Sketchpad and conventional teaching method strategies, an academic achievement test (p from 0.52–0.62, r from 0.40–0.84, the reliability of test was 0.93), and academic spatial ability test (p from 0.52–0.66, r from 0.40–0.72, the reliability of the test was 0.92). The samples include sixty three students in the second semester of the 2016 academic year from Uhaiwittayakhom School. The data were analyzed with One-Way Repeated Measures ANCOVA. The results of the study revealed the Following: 1) the academic achievement scores of students who were taught using the 5E learning cycle model using The Geometer's sketchpad ($\bar{X}_{adj,1}=21.24$) and the control group using Traditional Teaching Method ($\bar{X}_{adj,2}=19.43$) were statistically different at a level of .05 and when spatial ability was controlled. The students who were taught using the 5E learning cycle methods had average scores of 21.24; 2) the academic achievement scores of students who were taught using the 5E learning cycle model using the Geometer's Sketchpad after class ($\bar{X}_{adj.}=20.44$) and then two weeks after ($\bar{X}_{adj.}=19.84$) were higher than before the class ($\bar{X}_{adj.}=13.56$) with a statistical significance of .05 in terms of when ability is controlled. The academic achievement scores after class ($\bar{X}_{adj.}=20.438$), and after two weeks after ($\bar{X}_{adj.}=19.844$) has no statistical significance. Which reflected student the retention in learning.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ เรื่องความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ ของ
ญาณี แก้วจิ่ง

ได้รับการอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
วันที่ เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2560

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.องอาจ นัยพัฒน์) (รองศาสตราจารย์ ชูศรี วงศ์รัตนะ)

.....ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ภัทรวิวัฒน์) (รองศาสตราจารย์ ดร.องอาจ นัยพัฒน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ภัทรวิวัฒน์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.พนิดา มารุ่งเรือง)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ท่านรองศาสตราจารย์ ดร.องอาจ นัยพัฒน์ ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ภัทรวิวัฒน์ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้อุทิศเวลาอันมีค่าให้ความรู้ ความเมตตา ความกรุณา ความเสียสละ ความอดทน และความห่วงใยในการให้คำปรึกษาแนะนำข้อเสนอแนะ และคอยดูแลช่วยเหลือให้กำลังใจและเอื้ออาทรเป็นอย่างยิ่ง ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้ได้ปริญญานิพนธ์ที่มีความสมบูรณ์และมีคุณค่ามากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและประทับใจในความกรุณาของท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ชูศรี วงศ์รัตน์และอาจารย์ ดร.พนิดา มารุ่งเรือง ที่ได้ให้ความกรุณาเป็นคณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์และให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์และมีคุณค่ายิ่งต่อการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ เพื่อให้เป็นงานที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้นกับผู้วิจัย

ขอกราบขอบคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันมีคุณค่า ทำให้สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเอง ครอบครัว สังคมและประเทศชาติ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.พนิดา มารุ่งเรือง ดร.ปิยพร ชุมจันทร์ ดร.สุมาลี มีสกุล อาจารย์ณัฐ สิทธิกร นางวรรณ พิมพันธ์ และนางสมสุข โชติพิเชฐ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเครื่องมือในการทำปริญญานิพนธ์ และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยทุกท่านที่ให้คำแนะนำในการติดต่อเอกสารต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบคุณ นายธีรสิทธิ์ สวนนุช นางสาวราพร ภาควรรณ และเพื่อนร่วมรุ่น รุ่นพี่ปริญญานิพนธ์ เอก เพื่อนร่วมงานในโรงเรียนและนอกโรงเรียนทุกท่านที่ให้คำแนะนำ และคอยเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยเสมอมา

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อภักย์-คุณแม่ผาย พรหมผิว ผู้มีพระคุณสูงสุดในชีวิต ครอบครัวญาติพี่น้อง และลูกๆ หลานๆ ที่ให้กำลังใจคอยสนับสนุนให้ผู้วิจัยได้ศึกษาเล่าเรียนจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้ คุณค่าจากปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของบิดา มารดา และครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัย

ญาติ แก้วจิ้ง

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	4
ความสำคัญของการวิจัย	5
ขอบเขตของงานวิจัย	5
ประชากรในการวิจัย	5
กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย	5
ตัวแปรที่ศึกษา	6
นิยามศัพท์เฉพาะ	6
สมมติฐานของงานวิจัย	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน	10
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)	16
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	24
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนในการเรียนรู้	30
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถเชิงปริภูมิ	36
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม	44
3 วิธีดำเนินการวิจัย	47
การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง	47
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	47
การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	48
การเก็บรวบรวมข้อมูล	63
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	66

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	68
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	68
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	70
5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	76
สรุปผลการวิจัย.....	76
อภิปรายผล.....	77
ข้อเสนอแนะ.....	82
บรรณานุกรม.....	83
ภาคผนวก.....	91
ภาคผนวก ก.....	92
ภาคผนวก ข.....	95
ภาคผนวก ค.....	104
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	128

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 กิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน.....	12
2 โครงสร้างหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.....	50
3 โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 รายวิชา ค21102 คณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.....	51
4 ตัวอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP).....	53
5 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ.....	56
6 ตารางวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2559.....	57
7 แบบแผนการทดลองวัดสองกลุ่มแบบวัดซ้ำ (Control-Group Time Series Design)...	63
8 แสดงระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง.....	64
9 ขั้นตอนการดำเนินการทดลองการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)และ ขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้แบบปกติ.....	65
10 ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถเชิงปริภูมิ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่ม ทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อ โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) (n = 32 คน) 5 ขั้นตอน ด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) (n = 32).....	70
11 ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถเชิงปริภูมิ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่ม ควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (n = 31 คน).....	71
12 ตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามและตรวจสอบ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรตาม.....	72
13 ผลการตรวจสอบอิทธิพลของตัวแปรร่วมที่มีต่อคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP).....	73

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมและผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ปรับแก้แล้ว เป็นรายคู่.....	74
15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของ นักเรียนกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนเรียน หลังเรียน และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ ได้รับการสอนโดยการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)	75
16 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ความชัดเจนของคำถาม ความเหมาะสมของตัวเลือกและความสอดคล้องกับเนื้อหา ที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์.....	96
17 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามศัพท์ ความชัดเจน ของคำถาม ความเหมาะสมของตัวเลือกและความสอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการวัด ของแบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ.....	98
18 ผลการวิเคราะห์ความยากง่าย(p) ความยากง่าย (r) และค่าความเชื่อมั่นของ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์.....	100
19 ผลการวิเคราะห์ความยากง่าย(p) ความยากง่าย (r) และค่าความเชื่อมั่นของ แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ ชุดที่ 1 จำนวน 10 ข้อ.....	101
20 ผลการวิเคราะห์ความยากง่าย(p) ความยากง่าย (r) และค่าความเชื่อมั่นของ แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ ชุดที่ 2 จำนวน 10 ข้อ.....	102
21 ผลการวิเคราะห์ความยากง่าย(p) ความยากง่าย (r) และค่าความเชื่อมั่นของ แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ ชุดที่ 3 จำนวน 10 ข้อ.....	103

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	8
2 รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E Learning cycle model).....	10
3 ผังขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน.....	13
4 กราฟฟังก์ชันตรีโกณมิติ.....	18
5 ภาพการออกแบบลายผ้าทอโบราณบ้านโคกหม้อจังหวัดอุทัยธานี.....	19
6 แบบทดสอบวัดความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์แบบหมุนภาพ.....	40
7 แบบทดสอบวัดความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์แบบหมุนภาพ.....	41
8 แบบทดสอบวัดความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์แบบซ้อนภาพ.....	42
9 แบบทดสอบวัดความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์แบบซ้อนคงที่.....	42
10 แบบทดสอบวัดความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์แบบนับลูกบาศก์.....	42

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข(กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 56) คณิตศาสตร์ยังช่วยพัฒนาให้แต่ละบุคคลเป็นคนที่สมบูรณ์เป็นพลเมืองดี จะเห็นได้ว่าคณิตศาสตร์ตอบสนองคำถามของมนุษย์ มนุษย์สร้างสัญลักษณ์แทนความคิด และสร้างกฎในการนำสัญลักษณ์มาใช้ เพื่อสื่อความหมายให้เข้าใจตรงกัน การคิดทางคณิตศาสตร์ต้องมีแบบแผน มีรูปแบบ ทุกขั้นตอนจะตอบได้และจำแนกออกมาให้เห็นจริง คณิตศาสตร์ยังเป็นศิลปะอย่างหนึ่งเช่นเดียวกับศิลปะอื่นๆ ความงามทางคณิตศาสตร์คือความมีระเบียบ กลมกลืน นักคณิตศาสตร์จึงแสดงความคิดใหม่ๆ และแสดงโครงสร้างใหม่ทางคณิตศาสตร์ออกมา (สิริพร ทิพย์คง. 2545: 1; ยุพิน พิพิธกุล. 2545: 1-2)

แม้ว่าคณิตศาสตร์จะมีความสำคัญต่อการพัฒนานักเรียนในด้านต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ของประเทศในปัจจุบัน ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ดังจะเห็นได้จากการประเมินผลการจัดการศึกษาขององค์การความร่วมมือและพัฒนามหาสมุทร (OECD) ปี พ.ศ. 2558 ภายใต้โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA 2015 มีประเทศเข้าร่วมการทดสอบ 70 ประเทศและกลุ่มเศรษฐกิจ เป็นการทดสอบวิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ในเด็กอายุ 15 ปี ที่สุ่มตัวอย่างมา 540,000 คน วิชาคณิตศาสตร์ ประเทศไทยได้ 415 คะแนน จากคะแนนเฉลี่ย OECD 490 คะแนน เทียบกับคะแนน PISA 2012 คะแนนลดลง 12 คะแนน จากเดิม 427 คะแนน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาของ TIMSS 2015 หรือ Trends in International Mathematics and Science Study 2015 โครงการของสมาคมนานาชาติ มีประเทศที่เข้าร่วมทั้งหมด 39 ประเทศ และรัฐที่เข้าร่วมเปรียบเทียบ 7 รัฐ ในประเทศไทยได้เก็บข้อมูลเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2558 จากนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้น ม.2 จำนวน 6,482 คน ใน 204 โรงเรียน ของทุกสังกัด พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ 431 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนมาตรฐานที่เท่ากับ 500 คะแนน เมื่อเทียบกับนานาชาติ ประเทศไทยจัดอยู่ในลำดับที่ 27 ของประเทศที่เข้าร่วมการประเมินทั้งหมด 39 ประเทศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2559: ออนไลน์) ซึ่งสะท้อนว่าเด็กไทยมีความรู้และทักษะที่จำเป็นไม่เพียงพอจะเป็นรากฐานในการปรับตัวให้เข้ากับโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ และจากผลการสอบระดับชาติ (O-net) ในระดับประเทศรายวิชาคณิตศาสตร์ของ

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2554–2558 พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนระดับประเทศเท่ากับ 32.08, 26.95, 24.45, 29.65 และ 32.65 ตามลำดับซึ่งอยู่ในระดับต่ำมากเช่นเดียวกัน

สำหรับผลการสอบระดับชาติ (O-net) ในรายวิชาคณิตศาสตร์โรงเรียนนุทยวิทยาคม ปีการศึกษา 2554-2558 คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 33.15, 28.15, 26.89, 31.42 และ 36.52 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาระดับคะแนนเฉลี่ยของโรงเรียนนุทยวิทยาคมนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยซึ่งสูงกว่าระดับประเทศ แต่ยังคงอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และพิจารณาระดับคะแนนรายสาระพบว่า สาระการเรียนรู้ที่คะแนนต่ำที่สุด โรงเรียนควรเร่งพัฒนา เนื่องจากคะแนนเฉลี่ยของโรงเรียนต่ำกว่าคะแนนระดับประเทศคือ สาระเรขาคณิต (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. ออนไลน์) จากสภาพดังกล่าว สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนโรงเรียนนุทยวิทยาคมประสบปัญหาการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะสาระการเรียนรู้เรขาคณิตซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนุทยวิทยาคม พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำที่สุด

เรื่อง ความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ซึ่งอยู่ในสาระเรขาคณิตเช่นกัน

เรขาคณิตเป็นวิชาที่มีความสำคัญในคณิตศาสตร์ เพราะมีลักษณะที่เป็นระบบคณิตศาสตร์อย่างชัดเจน การเรียนเรขาคณิตจึงฝึกให้มีเหตุผลมากกว่าจะเชื่อโชคลางหรือเดาสุ่ม อีกทั้งเรขาคณิตยังเป็นพื้นฐานสำหรับการนำไปใช้ ทั้งด้านเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ กลศาสตร์ แสง เสียง และวิศวกรรมศาสตร์ การออกแบบทั้งด้านสัญลักษณ์และเครื่องกล การสำรวจ สถาปัตยกรรม ช่างไม้ ช่างตัดเสื้อการเดินเรือซึ่งต้องอาศัยการมองเห็นความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิตต่าง ๆ (สมวงศ์ แปลงประสพโชค. 2551) สาระเรขาคณิตได้มีการกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนไว้ 2 มาตรฐานดังนี้ มาตรฐาน ค 3.1 และวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ และมาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึกภาพ (Visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (Spatial Reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (Geometric Model)

ในการแก้ปัญหา (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 2)

เรขาคณิตมีความสัมพันธ์กับปริภูมิ (Spatial) ความรู้สึกเชิงปริภูมิ (Spatial sense) และความสามารถเชิงปริภูมิ (Spatial Ability) โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถเชิงปริภูมิ ดังที่ ชอร์ (จิตรรัตน์ ลือโลก. 2554: 2; อ้างอิงจาก Show. 1990) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการพัฒนาความรู้สึกเชิงปริภูมิ และความสามารถเชิงปริภูมิ ว่ามีประโยชน์อย่างมาก เพราะเกี่ยวข้องกับโลกแห่งความเป็นจริง และการปรับตัวของผู้คน ถ้าปราศจากความรู้สึกเชิงปริภูมิและคำศัพท์ที่จะใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่างๆ แล้ว จะไม่สามารถสื่อสารเกี่ยวกับตำแหน่งใดๆ จะไม่สามารถเขียนรูปใหม่ที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปเดิม เมื่อมีการแบ่งรูปนั้นออกเป็นส่วนย่อยๆ เชื่อมรูปนั้นกับรูปอื่นเข้าด้วยกันหรือเคลื่อนรูปนั้นในปริภูมิ จะเป็นตัวขัดขวางความสามารถในการวิเคราะห์รูป และความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบรูป นอกจากนี้ความสามารถเชิงปริภูมิเป็นการประสานงานของการมองเห็นภาพ และการทำงานของสมองอย่างเป็นระบบ ทำให้เรารับรู้โลกแห่ง

การมองเห็น และเรียนรู้ความหมายที่รับรู้เป็นสิ่งเปรียบเทียบไปใช้งานต่อไปอย่างถูกต้องแม่นยำ เราสามารถเคลื่อนไหว หมุน พลิกรูป ขยาย ย่อรูปในมโนภาพได้ ทั้งยังสร้างภาพจากประสบการณ์เดิม ขึ้นมาได้ โดยไม่ต้องใช้สื่อชักนำ (พิชากรแปลงประสพโชค. 2543)

กระบวนการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E Learning cycle model) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สร้างความรู้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดความเข้าใจ และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ สร้างชิ้นงานเพื่อนำไปบริการสังคมได้ แนวการสอนที่นิยมใช้และใช้อย่างง่าย ๆ คือ รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ซึ่งพัฒนามาจากวิธีการสอนสืบสอบ (inquiry teaching method) เป็นวิธีที่อยู่บนฐานทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theory) รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้รับการพัฒนาให้มีความง่ายมากขึ้น สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนสอนได้ทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้ เรียกว่ากระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5 STEPs) ซึ่งทั้งสองแนวการสอนมีความคล้ายกัน (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2557: 69–70)

โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) เป็นสื่อเทคโนโลยีที่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะของการนึกภาพ (Visualization) ทักษะของกระบวนการแก้ปัญหา (Problem Solving Skills) นักเรียนสามารถใช้แสวงหาความรู้ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นอกจากนี้การใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นการบูรณาการเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางคณิตศาสตร์ และทักษะด้านเทคโนโลยีเข้าด้วยกัน ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสพัฒนาพหุปัญญา อันได้แก่ ปัญญาทางภาษา ด้านตรรกศาสตร์ ด้านมิติสัมพันธ์ และด้านศิลปะ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546: 26-27) โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) จึงเป็นโปรแกรมหนึ่งที่ครูสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือปรับเปลี่ยนวิธีสอนได้ดี ช่วยในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) สามารถนำเสนอภาพเคลื่อนไหว (Animation) มาใช้อธิบายเนื้อหายากๆ ให้เกิดความเข้าใจได้ง่ายขึ้นตลอดจนเน้นให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติ และสามารถใช้แสวงหาความรู้ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้จากกิจกรรมที่ครูสร้างขึ้น สำหรับนำไปใช้ในการสร้างสรรค์ การสำรวจสร้างองค์ความรู้ และการวิเคราะห์เนื้อหาต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการสอนแบบ 5E ของธนิตพงษ์ ธีระธนโรจน์ (2553: 84–85), ศิริภรณ์ ตันนะลา (2554: 98-99), พิมพ์สิริ แก้วสีหา (2554: 96–97), พิชานิกา เพชรสังข์ (2557: 128–129) และศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ของฎีกา สุภาลัย. (2550: 50-70), อรสา ยั่งยืน (2551: 145), มัลลิกา ฝาจันทร์ (2553: 78) พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบ 5E และการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติ เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนแบบ 5E เป็นการจัดการเรียนที่เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีส่วนร่วมลงมือ

ปฏิบัติการกิจกรรมในการสืบเสาะหาความรู้ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งมีแนวทางที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)

จากข้อมูลทีกล่าวนำข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง ความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ เมื่อปรับอิทธิพลความสามารถเชิงปริภูมิ มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้วิจัย โดยเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีตัวแปรอิสระคือวิธีการจัดการเรียนรู้ ตัวแปรตาม คือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้ โดยมีความสามารถเชิงปริภูมิเป็นตัวแปรร่วม ซึ่งไม่สามารถควบคุมตัวแปรร่วมเกี่ยวกับผู้เรียนได้ ผู้วิจัยใช้สถิติในการวิจัยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance : ANCOVA) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-Way Repeated Measures ANCOVA) เป็นวิธีทางสถิติที่ใช้จัดตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมโดยวิธีการทดลองได้ ตัวแปรพวกนี้มักจะมีในกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา เช่น ความรู้พื้นฐานเดิม สถิติปัญญาของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนไม่เท่ากันในกลุ่มตัวอย่างที่นำมาทดลองในการทำวิจัย ซึ่งมักจะเกิดจากการดึงกลุ่มตัวอย่างมาทำการศึกษาด้วยวิธีการ (treatment) ต่างๆ โดยไม่ได้ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างมา หรือสุ่มมาโดยใช้หน่วยของกลุ่มตัวอย่าง (sample unit) เป็นหน่วยใหญ่ เช่น หน่วยเป็นห้องเรียน ซึ่งแต่ละห้องเรียนที่สุ่มมานั้น มีความสามารถในแต่ละห้องไม่เท่ากันแล้วสุ่มมาห้องเรียนหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง และอีกห้องเรียนหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม มาทำการทดลองด้วยวิธีการต่างๆ กัน การวิจัยในลักษณะนี้มักจะเป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งไม่ได้ใช้วิธีการทดลองควบคุมตัวแปรที่ไม่ต้องการได้ จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการทางสถิติ คือ วิธีการการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมมาควบคุมตัวแปรที่ไม่ต้องการแทนโดยวิธีจัดตัวแปรนั้นออกไป (ล้วน สายยศ; อังคณา สายยศ 2538: 144-145) โดยผู้วิจัยใช้ความสามารถเชิงปริภูมิเป็นตัวแปรร่วม ซึ่งมีความสัมพันธ์สูงกับตัวแปรตาม และมีการวัดซ้ำเพื่อหาความคงทนในการเรียนรู้ เพื่อให้ผลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นผลที่เกิดจากการจัดกระทำจาก (treatment) เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น นำผลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าไปปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ของครู และนักเรียนให้มีประสิทธิภาพต่อไป

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน โดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) กับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ

2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ก่อนเรียน หลังเรียนทันที และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ และเปรียบเทียบความคงทนในการเรียนรู้ เมื่อวัดหลังเรียนทันทีและหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์

ความสำคัญของงานวิจัย

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ให้แก่นักเรียนได้ใช้กระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์และส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ สร้างความองค์รู้ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ นำไปพัฒนาผู้เรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น นักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้ และเป็นแนวทางสำหรับหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์และผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมครูผู้สอนให้ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) เพื่อนำไปพัฒนาจัดการเรียนการสอนของครูและพัฒนาผู้เรียนให้มีความสนใจใฝ่เรียนรู้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนนุทยวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี จำนวน 391 คน

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนุทยวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ห้องเรียนแต่ละห้องเป็นหน่วยตัวอย่าง (Sampling unit) และสุ่มกำหนดกลุ่มที่จะจัดกระทำ (Random treatment) จำนวน 2 ห้องเรียน จากจำนวน 10 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 63 คน ห้องเรียนแรก จำนวน 32 คน เป็นกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม GSP ส่วนอีกห้องเรียน จำนวน 31 คน เป็นกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) แบ่งเป็นดังนี้

1.1 วิธีการจัดการเรียนรู้ แบ่งเป็น

1.1.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อ

โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)

1.1.2 การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2 ความคงทนในการเรียนรู้

3. ตัวแปรร่วม คือ ความสามารถเชิงปริภูมิ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ในการจัดการเรียนรู้ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation) โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มทดลอง ในรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เล่ม 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ จำนวนทั้งสิ้น 4 แผนการจัดการเรียนรู้

2. การจัดการเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยมีขั้นตอนการเรียนรู้ 4 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นการนำเข้าสู่บทเรียน 2) ขั้นการสอน 3) ขั้นการสรุปบทเรียน 4) ขั้นการวัดและประเมินผล โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามหนังสือเรียน รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดำเนินการกับกลุ่มควบคุม จำนวนทั้งสิ้น 4 แผนการจัดการเรียนรู้

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถของนักเรียนด้านสติปัญญาอันเป็นผลมาจากการเรียน เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ วิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เล่ม 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยวัดได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้วัดก่อนเรียน หลังเรียนทันที และหลังเรียนไปแล้ว 2 สัปดาห์

4. ความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการจดจำความรู้หรือการระลึกได้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เล่ม 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้เรียนไปแล้ว วัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คณิตศาสตร์ โดยดำเนินการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนทันที กับ หลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์

5. ความสามารถเชิงปริภูมิ หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียนแต่ละคนที่สามารถมองเห็นภาพความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ รูปภาพ รูปทรง ระยะใกล้-ระยะไกล บน-ล่าง ซ้าย-ขวา หรือมุมที่แตกต่างกัน รวมถึงการรับรู้ การจำแนกตำแหน่งที่ตั้ง หรือการมองประกอบรูปร่างในมิติต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทั้งที่สามารถมองเห็นหรือมองไม่เห็น และความสัมพันธ์ที่มีมโนภาพในการมองเห็นรูปทรง เมื่อมีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนตำแหน่งหรือมีการแปลงสภาพไปซ้อนทับกัน หรือซ้อนอยู่ภายใน วัดได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบบทดสอบฉบับนี้มีจำนวน 30 ข้อ แบ่งเป็น 3 ชุด ชุดละ 10 ข้อ ได้แก่ ชุดที่ 1 แบบหมุนภาพ ชุดที่ 2 แบบซ้อนภาพ และชุดที่ 3 แบบนับลูกบาศก์ ดำเนินการวัดก่อนเรียน

สมมติฐานในการวิจัย

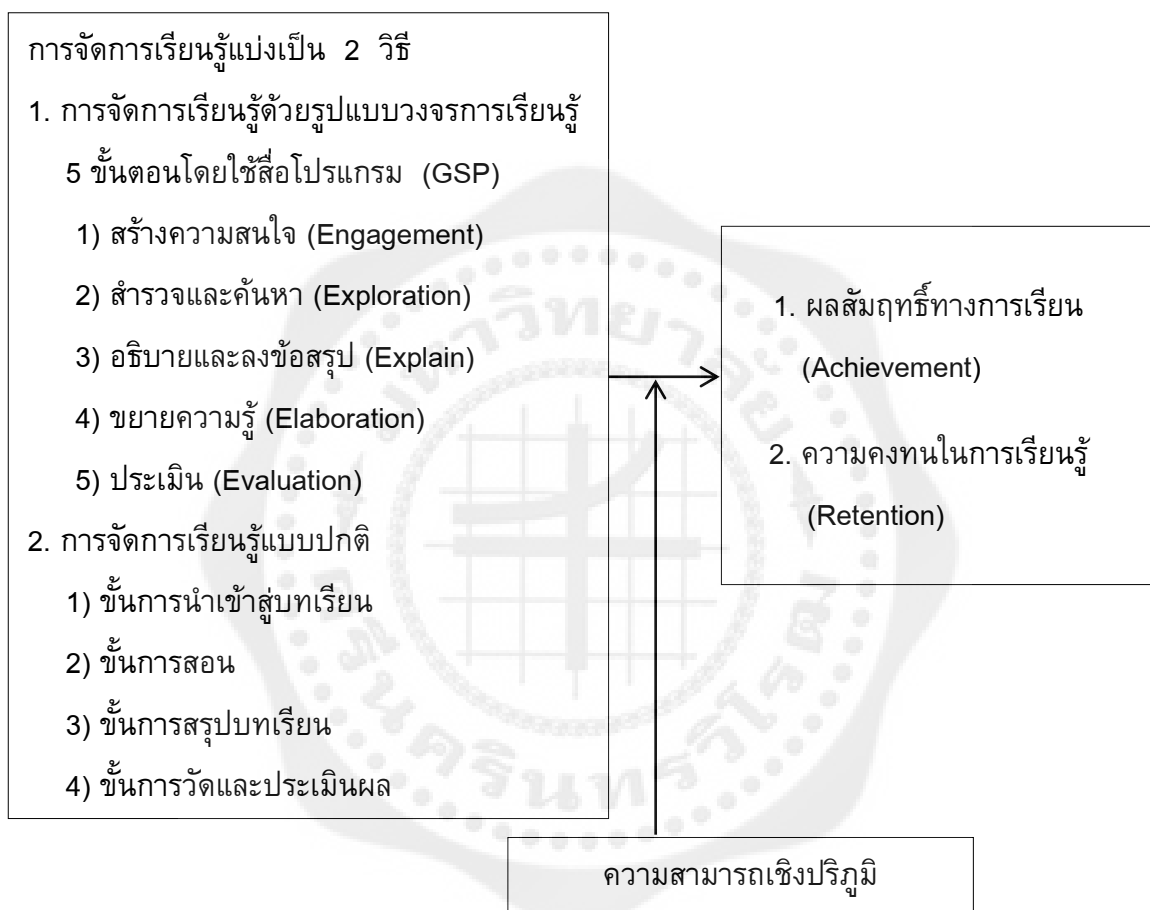
1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) เมื่อวัดคะแนนหลังเรียนทันทีที่มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ก่อนเรียนหลังเรียนทันที และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ และมีความคงทนในการเรียนรู้ เมื่อวัดหลังเรียนทันทีและหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เป็นวิธีสอนที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้มีการสืบเสาะความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งมีความสอดคล้องกับวิธีสอนด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ซึ่งเป็นที่นิยมนำมาจัดการเรียนการสอนอย่างแพร่หลายมาก โปรแกรม (GSP) สามารถสร้างรูป ตรวจสอบและแสดงการหมุนของภาพที่สร้างขึ้นในลักษณะต่างๆ ให้ปรากฏบนหน้าจอได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว นำมาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้ ช่วยให้นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ สร้างข้อคาดการณ์ และตรวจสอบข้อคาดการณ์ได้ รวมทั้งสามารถทำให้มองเห็นความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตที่เป็นรูปธรรมชัดเจนยิ่งขึ้น ช่วยผู้เรียนสามารถจดจำบทเรียนได้คงทนมากยิ่งขึ้น ความสามารถเชิงปริภูมิเป็นความสามารถทางสมองที่ติดตัวเด็กแต่ละคนมาซึ่งมีผลต่อการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ความสามารถเชิงปริภูมิเป็นตัวแปรร่วมที่ไม่สามารถ

ควบคุมได้ จึงทำให้ผลการวิจัยคลาดเคลื่อนได้ เพื่อให้การวิเคราะห์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น จึงต้องอาศัยตัวแปรร่วมมาเป็นตัวปรับในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และวัดความคงในการเรียนรู้ของนักเรียนโดยมีความสามารถเชิงปริภูมิเป็นตัวแปรร่วม ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

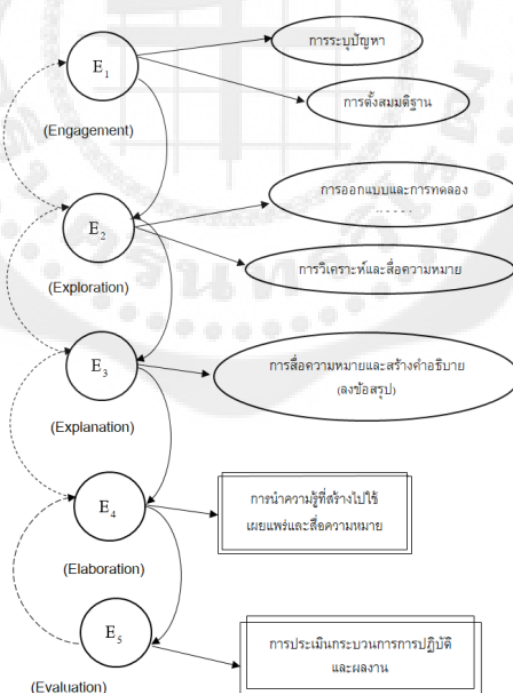
1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน
 - 1.1 รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E Learning cycle model)
 - 1.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน
 - 1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)
 - 2.1 ความเป็นมาของโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)
 - 2.2 ความสำคัญของการนำโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์
 - 2.3 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์
 - 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
 - 3.2 องค์ประกอบที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนในการเรียนรู้
 - 4.1 ความหมายของความคงทนในการเรียนรู้
 - 4.2 ความหมายของความจำ
 - 4.3 ระบบความจำ
 - 4.4 ขั้นตอนกระบวนการจำ
 - 4.5 สภาพที่ช่วยให้เกิดความคงทนในการจำ
 - 4.6 การวัดความคงทนในการเรียนรู้
 - 4.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนในการเรียนรู้
5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถเชิงปริภูมิ
 - 5.1 ความหมายของความสามารถเชิงปริภูมิ
 - 5.2 ความสำคัญของความสามารถเชิงปริภูมิ
 - 5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถเชิงปริภูมิ

6. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม
 - 6.1 หลักการของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม
 - 6.2 เงื่อนไขของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม
 - 6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกับรูปแบบการเรียนการสอนแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน

รูปแบบการเรียนการสอน คือรูปแบบการดำเนินการสอนที่ได้รับการจัดเป็นระบบ อย่างสัมพันธ์สอดคล้องกับทฤษฎีหรือหลักการเรียนรู้ หรือการสอนที่รูปแบบนั้นยึดถือ และได้รับการพิสูจน์ทดสอบว่ามีประสิทธิภาพสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายของรูปแบบนั้นๆ โดยทั่วไปแบบแผนการดำเนินการสอนดังกล่าวมักประกอบด้วย ทฤษฎี หลักการที่รูปแบบนั้นยึดถือ และกระบวนการที่มีลักษณะเฉพาะอันจะนำผู้เรียนไปสู่จุดมุ่งหมายเฉพาะรูปแบบนั้นกำหนด ซึ่งผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นแบบแผน หรือแบบอย่างในการจัดและดำเนินการสอนอื่นๆ ที่มีจุดมุ่งหมายเฉพาะเช่นเดียวกันได้ (ทิตนา แคมมณี. 2556: 447)

1.1 รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E Learning cycle model) มีขั้นตอนดังนี้



ภาพประกอบ 2 รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E Learning cycle model)

ที่มา: พิมพ์ เตชะคุปต์. (2557: 68). สอนเขียนแผนบูรณาการบนฐานเด็กเป็นสำคัญ.

1.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน

(5E Learning cycle model)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550: 5-8) ได้นำเสนอขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ในการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนในการเรียนการสอนแบบ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) เป็นการแนะนำบทเรียนกิจกรรมจะประกอบไปด้วยการซักถามปัญหาการทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมายที่ต้องการ

2. การสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวคิดที่มีอยู่แล้วมาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังจะเรียนให้เข้าเป็นหมวดหมู่ ถ้าเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง การสำรวจ ด้วยสืบค้นด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเทคนิคและความรู้ทางการปฏิบัติจะดำเนินไปด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยมีครูเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำหรือผู้เริ่มต้น ในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถหาจุดเริ่มต้นได้

3. การอธิบาย (Explanation) ในขั้นตอนนี้กิจกรรมหรือกระบวนการเรียนรู้จะมีการนำความรู้ที่รวบรวมมาแล้วในขั้นที่ 2 มาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาหัวข้อหรือแนวคิดที่กำลังศึกษาอยู่ กิจกรรมอาจประกอบไปด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งความรู้ต่างๆ และนำข้อมูลมาอภิปราย

4. การลงข้อสรุป (Elaboration) ในขั้นตอนนี้จะเน้นให้นักเรียนได้นำความรู้หรือ ข้อมูลจากขั้นที่ผ่านมาแล้ว ขั้นที่ 2 และ ขั้นที่ 3 มาใช้ กิจกรรมส่วนใหญ่อาจเป็นการอภิปรายภายใน กลุ่มตนเอง เพื่อลงข้อสรุปที่แสดงถึงความเข้าใจ ใช้ทักษะกระบวนการและความสัมพันธ์ระหว่าง ความรู้ต่างๆ ที่เกิดขึ้น จะช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสปรับแนวความคิดหลักของตนเองในกรณีที่ ไม่สอดคล้องหรือคาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง

5. การประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นสุดท้ายของการเรียนรู้ในขั้นนี้ครูเปิด โอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบแนวความคิดหลักที่ตนเองได้เรียนรู้มาแล้ว โดยประเมินตนเองถึงแนวความคิดที่ได้สรุปในขั้นที่ 4 ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากเพียงใด และมีการยอมรับมากน้อยเพียงใด ข้อสรุปที่ได้จะนำไปเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไป ทั้งนี้จะรวมทั้งการประเมินของครู ต่อจากการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย

Bybee และคณะ (Bybee RW; et al. 2006: 2) ได้นำเสนอการเรียนรู้แบบ 5E ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ผ่านกิจกรรมสั้นๆ และการล้วงความรู้เดิมเพื่อต้องการให้นักเรียนเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับปัจจุบัน

2. ขั้นสำรวจค้นคว้า (Exploration) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการสร้างองค์ความรู้ใหม่โดยใช้ความรู้เดิม ผ่านการวางแผน ตรวจสอบปัญหา ดำเนินการสำรวจตรวจสอบ สืบค้น รวบรวมข้อมูล และลงมือปฏิบัติ

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่ให้โอกาสนักเรียนได้แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับ ความคิดรวบยอด ทักษะกระบวนการ และการปฏิบัติ และเป็นขั้นตอนที่เปิดโอกาสให้ครูแนะนำความคิดรวบยอด ทักษะกระบวนการและการปฏิบัติเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นในการกระตุ้นและขยายความเข้าใจเกี่ยวกับ ความคิดรวบยอดและทักษะผ่านประสบการณ์ใหม่ ให้นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจให้ลึกและกว้างขึ้น

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้ประเมินความเข้าใจและความสามารถของตนเอง และครูได้ประเมินความก้าวหน้าของนักเรียนตามวัตถุประสงค์ของการเรียน

พิมพันธ์ เตชะคุปต์ (2557) ได้กล่าวถึงรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E Learning cycle model) พัฒนามาจากวิธีการสอบสืบสอบ เป็นวิธีที่อยู่บนฐานทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ มีขั้นตอนของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E Learning cycle model) ดังนี้

ตาราง 1 กิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน

ขั้นตอนของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน	กิจกรรมของนักเรียนในแต่ละขั้นตอน
1.E ₁ : Engagement (ขั้นสร้างความสนใจ)	1.1 สังเกตสิ่งเร้าเพื่อเกิดความสงสัย 1.2 ตั้งคำถามสำคัญ/คำถามหลัก 1.3 คาดคะเนคำตอบ/ตั้งสมมติฐาน
2. E ₂ : Exploration (ขั้นสำรวจและค้นหา)	2.1 วางแผนเพื่อรวบรวมข้อมูล 2.2 รวบรวมข้อมูลทั้งหมดด้วยการทดลองหรือวิธีเก็บข้อมูลต่าง 2.3 วิเคราะห์และสื่อความหมายข้อมูล
3. E ₃ : Explanation (ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป)	3.1 อภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบายด้วยตัวนักเรียนเอง 3.2 เชื่อมโยงสู่คำอธิบายที่ถูกต้องโดยครู
4. E ₄ : Elaboration (ขั้นขยายความรู้)	4.1 นำความรู้ไปใช้หรือประยุกต์ความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ 4.2 สร้างผลงานหรือภาระงานเพื่อบริการสังคม
5. E ₅ : Evaluation (ขั้นประเมิน)	5.1 ประเมินข้อดี ข้อบกพร่อง สิ่งสงสัย ในขั้น E ₁ E ₂ E ₃ และ E ₄

ที่มา: พิมพันธ์ เตชะคุปต์. (2557: 69). *สอนเขียนแผนบูรณาการบนฐานเด็กเป็นสำคัญ*.

รูปแบบการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้พัฒนาให้มีความง่ายมากขึ้นสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้ เรียกว่า กระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5 STEPS) ซึ่งทั้งสองแนวทางมีความคล้ายกัน ขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เป็นดังนี้

1. ระบุคำถาม 1.1 สังเกตสิ่งเร้าเพื่อเกิดความสงสัย 1.2 ตั้งคำถามสำคัญ/คำถามหลัก 1.3 คาดคะเนคำตอบ/ตั้งสมมติฐาน
2. แสวงหาสารสนเทศ 2.1 วางแผนเพื่อรวบรวมข้อมูล 2.2 รวบรวมข้อมูลทั้งหมดด้วยการทดลอง หรือวิธีเก็บข้อมูลต่าง 2.3 วิเคราะห์และสื่อความหมายข้อมูล
3. สร้างองค์ความรู้ 3.1 อภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบายด้วยตัวนักเรียนเอง 3.2 เชื่อมโยงสู่คำอธิบายที่ถูกต้องโดยครู
4. สื่อสาร 4.1 เขียนเพื่อเสนอความรู้ที่ได้จากการสร้างด้วยตนเอง 4.2 นำเสนอด้วยวาจาหน้าชั้นเรียน หรือในสถานที่ต่างๆ
5. ตอบแทนสังคม 5.1 นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ 5.2 สร้างผลงานหรือภาระงานเพื่อบริการสังคม

ภาพประกอบ 3 ผังขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน

ที่มา: พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์. (2557: 70). *สอนเขียนแผนบูรณาการบนฐานเด็กเป็นสำคัญ*.

จากขั้นตอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนข้างต้นสรุปได้ว่า ในจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน จะต้องมียุทธศาสตร์ที่ทำให้เกิดการสืบเสาะหาความรู้ ต้องค้นหาวิธีแก้ปัญหา มีการสำรวจข้อมูล การหาข้อสรุปนั้นเป็นความรู้ใหม่ด้วยตนเอง และการนำความรู้ไปใช้ ผู้วิจัยได้นำเสนอการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ของพิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ เป็นแนวทางการกำหนดกิจกรรมในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ร่วมกับโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 1 ในการเรียนการสอนแต่ละครั้ง หรือแต่ละแนวคิดจะเริ่มต้นจากขั้นสร้างความสนใจ และจบลงด้วยการประเมินผลที่ได้นำไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนการสอนครั้งต่อไป

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอนแบบวงจรการเรียนรู้

5 ขั้นตอน

งานวิจัยในประเทศ

ธนิตพงษ์ วีระธนโรจน์ (2553: 84–85) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E พบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก

ศิริภรณ์ ดันนะลา (2554: 98-99) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการพัฒนา กิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) สรุปผลได้ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ ช่วยพัฒนาผู้เรียนในด้านการสังเกตและกระตุ้นความสนใจนักเรียนเพื่อที่จะเรียนในเนื้อหาที่ครูจะสอนในแต่ละชั่วโมง ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา ช่วยพัฒนาผู้เรียนในด้านการคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่างๆ ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นขั้นเริ่มต้นของการแก้ปัญหาช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนคิดถึงเกี่ยวกับปัญหา และตัดสินใจว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการค้นหา อาจใช้วิธีต่างๆช่วยในการทำ ความเข้าใจปัญหา เช่น การเขียนรูป การเขียนแผนภูมิ หรือการเขียนสาระของปัญหาลงด้วยถ้อยคำของตนเองก็ได้ 2) ขั้นวางแผนแก้ปัญหาขั้นตอนนี้ช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและตัวไม่รู้ค่า แล้วนำความสัมพันธ์นั้นมาผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหาและทำสุดเลือกยุทธวิธีที่จะนำมาใช้แก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการตามแผน ขั้นตอนนี้ช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนที่วางไว้โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียดต่างๆของแผนให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้ 4) ขั้นตรวจสอบผล ขั้นตอนนี้ช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา โดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และยุทธวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปช่วยพัฒนาผู้เรียนในการตั้งคำถาม การคิดการแสดงออกสามารถเชื่อมโยงเป็นกระบวนการเดียวกันได้ แต่ในขั้นนี้ นักเรียนจะต้องใช้ความละเอียดมากขึ้นในการสังเกต เพื่อที่จะสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของ

สถานการณ์ที่เป็นปัญหาที่เผชิญอยู่ไปสู่การแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ทำได้และจะพัฒนาดีขึ้นเมื่อได้เรียนผ่านไปหลาย แผนการจัดการเรียนรู้ ชั้นที่ 4 ขยายความรู้ช่วยพัฒนาผู้เรียนในด้านการแสดงความคิดเห็นการอภิปราย การลงข้อสรุป การนำเสนอข้อมูล และช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกการยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นด้วย ในขั้นนี้เป็นขั้นที่ทำได้ยาก ดังนั้นครูจะต้องคอยกระตุ้นชี้แนะแนวทางและนักเรียนสามารถทำได้เมื่อได้เรียนผ่านไปหลายแผนการสอน ชั้นที่ 5 ขึ้นประเมินผล ช่วยพัฒนาผู้เรียนในด้านกระบวนการคิดหาเหตุผล การแสดงความคิดเห็น การวิเคราะห์ข้อมูล การลงข้อสรุป ในขั้นตอนนี้ทุกคนร่วมกันอภิปราย เสนอแนวคิดของตนเองมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนภายในชั้นเรียนและร่วมกับผู้วิจัย 2) การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การสอนรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) พบว่าจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีทั้งหมด 18 คน คิดเป็นร้อยละ 78.26 ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ร้อยละ 70 3) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้ ด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) พบว่า นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีทั้งหมด 17 คน คิดเป็นร้อยละ 73.91 ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 70

พิมสิริ แก้วสีหา (2554: 96–97) ได้ศึกษากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่เน้นทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่องความน่าจะเป็น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า 1) การศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) พบว่า นักเรียนจำนวนร้อยละ 80.5 ได้คะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป 2) การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) พบว่า นักเรียนจำนวนร้อยละ 90.24 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตั้งแต่ ร้อยละ 70 ขึ้นไป

พีชาณิกา เพชรสังห์ (2557: 128–129) ได้ศึกษาการวิจัยเรื่องผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยรูปแบบการเรียนการสอน 5E ร่วมกับคำถามปลายเปิดที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 5E ร่วมกับ คำถามปลายเปิดมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ ระดับ .05 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 5E ร่วมกับ คำถามปลายเปิดมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัด กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 5E ร่วมกับ คำถามปลายเปิดมีความสามารถใน

การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ ระดับ .05 4) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 5E ร่วมกับคำถามปลายเปิดมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 5) ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 5E ร่วมกับคำถามปลายเปิดมีพัฒนาการดีขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นพบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล ซึ่งช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ และสามารถพัฒนานักเรียนได้อย่างเต็มศักยภาพ นักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเอง มีความพึงพอใจในการเรียนรู้ มีทักษะการคิดวิเคราะห์ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2553: 2-9) ได้อธิบายถึงความเป็นมาของโปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) ความสำคัญของการนำโปรแกรมมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ดังนี้

2.1 ความเป็นมาของโปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP)

โปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) เป็นโปรแกรมคณิตศาสตร์ที่ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพโปรแกรมหนึ่งสามารถนำไปใช้ในวิชาคณิตศาสตร์ได้หลายวิชา เช่น วิชาเรขาคณิต พีชคณิต ตรีโกณมิติ และแคลคูลัส โปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) เป็นสื่อเทคโนโลยีที่ช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสรียนคณิตศาสตร์โดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist Approach) และเป็นการเรียนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (Learner- centered Learning) โปรแกรม GSP เป็นสื่อที่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะของการนึกภาพ (Visualization) ทักษะของกระบวนการแก้ปัญหา (Problem Solving Skills) นอกจากนี้การใช้โปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นการบูรณาการสาระที่เกี่ยวข้องกับความรู้คณิตศาสตร์และทักษะด้านเทคโนโลยีเข้าด้วยกันทำให้ผู้เรียนมีโอกาสพัฒนาหุปัญญา อันได้แก่ ปัญญาทางภาษา ด้านตรรกศาสตร์ ด้านมิติสัมพันธ์ และด้านศิลปะโปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) มีการใช้อย่างแพร่หลายกว่า 50 ประเทศเช่น สิงคโปร์ มาเลเซีย ญี่ปุ่น จีน อังกฤษ อเมริกาเป็นต้นนอกจากนี้ได้มีการแปลซอฟต์แวร์โปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) เป็นภาษาต่างๆ ถึง 14 ภาษา ได้แก่ ฝรั่งเศส

สเปน เดนมาร์ก เกาหลี ญี่ปุ่น รัสเซีย นอร์เวย์ ฟินแลนด์ อาหรับ เซโก เปรู เยอรมัน จีน และ อังกฤษ

2.2 ความสำคัญของการนำโปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนปัจจุบันให้สอดคล้องกับแนวทางปฏิรูปการศึกษาของประเทศที่ประสงค์ให้ครูคณิตศาสตร์ทั่วประเทศได้ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศช่วยในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนนั้นเป็นปัญหาใหญ่ของครูคณิตศาสตร์ที่มีความรู้ความสามารถในการสอนคณิตศาสตร์ และเชี่ยวชาญในเนื้อหา แต่ยังไม่มีความคิดว่าจะต้องดำเนินการอย่างไรกับเทคโนโลยีหรือคอมพิวเตอร์ด้วยธรรมชาติวิชาที่แตกต่างไปจากวิชาอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นวิชาที่มีเนื้อหาที่เป็นนามธรรมสูง ตัวอย่างแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ที่ให้ความรู้ถึงบทบาทของตนบทบาทของนักเรียนในชั้นเรียน ในการใช้เทคโนโลยีจึงเป็นความจำเป็นสูงในช่วงการเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวของครูคณิตศาสตร์จึงได้จัดซื้อลิขสิทธิ์โปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) และแปลโปรแกรมดังกล่าวเป็นภาษาไทย เพื่อให้ครูและนักเรียนสามารถใช้โปรแกรมในการเรียนรู้และการสอนได้ง่ายและสะดวกขึ้น นอกจากนี้ยังได้เปิดการอบรมเชิงปฏิบัติการให้ครูคณิตศาสตร์สามารถใช้โปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) ในการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้คล่องแคล่วในเวลาอันรวดเร็ว เพื่อให้เห็นตัวอย่างอย่างรวดเร็วในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในห้องเรียน ให้สอดคล้องกับการปฏิรูปการเรียนบทบาทของครูและนักเรียนในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนบรรลุมาตรฐานการเรียนรู้ด้านทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

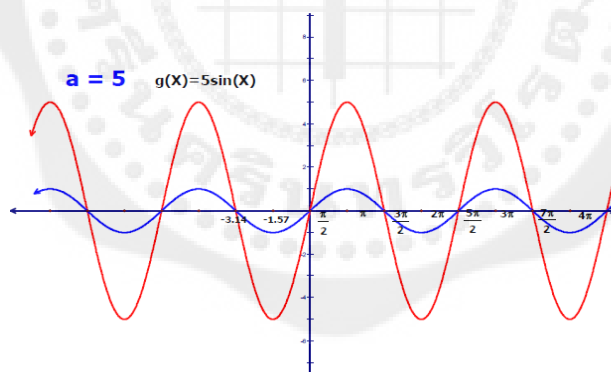
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ตระหนักในความสำคัญของการใช้เทคโนโลยีช่วยในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น มีเจตคติที่ดีในการเรียนรู้เรียนอย่างมีความหมาย เกิดการพัฒนาด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และสามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้ตลอดชีวิต ซึ่งเป็นไปตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 สสวท.จึงได้แปลหนังสือการสำรวจพีชคณิตด้วย The Geometer's Sketchpad ขึ้นเพื่อช่วยให้ครูคณิตศาสตร์ในการค้นคว้าเพิ่มเติมและนำแนวคิดที่ได้ไปบูรณาการกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยความสนใจส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์มีทักษะในการจินตนาการ เกิดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ตามความสามารถของตนเองซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนการพัฒนาการตามความแตกต่างระหว่างบุคคล นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อการสอนที่สร้างขึ้น

2.3 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์

1) สื่อประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) สาขาคณิตศาสตร์ประถมศึกษาสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) ระดับประถมศึกษาและเผยแพร่แก่ครูและผู้ที่สนใจ กิจกรรมแต่ละชุดประกอบด้วยไฟล์จากโปรแกรม GSP ตามเนื้อหาไฟล์กิจกรรมการเรียนรู้และใบงานสำหรับอำนวยความสะดวกในการนำไปปรับใช้กับกลุ่มนักเรียนและสภาพการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียน

สาขาคณิตศาสตร์มัธยมศึกษาสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ส่งเสริมให้มีการใช้ ICT ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาและได้จัดทำสื่อประกอบด้วยไฟล์จากโปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) ชุดเอกสารประกอบการใช้สื่อ ใบกิจกรรมและสาระสำหรับครู เพื่ออำนวยความสะดวกในการนำไปปรับใช้ให้สอดคล้องกับกลุ่มนักเรียนและสภาพการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียน ตัวอย่างกิจกรรม เช่น กิจกรรมสูตรคูณแสนสนุก กิจกรรมตะแกรงเอราทอสเทนีส กิจกรรมผลบวกของจำนวนนับ n จำนวน กิจกรรมความสัมพันธ์ของด้านของรูปสามเหลี่ยม กิจกรรมมุมตรงข้ามที่เกิดจากเส้นตรงสองเส้นตัดกัน ผู้ที่สนใจสามารถเข้าไปศึกษาได้ที่เว็บไซต์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2) การใช้โปรแกรม GSP ในการเสริมสร้างความเข้าใจ



ภาพประกอบ 4 กราฟฟังก์ชันตรีโกณมิติ

ตัวอย่างจากกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งครูใช้ความสามารถของโปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) ในการเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นที่มีอยู่ 3 ลักษณะ คือ มีลักษณะเป็นจุดจำนวนจำกัดที่อยู่ในแนวเส้นตรงเป็นเส้นตรงและเป็นจุดที่เรียงกันอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันตามรายละเอียดจากสถานการณ์ในหนังสือเรียนคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยครูใช้การถามตอบประกอบการ

อธิบายและใช้แบบร่างบนโปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) ที่ครูเตรียมไว้ล่วงหน้าบางส่วน และนำเสนอเพิ่มเติมควบคู่ไปกับการสอนรวมทั้งอาจให้ตัวแทนนักเรียนมาใช้คอมพิวเตอร์หน้าชั้นเรียนช่วยให้เห็นว่าการใช้โปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) ไม่ใช่เรื่องยุ่งยากเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเห็นคุณค่าและประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยีด้วย

3) การใช้โปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) ในการทำโครงงานทางคณิตศาสตร์ การทำโครงงานคณิตศาสตร์โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้วางแผนทดลองสำรวจสร้างข้อความคาดการณ์และตรวจสอบข้อความคาดการณ์ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้คิดวิเคราะห์สร้างข้อสรุป พิสูจน์ข้อสรุป หรือการอธิบายหลักการทางคณิตศาสตร์ให้เป็นรูปธรรม เพื่อสร้างสรรค์โครงงานคณิตศาสตร์ให้น่าสนใจยิ่งขึ้น ด้วยความสามารถของโปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) ที่เป็นโปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัตที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์แบบ “เคลื่อนไหว” แทนการ “นั่งอยู่กับที่” นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โครงงานของตนเอง หรือกลุ่มทำงานได้ตามความสนใจ และความถนัด เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ โดยมีครูอาจารย์หรือผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คำปรึกษา



ภาพประกอบ 5 ภาพการออกแบบลายผ้าทอโบราณบ้านโคกหม้อจังหวัดอุทัยธานี

ที่มา: ผลงานนักเรียน (2559). โครงงานสืบสานลายผ้าโบราณบ้านโคกหม้อจังหวัดอุทัยธานี

4) โปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) กับการสอนคณิตศาสตร์โปรแกรม The Geometer' s Sketchpad (GSP) โปรแกรมเอนกประสงค์ ขอบเขตของการใช้ขึ้นอยู่กับจินตนาการของผู้ใช้ ซึ่งในด้านการเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีความสามารถในการสร้างสื่อการสอนวิชาเรขาคณิตและวิชาอื่นๆ เช่นฟิสิกส์ เป็นต้น และลักษณะการใช้งานเบื้องต้นต่อไปนี้

1) การสร้างพื้นฐานทางเรขาคณิตการสร้างรูปเรขาคณิตที่เป็นพื้นฐานของการศึกษาเรขาคณิตนั้นสามารถทำได้ด้วยวงเวียนและสันตรงการใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ในการช่วยสอนการสร้างพื้นฐานทางเรขาคณิตนี้สามารถตรวจสอบร่องรอยการสร้างได้จากคำสั่งแสดงสิ่งที่ซ่อนไว้ทั้งหมด การสร้างรูปเรขาคณิตต้องอาศัยความรู้เรื่อง การสร้างพื้นฐาน 6 แบบดังนี้

1.1 การสร้างส่วนของเส้นตรงที่ยาวเท่ากับความยาวของส่วนของเส้นตรงที่กำหนดให้

1.2 การแบ่งครึ่งส่วนของเส้นตรงที่กำหนดให้

1.3 การสร้างมุมที่มีขนาดเท่ากับขนาดของมุมที่กำหนดให้

1.4 การแบ่งครึ่งมุมที่กำหนดให้

1.5 การสร้างเส้นตั้งฉากจากจุดภายนอกมายังเส้นตรงที่กำหนดให้

1.6 การสร้างเส้นตั้งฉากจากที่จุดจุดหนึ่งบนเส้นตรงที่กำหนดให้

2) การสร้างตารางความสัมพันธ์โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) มีสมบัติที่เอื้อให้ครูได้สร้างตารางความสัมพันธ์ช่วยในการสอนเนื้อหาต่างๆ เช่น ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความกว้าง ความยาว พื้นที่เส้นรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก เมื่อเรลากจุดใดจุดหนึ่งของรูปสี่เหลี่ยมจะให้ความสัมพันธ์ในตารางเปลี่ยนแปลงไปตามความสัมพันธ์

3) การแปลงทางเรขาคณิตการแปลงทางเรขาคณิตประกอบไปด้วยการสะท้อนการหมุน การเลื่อนขนาน และการย่อ/ขยาย ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการสร้างรูปเรขาคณิตต่างๆ ได้สะดวกมากขึ้นเช่นการสะท้อน

4) การสร้างกราฟโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) สามารถสร้างกราฟได้อย่างง่ายดาย ทำให้นักเรียนได้สำรวจลักษณะของกราฟ เมื่อมีค่าของตัวแปรเปลี่ยนแปลงไป โดยไม่ต้องสร้างรูปกราฟขึ้นมาใหม่ เช่น กราฟสมการเชิงเส้นกราฟของพาราโบลากราฟของภาคตัดกรวยกราฟฟังก์ชัน

5) การสร้างรูปสามมิติโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) สามารถสร้างเป็นรูปสามมิติได้และสามารถเคลื่อนไหวให้เห็นลักษณะของรูปได้รอบด้านสามมิติในระนาบแกน x , y และ z

6) การพิสูจน์ทางเรขาคณิตโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) สามารถแสดงการพิสูจน์ทางเรขาคณิตเพื่อสร้างความเข้าใจให้กับนักเรียนได้เป็นอย่างดี เช่นการพิสูจน์เกี่ยวกับพีระมิด

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) มีความสามารถในการนำเสนอภาพเคลื่อนไหว นำมาใช้ในการอธิบายเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้มากขึ้น สามารถสร้างรูปเรขาคณิต ออกแบบลวดลายจากรูปทรงเรขาคณิต รูปกราฟต่าง ๆ สามารถเลื่อน หมุน ยืด หด พลิก ได้ และนักเรียนสามารถสร้างองค์

ความรู้ด้วยตนเองโดยการลงมือปฏิบัติ เป็นสื่อที่ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการแก้ปัญหา

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรม GSP

งานวิจัยต่างประเทศ

จูลี. (July. 2001 : Web Site) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ที่มีต่อมโนทัศน์ทางเรขาคณิตในการสร้างรูปและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจอภิปรายและสร้างรูปด้วยตนเองพบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad มีมโนทัศน์ทางเรขาคณิตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับนักเรียนกลุ่มต่ำ

ฮาร์เปอร์. (Harper. 2003: 2909-2916) ได้ศึกษาความรู้ของนิสิตฝึกสอนในระดับประถมศึกษาในเรื่องการแปลงทางเรขาคณิตศึกษาปฏิกิริยาที่นิสิตฝึกสอนแสดงออกขณะใช้โปรแกรมเรขาคณิตพลวัตและศึกษาความรู้ของนิสิตฝึกสอนที่เปลี่ยนแปลงในขณะที่เรียนหรือภายหลังการเรียนการสอนด้วยการใช้โปรแกรมเรขาคณิตพลวัตกลุ่มทดลองคือนิสิตฝึกสอนหญิงระดับประถมศึกษาจำนวน 4 คนที่ลงทะเบียนในชั้นปี 4 นิสิตแต่ละคนจะได้รับการสัมภาษณ์จากนั้นได้รับการสอนด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad หรือ GSP ทั้งหมด 3 ช่วงแต่ละช่วงใช้เวลาประมาณหนึ่งชั่วโมงโดยการบันทึกเทปและวิธีวิเคราะห์การสัมภาษณ์นิสิตฝึกสอนจนสร้างงานการแปลงเรขาคณิตเสร็จสิ้นผลการวิจัยปรากฏว่านิสิตฝึกสอนสามารถสร้างภาพสะท้อนและเส้นตรงของการสะท้อนบนพื้นฐานของสมบัติของการสะท้อนนิสิตฝึกสอนมีความรู้มากขึ้นจากการใช้เวกเตอร์เพื่อเสนอทิศทางการแปลงและขนาดสามารถระบุจุดศูนย์กลางและมุมของการหมุนหนึ่งครั้งเพื่อวางภาพที่มาจากการหมุนของภาพนั้นได้โปรแกรม GSP ให้ผลสะท้อนกลับในการมองได้โดยทันทีซึ่งช่วยให้นิสิตฝึกสอนตั้งข้อความคาดการณ์ทดสอบและตรวจสอบคำตอบได้

งานวิจัยในประเทศ

สันติ อธิพิณนาวากุล (2550: 91) ได้ทำการพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสืบสวนโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) เพื่อส่งเสริมความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เรื่องภาคตัดกรวยระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่าชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวนโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) เรื่องภาคตัดกรวยระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยมีค่าเฉลี่ย 85.94/86.64 ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวนโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) เรื่องภาคตัดกรวยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์

แบบสืบสวนสอบสวนโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) เรื่อง ภาคตัดกรวยสูงขึ้นไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวน โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) เรื่อง ภาคตัดกรวยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

เพียรศิริ พิมพ์ทราย (2551: 76-89) ได้ศึกษาการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีความมุ่งหมาย 3 ข้อคือ 1) เพื่อพัฒนาโปรแกรมบทเรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อหาดัชนีประสิทธิผลของโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาขึ้น 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนโดยใช้โปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาขึ้นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนบึงมะลูวิทยา อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ 1 ห้องเรียนจำนวน 44 คนจากทั้งหมด 5 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าได้แก่ 1) โปรแกรมบทเรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 30 ข้อและ 3) แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนจำนวน 20 ข้อผลการศึกษาค้นคว้าพบว่าโปรแกรมบทเรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติมีประสิทธิภาพเท่ากับ 77.12 / 76.67 และมีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.6106 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยโปรแกรมบทเรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติ และสามมิติมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

สมจิตร บุญเทียม (2553: 68-93) ได้วิจัยการพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่องภาคตัดกรวย โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (The Geometer's Sketchpad Program : GSP) โดยมีความมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ภาคตัดกรวยโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75 / 75 2) หาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ภาคตัดกรวย โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่องภาคตัดกรวยโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) กับนักศึกษาที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ปกติ 4) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนไปแล้ว 2 สัปดาห์ของนักศึกษาที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ภาคตัดกรวยโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) กับนักศึกษาที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ปกติ และ 5) ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่อง ภาคตัดกรวย โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร ที่ลงทะเบียนเรียนใน

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 54 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ 1) กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่องภาคตัดกรวยโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) จำนวน 7 กิจกรรม และกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ปกติจำนวน 7 กิจกรรม 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ภาคตัดกรวยจำนวน 30 ข้อ และ 3) แบบวัดความพึงพอใจต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ภาคตัดกรวย โดยใช้โปรแกรม จีเอสพี (GSP) จำนวน 20 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า 1) แผนการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่อง ภาคตัดกรวยโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) มีประสิทธิภาพเท่ากับ $72.62 / 74.88$ 2) ดัชนี ประสิทธิภาพของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่องภาคตัดกรวยโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) เท่ากับ 0.6629 แสดงว่านักศึกษา มีความก้าวหน้าในการเรียนคิดเป็นร้อยละ 66.29 3) นักศึกษาที่เรียนด้วย กิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่องภาคตัดกรวยโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) มีผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนสูงกว่านักศึกษาที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นักศึกษาที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่องภาคตัดกรวยโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) กับนักศึกษาที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ปกติมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนไปแล้ว 2 สัปดาห์ไม่แตกต่างกันและนักศึกษามีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่อง ภาคตัดกรวยโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) โดยรวมและเป็นรายด้านทั้ง 4 ด้านคือด้านเนื้อหา ด้าน กิจกรรมการเรียนการสอนด้านสื่อการเรียนการสอนและด้านการวัดผลและประเมินผลอยู่ในระดับ ปานกลาง

เสกสรร กองเกิด (2555: 170–171) การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตาม รูปแบบการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es) โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็น เครื่องมือช่วยในการเรียนรู้ เรื่อง พาราโบลา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามรูปแบบการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es) โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนที่สำคัญ คือ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นที่ครูนำเข้าสู่บทเรียน แจกจุดประสงค์การเรียนรู้ ทบทวนความรู้ เดิม โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เข้ามาช่วยในการทบทวนความรู้ ให้นักเรียน เกิดความสนใจ สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่จะ เรียนได้ดียิ่งขึ้น ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ และค้นหา เป็นขั้นที่นักเรียนใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นเครื่องมือช่วยในการ สำรวจค้นหาคำตอบ นักเรียนร่วมกันอภิปราย ปรีक्षा แสดง ความคิดเห็นกันในกลุ่ม ยอมรับฟัง ความคิดเห็นซึ่งกันและกัน บันทึกคำตอบลงในใบกิจกรรม โดย มีครูคอยให้คำแนะนำ ขั้นที่ 3 ขั้น อธิบายและลงข้อสรุปเป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอคำตอบ โดยนักเรียนสามารถใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ประกอบการนำเสนอได้ ให้นักเรียนทั้ง ชั้นร่วมกันอภิปรายซักถาม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน เกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือสิ่งที่ได้ ค้นพบจากการทำกิจกรรม เพื่อสรุปเป็นองค์ความรู้ที่ได้อย่างชัดเจน โดยครูช่วยเสริมแนวคิด หลักการให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนต้องนำความรู้ที่ได้เชื่อมโยงกับ ประสบการณ์เดิม ไปแก้ปัญหา หรืออธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ โดยให้นักเรียนแต่ละ คนทำแบบฝึกทักษะในใบงานด้วย ตนเอง โดยนักเรียนสามารถใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยในการหาคำตอบได้

ชั้นที่ 5 ชั้นประเมิน เป็นชั้นประเมินว่านักเรียนมีความรู้เรื่องที่ เรียนมากน้อยเพียงใด โดยที่ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกทักษะ ใบกิจกรรม และอาจจะใช้ โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นสื่อช่วยในการตรวจสอบคำตอบ นอกจากนี้ ยังประเมิน จากการสังเกตการร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน การร่วมกิจกรรมภายในกลุ่ม2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 81.95 และมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 84.61 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ช่วยในการพัฒนาศักยภาพทางการเรียนรู้ในชั้นเรียนของนักเรียนได้ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น หลังจากที่ได้ใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) มาใช้เป็นเครื่องมือในการสอนร่วมกับรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E Learning cycle model) เรื่องความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมทำการสำรวจตั้งข้อคาดการณ์ หรือสืบเสาะหาเหตุผลอันเป็นพื้นฐานเพื่อศึกษาในระดับสูงต่อไป

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

นักวิชาการให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

วิลสัน (ธิตาร์ตัน ลือโลก 2554: 51-54; อ้างอิงจาก Wilson. 1971: 643-696) ได้จำแนกพฤติกรรมด้านสติปัญญาในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาออกเป็น 2 ด้าน ดังนี้

1. พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยหรือความรู้ความคิด (Cognitive Domain)
2. พฤติกรรมด้านพุทธิจิตพิสัยหรือด้านความรู้สึก (Affective Domain)

สำหรับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยหรือความรู้ความคิด (Cognitive Domain) แบ่งเป็น 4 ระดับ คือ

1. การคิดคำนวณด้านความรู้ความจำ (Computation) พฤติกรรมระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมที่อยู่ในระดับต่ำสุดแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1.1) ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Knowledge of Specific Facts) คำถามที่วัดความสามารถในระดับนี้จะเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ตลอดจนความรู้พื้นฐานซึ่งนักเรียนได้สั่งสมมาเป็นระยะเวลานานแล้ว

1.2) ความรู้ความจำเกี่ยวกับคำศัพท์และนิยาม (Knowledge of Terminology) เป็นความสามารถในการระลึกหรือจำคำศัพท์และนิยามต่าง ๆ ได้ โดยคำถามอาจจะถามโดยตรงหรือโดยอ้อมก็ได้ แต่ไม่ต้องการคำนวณ

1.3) ความสามารถในการใช้กระบวนการคิดคำนวณ (Ability to Carry Out Algorithm) เป็นความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริงหรือนิยาม และกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้วมาคิดคำนวณตามลำดับขั้นตอนที่เคยเรียนรู้อยู่แล้ว ข้อสอบวัดความสามารถด้านนี้ต้องเป็นโจทย์ง่ายๆ คล้ายคลึงกับตัวอย่าง นักเรียนไม่ต้องพบกับความยุ่งยากในการตัดสินใจเลือกให้กระบวนการ

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมระดับความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณแต่ซับซ้อนกว่า แบ่งเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

2.1) ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติ (Knowledge of Concept) เป็นความสามารถที่ซับซ้อนกว่าความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง เพราะเป็นมโนคติเป็นนามธรรมที่ประมวลจากข้อเท็จจริงต่างๆ ต้องอาศัยการตัดสินใจในการตีความหมายหรือยกตัวอย่างของมโนคตินั้นโดยใช้คำพูดของตนเอง หรือเลือกความหมายที่กำหนดให้ซึ่งเขียนในรูปใหม่หรือ ยกตัวอย่างใหม่ที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียน

2.2) ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎทางคณิตศาสตร์และการสรุปอ้างอิงเป็นกรณีทั่วไป (Knowledge of Principles, Rules, and Generalization) เป็นความสามารถในการเอาหลักการ กฎและความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติไปสัมพันธ์กับโจทย์ปัญหา จนได้แนวทางในการแก้ปัญหา ถ้าคำถามนั้นเป็นคำถามเกี่ยวกับหลักการและกฎที่นักเรียนเพิ่งเคยพบเป็นครั้งแรกอาจจัดเป็นพฤติกรรมในระดับการวิเคราะห์ก็ได้

2.3) ความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (Knowledge of Mathematical Structure) คำถามที่วัดพฤติกรรมระดับนี้เป็นคำถามที่วัดเกี่ยวกับสมบัติของจำนวน และโครงสร้างทางพีชคณิต

2.4) ความสามารถในการเปลี่ยนรูปแบบปัญหาจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง (Ability to Transform Problem Elements from one Mode to Another) เป็นความสามารถในการแปลข้อความที่กำหนดให้ เป็นข้อความใหม่หรือภาษาใหม่ เช่น แปลจากภาษาพูดให้เป็นสมการ ซึ่งมีความหมายคงเดิม โดยไม่รวมถึงกระบวนการแก้ปัญหา (Algorithms) หลังจากแปลแล้วอาจกล่าวได้ว่าเป็นพฤติกรรมที่ง่ายที่สุดของพฤติกรรมระดับความเข้าใจ

2.5) ความสามารถในการติดตามแนวของเหตุผล (Ability to Follow a Line of Reasoning) เป็นความสามารถในการอ่านและทำความเข้าใจข้อความคณิตศาสตร์ ซึ่งแตกต่างไปจากความสามารถทั่วไป

2.6) ความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Ability to Read and Interpret a Problem) ข้อสอบที่วัดความสามารถขั้นนี้ อาจดัดแปลงมาจากข้อสอบที่วัดความสามารถในขั้นอื่นๆ โดยให้นักเรียนอ่านและตีความโจทย์ปัญหาซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของข้อความตัวเลข ข้อมูลทางด้านสถิติ หรือกราฟ

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคยเพราะคล้ายกับปัญหาที่นักเรียนประสบอยู่ในระหว่างการเรียน หรือแบบฝึกหัดที่นักเรียน

ต้องเลือกกระบวนการแก้ปัญหา และดำเนินการแก้ปัญหาได้โดยไม่ยาก พฤติกรรมในระดับนี้แบ่งออกเป็น 4 ชั้น คือ

3.1) ความสามารถในการปัญหาที่คล้ายกับปัญหาที่ประสมอยู่ในระหว่างเรียนคณิตศาสตร์ (Ability to Solve Routine Problems) นักเรียนต้องอาศัยความสามารถในระดับความเข้าใจและเลือกกระบวนการแก้ปัญหาจนได้คำตอบออกมา

3.2) ความสามารถในการเปรียบเทียบ (Ability to Make Comparisons) เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด เพื่อสรุปการตัดสินใจซึ่งปัญหาชั้นนี้อาจอาจต้องใช้วิธีการคิดคำนวณ และจำต้องอาศัยความรู้ที่เกี่ยวข้อง รวมความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล

3.3) ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล (Ability to Analyze Data) เป็นความสามารถในการตัดสินใจอย่างต่อเนื่องในการหาคำตอบจากข้อมูลที่กำหนดให้ ซึ่งอาจต้องอาศัยการแยกข้อมูลข้อมูลที่เกี่ยวข้องออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง พิจารณาว่าอะไรคือข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม มีปัญหาอื่นใดบ้างที่อาจเป็นตัวอย่างในการหาคำตอบของปัญหาที่กำลังประสมอยู่ หรือต้องแยกโจทย์ปัญหาออกพิจารณาเป็นส่วนๆ มีการตัดสินใจหลายครั้งอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ต้นจนได้คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ต้องการ

3.4) ความสามารถในการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกัน และสมมาตร (Ability to Recognize Patterns, Isomerism, and Symmetries) เป็นความสามารถที่ต้องอาศัยพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่การระลึกข้อมูลที่กำหนดให้ การเปลี่ยนแปลงรูปปัญหาการจัดกระทำกับข้อมูล และการระลึกถึงความสัมพันธ์นักเรียนต้องสำรวจหาสิ่งที่คุ้นเคยจากข้อมูลหรือสิ่งที่กำหนดจากโจทย์ปัญหาให้พบ

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาที่นักเรียนไม่เคยเห็นหรือเคยกระทำแบบฝึกหัดมาก่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโจทย์พลิกแพลง แต่ก็อยู่ในขอบเขตของเนื้อหาวิชาที่เรียน การแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวต้องอาศัยความรู้ที่ได้เรียนมารวมกับความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกันเพื่อแก้ปัญหา พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมขั้นสูงของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องใช้สมรรถภาพของสมองระดับสูง แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

4.1) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่เคยประสมมาก่อน (Ability to Solve Nonroutine Problems) คำถามในขั้นนี้เป็นคำถามที่ซับซ้อนไม่มีในแบบฝึกหัด หรือตัวอย่าง ไม่เคยเห็นมาก่อน นักเรียนต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกับความเข้าใจ มโนคติ นิยาม ตลอดจนทฤษฎีต่างๆ ที่เรียนมาแล้วเป็นอย่างดี

4.2) ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ (Ability to Discover Relationships) เป็นความสามารถในการจัดส่วนต่างๆ ที่โจทย์กำหนดให้ใหม่แล้วสร้างความสัมพันธ์ขึ้นใหม่ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา แทนการจำความสัมพันธ์ที่เคยพบมาแล้วมาใช้กับข้อมูลชุดใหม่

4.3) ความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ (Ability to Construct Proofs) เป็นความสามารถที่ควบคู่กับความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ อาจเป็นพฤติกรรมที่มีความซับซ้อน

น้อยกว่าพฤติกรรมในการสร้างข้อพิสูจน์ พฤติกรรมในขั้นนี้ต้องการให้นักเรียนสามารถตรวจสอบข้อพิสูจน์ว่าถูกต้องหรือไม่

4.4) ความสามารถในการวิพากษ์วิจารณ์ข้อมูล (Ability to Criticize Proofs) เป็นความสามารถในการใช้เหตุผลควบคู่กับความสามารถในการเขียนพิสูจน์ แต่ความสามารถในการพิจารณาเป็นพฤติกรรมที่ย่างยากซับซ้อนกว่า ความสามารถในการขั้นนี้ต้องการให้นักเรียนมองเห็นและเข้าใจการพิสูจน์นั้นว่าถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดพลาดไปจากมโนคติ หลักการ กฎ นิยาม หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์

4.5) ความสามารถในการสร้างสูตร และทดสอบความถูกต้องของสูตร (Ability to formulate and Validate Generations) นักเรียนต้องสามารถสร้างสูตรขึ้นใหม่โดยให้สัมพันธ์กับเรื่องเดิมและต้องสมเหตุสมผลด้วย นั่นคือ การถามให้หาและพิสูจน์ประโยคทางคณิตศาสตร์หรืออาจถามให้นักเรียนสร้างกระบวนการการคิดคำนวณใหม่ พร้อมทั้งแสดงการใช้กระบวนการนั้น

กูต (Good. 1973: 103) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ที่ได้รับหรือทักษะที่พัฒนามาจากการเรียนในสถานศึกษาโดยปกติวัดจากคะแนนที่ครูเป็นผู้ให้หรือจากแบบทดสอบหรืออาจารย์รวมทั้งคะแนนที่ครูเป็นผู้ให้และคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบ

กูต (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 170; อ้างอิงจาก Good. 1973: 7) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์คือการทำให้สำเร็จ (Accomplish) หรือประสิทธิภาพทางด้านการกระทำในทักษะที่กำหนดให้หรือในด้านความรู้ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึงความสามารถในการเข้าถึงความรู้ (Knowledge Attained) การพัฒนาทักษะในการเรียนโดยอาศัยความพยายามจำนวนหนึ่งและแสดงออกในรูปความสำเร็จซึ่งสามารถสังเกตได้และวัดได้ด้วยเครื่องมือทางจิตวิทยาหรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป

รี (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538 : 170; อ้างอิงจาก Reber. 1985: 5) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ระดับความสามารถทางวิชาการของบุคคลซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้แบบทดสอบมาตรฐาน

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2540 : 29-32) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง คุณลักษณะรวมถึงความรู้ความสามารถของบุคคลอันเป็นผลมาจากการเรียนการสอนหรือมวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับการเรียนการสอนทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่างๆของสมรรถภาพสมอง

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงความสำเร็จในด้านความรู้ความสามารถ ทักษะ และประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ในวิชาต่างๆ ซึ่งได้ผลมาจากการเรียนการสอน การฝึกฝนของแต่ละบุคคล สามารถวัดได้จากการทดสอบด้วยวิธีต่างๆ ของครูผู้สอน

3.2 องค์ประกอบที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เพรสคอตท์ (Prescott. 1961: 14 -16) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและสรุปผลการศึกษาว່ว่าองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน มีดังนี้

- 1) องค์ประกอบทางด้านร่างกาย ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโตของร่างกาย สุขภาพ ด้านร่างกาย และบุคลิกท่าทาง
- 2) องค์ประกอบทางความรัก ได้แก่ ความสัมพันธ์ของบิดามารดา ความสัมพันธ์ของบิดา มารดากับลูก ความสัมพันธ์ระหว่างลูกๆ ด้วยกัน และความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกทั้งหมดในครอบครัว
- 3) องค์ประกอบทางวัฒนธรรมและสังคม ได้แก่ ขนบธรรมเนียมประเพณีความเป็นอยู่ของครอบครัว สภาพแวดล้อมทางบ้าน การอบรมทางบ้าน และฐานะทางบ้าน
- 4) องค์ประกอบทางความสัมพันธ์ในเพื่อนวัยเดียวกัน ได้แก่ ความสัมพันธ์ของนักเรียนกับเพื่อนวัยเดียวกันทั้งที่บ้านและที่โรงเรียน
- 5) องค์ประกอบทางการพัฒนาแห่งตน ได้แก่ สติปัญญา ความสนใจ เจตคติของนักเรียนต่อการเรียน

6) องค์ประกอบทางการปรับตัว ได้แก่ ปัญหาการปรับตัว การแสดงออกทางอารมณ์

นันทพร ระภักดี (2551: 53) กล่าวว่า องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น มีปัจจัย 2 ประการ ได้แก่ ปัจจัยโดยตรง คือ ตัวนักเรียนเองไม่ว่าจะเป็นสติปัญญา สุขภาพร่างกาย ความสนใจและเจตคติต่อการเรียน ปัจจัยทางอ้อมคือครอบครัว สภาพในการเรียน สังคม วัฒนธรรม การบริหารจัดการของโรงเรียน ครู สื่อการสอน วิธีการสอนของครู ฯลฯ

อัญชนา โพธิพลากร (2545: 95) กล่าวว่า องค์ประกอบหลายประการที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือด้านตัวนักเรียน เช่น สติปัญญา อารมณ์ ความสนใจ เจตคติต่อการเรียน ด้านตัวครู เช่น คุณภาพของครู การจัดระบบการบริหารของผู้บริหาร ด้านสังคมเช่น สภาพเศรษฐกิจและสังคมของครอบครัวของนักเรียน เป็นต้น แต่ปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนของนักเรียนก็คือการสอนของครูนั่นเอง

จากการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น ประการแรกมาจากภายในตัวผู้เรียน เช่น ด้านร่างกาย อารมณ์ สติปัญญา ความสนใจ และเจตคติต่อการเรียน ประการที่ 2 มาจากภายนอกตัวผู้เรียน ได้แก่ เพื่อน สภาพสังคม วัฒนธรรมครอบครัว ตัวครูผู้สอน รวมทั้งวิธีการสอนของครูผู้สอน

3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

งานวิจัยต่างประเทศ

เลสเตอร์ (Lester. 1996: 2343 – A) ได้ศึกษาผลการสอนโดยใช้ The Geometer's Sketchpad ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา กลุ่มทดลองเรียนโดยใช้ The Geometer's Sketchpad ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนตามปกติโดยใช้ไม้บรรทัดดินสอ ไม้โปรแทรกเตอร์ และวงเวียน ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบหลังเรียนเกี่ยวกับความรู้ทางเรขาคณิตและการสร้างของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบหลังเรียนเกี่ยวกับการตั้งข้อคาดการณ์ทางเรขาคณิตของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บาฮาร์วานด์ (Baharvand. 2002: 552) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการสอนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad และการสอนแบบปกติที่มีต่อมโนทัศน์ทางเรขาคณิตและเจตคติต่อเรขาคณิตของนักเรียนเกรด 7 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad มีมโนทัศน์ทางเรขาคณิตและเจตคติต่อเรขาคณิตสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยในประเทศ

เรณูวัฒน์ พงษ์อุทธา (2550: 78-103) ได้วิจัยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางเรียนคณิตศาสตร์เรื่องพาราโบลาเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างการจัดกิจกรรมโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นสื่อกับการจัดกิจกรรมตามปกติมีผลการวิจัยดังนี้ นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นสื่อมีเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นสื่อมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องพาราโบลาและความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมตามปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จิราพร สุขกรง (2553: 77-78). ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ ความคงทน และเจตคติทางการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษของนักศึกษาที่ได้รับการสอนโดยใช้เกมละการสอนปกติ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักศึกษากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้คำศัพท์ทั้งสามด้าน คือ ด้านการสะกดคำ การรู้ความหมายของคำ และการนำคำศัพท์ไปใช้ในประโยคสูงกว่ากลุ่มควบคุม และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติในภาพรวมที่ระดับ .01 2) ความคงทนในการเรียนรู้คำศัพท์ทั้งสามด้าน คือ การสะกดคำ การรู้ความหมายของคำ และการนำคำศัพท์ไปใช้ในประโยค เมื่อพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยแล้ว พบว่า ทั้งสองกลุ่ม มีคะแนนความคงทนลดต่ำลงจากคะแนน

ผลสัมฤทธิ์เช่นเดียวกัน แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับพบว่านักศึกษากลุ่มทดลองยังคงมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุม และความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติในภาพรวมที่ระดับ .05 3) นักศึกษามีมีเจตคติทางบวกต่อการเรียนรู้คำศัพท์โดยใช้เกม โดยในภาพรวมค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีประโยชน์ด้านต่าง ๆ ของการเรียนรู้คำศัพท์โดยใช้เกมจัดอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก เกมที่นักศึกษา คือ เกมทำเรียง และเกมที่นักศึกษาชอบน้อยที่สุด คือ เกมค้นหาบัตรคำ นอกจากนี้ยังพบว่านักศึกษาประสบกับปัญหาระหว่างการเล่นเกมเพื่อการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษ ซึ่งประเด็นที่ที่นักศึกษาเห็นตรงกันว่าเป็นปัญหาใหญ่คือเวลาที่ใช้ในการเล่นเกมนำไปใช้ในงานกิจกรรม ทำให้บางครั้งต้องผ่านกิจกรรมนั้นไปที่ยังไม่เข้าใจอย่างชัดเจน

อำเภอ หนอง (2557: 87–88). ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เรื่อง สถิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้รูปแบบการสอนผสมผสานระหว่างแบบ 5E และ STAD พบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้รูปแบบการสอน ผสมผสานระหว่างแบบ 5E และ STAD มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.78/80.33 และกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 77.80/76.58 เป็นไปตามที่คาดหวังไว้ คือ 75/75 2) ดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้รูปแบบการสอนผสมผสานระหว่างแบบ 5E และ STAD เท่ากับ 0.7132 และดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ เท่ากับ 0.6655 3) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้รูปแบบการสอนผสมผสานระหว่างแบบ 5E และ STAD มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ.05 4) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้รูปแบบการสอนผสมผสานระหว่างแบบ 5E และ STAD สามารถคงทนความรู้หลังเรียนไปแล้ว 2 สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 98.76 ของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ซึ่งไม่แตกต่างกันจากคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางเรียนคณิตศาสตร์เป็นตัวชี้วัดอย่างหนึ่งที่บ่งบอกความสามารถและประสิทธิภาพของผู้เรียน ทั้งนี้ผลสัมฤทธิ์ทางเรียนคณิตศาสตร์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้นวัตกรรม การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียน

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนในการเรียนรู้

4.1 ความหมายของความคงทนในการเรียนรู้

ความคงทนในการเรียนรู้มีความจำเป็นและสำคัญมากในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เพราะธรรมชาติของการเรียนวิชาคณิตศาสตร์นั้นต้องใช้ความรู้เดิมเป็นพื้นฐานสำหรับเรียนรู้เนื้อหาในระดับสูงที่มีความต่อเนื่องกันและการจดจำสิ่งต่าง ๆ ได้สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดีจากความสำคัญดังกล่าวได้มีผู้ให้ความหมายความคงทนในการเรียนรู้ไว้หลายท่านดังนี้

อดัม (Adam. 1967: 9) ได้ให้ความหมายความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง การคงไว้ซึ่งผลการเรียนหรือความสามารถที่จะระลึกได้ต่อสิ่งเร้าที่เคยเรียนหรือเคยมีประสบการณ์รับรู้มาแล้วหลังจากที่ได้ทิ้งไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่งก็คือความคงทนในการจำและการประเมินผลของการเรียนรู้เพื่อที่จะทราบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงไปมากหรือน้อยเพียงใดถ้าเราประเมินผลทันทีที่ผู้เรียนทำสิ่งนั้นที่เราต้องการได้สำเร็จผลที่ได้คือผลของการเรียนรู้ แต่ถ้าเราคอยให้เวลาล่วงเลยไประยะหนึ่งอาจเป็น 2 นาที 5 นาทีหรือหลาย ๆ วันค่อยประเมินผลการเปลี่ยนแปลงที่ได้คือผลการเรียนรู้ของความคงทนในการจำ

กมลรัตน์ หล้าสูงษ์ (2528: 238) ได้ให้ความหมายความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการสะสมประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ได้จากการเรียนรู้ทั้งทางตรงและทางอ้อมแล้วสามารถถ่ายทอดออกมาในรูปของการระลึกได้ หรือการจำได้

อรรถพล คำภู (2543: 28) ได้กล่าวว่าความคงทนในการเรียนรู้หมายถึงการที่ร่างกายสามารถที่จะแสดงอาการหรือพฤติกรรมที่เคยเรียนมาแล้วหรือมีประสบการณ์รับรู้มาแล้วหลังจากที่ทอดทิ้งไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่งโดยไม่มีการกระทำอาการนั้นออกมาเลยในช่วงเวลาที่ทิ้งไป

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการจดจำ ระลึกถึงประสบการณ์ต่อเนื้อหาที่ได้รับจากการเรียนรู้มาก่อนแล้วหลังจากทิ้งช่วงระยะเวลาไประยะหนึ่ง

4.2 ความหมายของความจำ

แมคคอนเนล; และฟิลิปชาล์คได้กล่าวว่าความจำเป็นความสามารถในการบันทึกประสบการณ์ในอดีตและสามารถที่จะระลึกถึงการรับรู้อารมณ์ความคิดและการกระทำในอดีตได้(อนัญยาณี ศรีนอก. 2552: 56; อ้างอิงจาก McConnell; & Philipchalk.1992: 292)

ความจำ หมายถึง การที่สมองของบุคคลทำการเก็บสะสมสิ่งที่ได้รับประสบการณ์ต่าง ๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อมซึ่งสัมผัสได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 แล้วสามารถระลึกและถ่ายทอดเรื่องราวเหล่านั้นออกมาได้อย่างถูกต้องแม่นยำ (อนัญยาณี ศรีนอก. 2552: 56; อ้างอิงจาก ดร.ณิ เตชะวงศ์ ประเสริฐ 2549: 71)

การจำ หมายถึง กระบวนการที่สมองสามารถเก็บสะสมการเรียนรู้และประสบการณ์ที่ได้รับรู้ไว้โดยเก็บบันทึกไว้เป็นความจำเป็นคุณสมบัติของสมองที่สามารถสะสมไว้และบันทึกสิ่งต่าง ๆ ไว้ได้เพื่อใช้ในการหาเหตุและช่วยในการตัดสินใจกระทำสิ่งต่าง ๆ รวมถึงความสามารถในการคาดคะเนเหตุการณ์ในอนาคต (อนัญยาณี ศรีนอก. 2552: 56; อ้างอิงจาก บุษกร เขจรศักดิ์ 2548: 21)

ล้วน สายยศ; และคนอื่นๆ (2543:125) ได้กล่าวว่า ความจำเป็นความสามารถในการระลึกเรื่องราวประสบการณ์หรือสิ่งที่เคยเรียนมาแล้วได้

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ความจำ เป็นความสามารถในการจดจำ การบันทึกเรื่องราว ประสบการณ์ในการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้เรียนมาแล้วในอดีต ตามศักยภาพทางสมองที่ทำงานอย่างเป็นระบบและสามารถถ่ายทอดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

4.3 ระบบความจำ

ชัยพร วิชชาวุธ (2520: 39) ได้กล่าวว่าระบบความจำของคนเราพอจะแยกออกเป็น

3 ระบบคือ

1. ระบบความจำจากการสัมผัส (Sensory Memory) หมายถึงการคงอยู่ของความรู้สึกสัมผัสหลังจากที่เสนอสิ่งเร้าสิ้นสุดลง เช่น การฉายภาพให้ดูแวบหนึ่งภาพที่ปรากฏให้เห็นจะยังคงติดตาต่อไปอีกหลายร้อยมิลลิวินาทีหลังจากฉายภาพแวบนั้น

2. ระบบความจำระยะสั้น (Short – term Memory ย่อว่า STM) เป็นความจำหลังการรับรู้สิ่งเร้าที่ได้รับการตีความจนเกิดการรับรู้แล้วจะอยู่ในความจำระยะสั้นเราใช้ความจำระยะสั้นสำหรับการจำชั่วคราวเพื่อใช้ประโยชน์ในขณะที่จำอยู่เท่านั้นเช่นการจำหมายเลขจากสมุดโทรศัพท์

3. ระบบความจำระยะยาว (Long-term Memory ย่อว่า LTM) เป็นความจำที่มีความคงทนถาวรเราไม่รู้สึกในสิ่งที่จำอยู่แต่เมื่อต้องการให้หรือมีสิ่งหนึ่งสิ่งใดมาสะกิดใจก็สามารถรื้อฟื้นขึ้นมาได้ เช่น การจำเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นเมื่อหลายชั่วโมงหลายวันก่อน

นอกจากนั้น เอทคินสันและชิฟริน (ชัยพร วิชชาวุธ. 2525: 296-267; อ้างอิงจาก Atkinson and Shiffrin.1968) ได้รวมเรียกความจำ 2 ประเภทนี้ว่า “ ทฤษฎีความจำสองกระบวนการ ” (Two Process Theory of Memory) โดยสรุปย่อๆได้ดังนี้

3.1 ความจำระยะสั้นเป็นความจำชั่วคราว

3.2 สิ่งที่จำในความจำระยะสั้นต้องได้รับการทบทวนตลอดเวลา มิฉะนั้นความจำนั้นจะสลายตัวไปอย่างรวดเร็ว

3.3 จำนวนสิ่งของที่ จะรับการทบทวนครั้งหนึ่งๆในความจำระยะสั้นจำนวนจำกัดจะทบทวนได้เพียง 5- 9 สิ่งในขณะเดียวกันเท่านั้น

3.4 สิ่งใดก็ตามถ้าอยู่ในความจำระยะสั้นยิ่งนานเท่าใดก็มีโอกาสฝังตัวอยู่ในความจำระยะยาวมากเท่านั้น

3.5 การฝังตัวในความจำระยะยาวเป็นกระบวนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่มีอยู่ในความจำระยะยาวกับสิ่งที่ต้องการทำ

ความจำระยะยาวเป็นความจำที่มีคุณค่าอย่างยิ่งเป็นความหมายหรือความเข้าใจในสิ่งที่ตนรู้จักเป็นการตีความซึ่งอยู่กับประสบการณ์เดิมความสนใจและความเชื่อของแต่ละคนสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้เกิดความคงทนในการจำ สรุปได้เป็น 2 ประการประการแรกได้แก่ลักษณะของความต่อเนื่องหรือความสัมพันธ์ของประสบการณ์ที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้ประการที่สองได้แก่การทบทวนสิ่งที่เรียนรู้ไปแล้วอยู่เสมอซึ่งจะช่วยให้ความจำถาวรมากยิ่งขึ้นช่วงระยะเวลาที่ความจำสั้นจะฝังตัว

กลายเป็นความจำระยะยาวหรือความคงทนในการจำในเวลาประมาณ 14 วันหลังจากที่ได้เรียนรู้ผ่านไปแล้ว

4.4 ขั้นตอนกระบวนการจำ

การที่จะจำสิ่งที่เคยเรียนมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับกระบวนการเรียนรู้กาเย (Gagne'. 1974: 27-46) อธิบายขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้และการจำดังนี้

1. การจูงใจ (Motivation Phase) เป็นการชักจูงใจให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้
2. การทำความเข้าใจ (Apprehending Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนสามารถเข้าใจสถานการณ์ที่เป็นสิ่งเร้า
3. การเรียนรู้ปรุงแต่งสิ่งที่เรียนรู้ไว้เป็นความจำ (Acquisition Phase) ขั้นนี้จะสามารถเปลี่ยนแปลงให้เกิดเป็นความสามารถอย่างใหม่ขึ้น
4. ความสามารถในการสะสมสิ่งเร้าเก็บไว้ในความจำ (Retention Phase) ขั้นนี้เป็นการนำสิ่งที่เรียนไปเก็บไว้ในส่วนของความจำเป็นช่วงเวลาหนึ่ง
5. การรื้อฟื้น (Recall Phase) ขั้นนี้เป็นการนำเอาสิ่งที่เรียนไปแล้วและเก็บเอาไว้ออกมาใช้ในลักษณะของการกระทำที่สังเกตได้
6. การสรุปหลักการ (Generalization Phase) ขั้นนี้เป็นความสามารถใช้สิ่งที่เรียนรู้มาแล้วไปประยุกต์กับสิ่งเร้าใหม่ที่ประสบ
7. การลงมือปฏิบัติ (Performance Phase) เป็นการแสดงพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการเรียนรู้
8. การสร้างผลย้อนกลับ (Feed-back Phase) ขั้นนี้ให้ผู้เรียนรับทราบผลการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดกำลังใจหรือปรับตัวเองให้ดีขึ้น

ชัยพร วิชชาวุธ (2520: 3-20) ได้แบ่งลำดับขั้นของความจำออกเป็น 3 ขั้นดังนี้

1. ขั้นการแสดงสิ่งเร้าการสร้างสิ่งเร้าที่ต้องการให้ผู้จำได้นั้นถ้าเป็นสิ่งยากๆจะต้องให้ผู้เรียนเรียนรู้จนเข้าใจเสียก่อน

2. ขั้นกิจกรรมแทรกให้ผู้เรียนทำกิจกรรมอื่นที่สอดแทรกระหว่างขั้นการนำเสนอสิ่งเร้าและการทดสอบ

3. ขั้นการทดสอบจะบ่งชี้ว่าผู้เรียนจำสิ่งที่เรียนไปได้มากน้อยเพียงใดวิธีทดสอบความจำทำได้ 3 วิธีคือ

3.1 การจำได้ (Recognition) เป็นการทดสอบความจำโดยการปรากฏสิ่งเร้าที่เคยประสบมาแล้วในอดีตปะปนกับสิ่งเร้าใหม่ๆแล้วให้ชี้สิ่งเร้าใดเป็นสิ่งเร้าเดิมให้ถูกต้อง

3.2 การระลึกได้ (Recall) เป็นการระลึกถึงสิ่งที่เคยประสบในอดีตออกมาโดยไม่มีสิ่งเร้าที่เคยประสบมาปรากฏให้เห็น

3.3 การเรียนรู้ซ้ำ (Relearning) หมายถึงการทำซ้ำๆหรือเสนอสิ่งเร้าซ้ำๆในการเรียนรู้ การเรียนรู้แบบนี้มักใช้วัดด้วยเวลาหรือจำนวนครั้ง

4.5 สภาพที่ช่วยให้เกิดความคงทนในการจำ

เอนก กุลกริแสง (2521: 96-109) ได้เสนอแนะการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เอื้ออำนวยต่อการช่วยให้เกิดความคงทนในการจำดังนี้

1. จัดบทเรียนให้มีความหมายเช่น
 - 1.1 การสร้างสื่อสัมพันธ์ (Mediation)
 - 1.2 การจัดเป็นระบบไว้ล่วงหน้า (Advance Organization)
 - 1.3 การจัดเป็นลำดับขั้น (Hierarchical Structure)
 - 1.4 การจัดหมวดหมู่ (Organization)
2. การจัดสถานการณ์ช่วยการเรียนรู้ทำได้ดังนี้
 - 2.1 การนึกถึงสิ่งที่เรียนในขณะที่ฝึกฝนอยู่ (Recall During Practices)
 - 2.2 การเรียนเพิ่ม (Over Learning)
 - 2.3 การทบทวนบทเรียน (Periodic Reviews)
 - 2.4 การจำอย่างมีหลักเกณฑ์ (Logical Memory)
 - 2.5 การท่องจำ (Recitation)
 - 2.6 การใช้จินตนาการ (Imagery)
3. ในการทบทวนเราไม่สามารถทบทวนทุกสิ่งที่เข้ามาอยู่ในความจำระยะสั้นจึงมีจำกัด
4. สิ่งใดก็ตามในการจำระยะยาวเป็นกระบวนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่อยู่ในความจำระยะยาวแล้วกับสิ่งที่เราต้องการจำ
5. การฝังตัวในการจำระยะยาวเป็นกระบวนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่อยู่ในความจำระยะยาวกับสิ่งที่ต้องทำ

ความจำระยะยาว เป็นความจำที่มีค่าอย่างยิ่ง เป็นความหมายหรือความเข้าใจในสิ่งที่ตนรับรู้ เป็นการตีความหมายซึ่งอยู่กับประสบการณ์เดิม ความสนใจและความเชื่อของแต่ละคน สิ่งสำคัญ ที่จะช่วยให้เกิดความคงทนในการจำ สรุปได้ 2 ประการคือ

ประการแรก ได้แก่ ลักษณะของความต่อเนื่อง หรือความสัมพันธ์ของ ประสบการณ์ที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้

ประการที่สอง เป็นการทบทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปแล้วอยู่เสมอ ซึ่งชัยพร วิชชาวุธ (2525 : 118) กล่าวว่า การศึกษาทบทวนสิ่งที่จำได้อยู่แล้ว จะช่วยให้เกิดความจำถาวรมากยิ่งขึ้น ช่วงระยะเวลาที่ความจำระยะสั้นจะฝังตัวจนกลายเป็นความจำระยะยาว หรือความคงทนในการเรียนรู้ใช้เวลาประมาณ 14 วัน หลังจากที่ได้เรียนรู้ผ่านไปแล้ว

4.6 การวัดความคงทนในการเรียนรู้

ภายหลังจากเสร็จสิ้นการเรียนการสอนแล้วนอกจากครูจะวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์ของนักเรียนแล้ว การวัดความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยว่านักเรียนมีความ

คงทนในการเรียนรู้เพียงใด ซึ่งการวัดความคงทนในการเรียนนั้นมีนักการศึกษาและนักวิชาการกล่าวถึงไว้ดังนี้

กมลรัตน์ หล้าสูงษ์ (2528: 242-248) กล่าวว่า การวัดความคงทนในการเรียนรู้ว่าเมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้แล้วจะมีการคงไว้ซึ่งผลการเรียนรู้ หรือสามารถระลึกได้ต่อสิ่งเร้าที่เคยได้เรียนรู้แล้วจะมีการคงไว้ซึ่งผลการเรียนรู้ หรือสามารถระลึกได้ต่อสิ่งเร้าที่เคยได้เรียนหรือมีประสบการณ์รับรู้แล้ว โดยจะทิ้งไว้สักระยะหนึ่ง แล้วจึงทำการวัดจึงเรียกว่า การวัดความคงทนในการเรียนรู้หรือการทดสอบความจำ ซึ่งมีวิธีการวัดอยู่ 3 วิธี คือ

1. การจำได้ (Recognition) เป็นการทดสอบความจำโดยการปรากฏสิ่งเร้าที่เคยประสบมาแล้วในอดีตปะปนกับสิ่งเร้าใหม่ๆ แล้วให้ชี้ว่าสิ่งเร้าใดเป็นสิ่งที่เร้าเดิมได้ถูกต้อง
2. การระลึกได้ (Recall) เป็นการระลึกได้ในสิ่งที่เคยประสบในอดีตออกมาโดยไม่มีสิ่งเร้าที่เคยประสบมาปรากฏให้เห็น
3. การเรียนซ้ำ (Relearning) หมายถึง การเรียนซ้ำในสิ่งที่เคยเรียนมาแล้วและมาฝึกซ้ำๆ หรือทบทวนอีก การเรียนรู้แบบนี้มักใช้วัดด้วยเวลาและจำนวนครั้งการวัดความจำ โดยการเรียนซ้ำก็พบว่ามีความจำเหลืออยู่ เช่น เมื่อวัยเยาว์วัยเราเรียนรู้การท่องอาขยานนั้นไปแล้ว แต่ถ้าต้องการเรียนรู้ใหม่จะใช้ระยะเวลาในการท่องจำเพียง 5 ครั้ง หรือน้อยกว่า 10 ครั้ง ก็สามารถจำได้

4.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนในการเรียนรู้

งานวิจัยในประเทศ

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนในการเรียนรู้ดังนี้

ฎีกา สุภาลย์ (2550: 50-70). ได้ทำวิจัยเรื่อง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ ความคงทนในการจำของนักเรียนชั้นช่วงชั้นที่ 3 จากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนตราษตระการคุณ จังหวัดตราด จำนวน 48 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องสมการ ที่มีคุณภาพ ด้านเนื้อหา และด้านเทคโนโลยีการศึกษา ในระดับดี และมีประสิทธิภาพ 87.24/88.30 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดียและจากการเรียนการสอนแบบปกติ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และ 3) ความคงทนในการจำวิชาคณิตศาสตร์ จากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย และการเรียนจากการสอนแบบปกติ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

มัลลิกา ผาจันทร์ (2553: 78) ได้ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้โปรแกรมจีเอสพีผลของการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.75/82.33 ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ สูงกว่าเกณฑ์ที่คาดหวังไว้ คือ

เกณฑ์ 75/75 2) ค่าดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี ที่พัฒนาขึ้นเท่ากับ 0.7546 คิดเป็นร้อยละ 75.46 แสดงว่าการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี ทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 75.46 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสอง มิติและสามมิติ สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ.01 4) นักเรียนที่เรียนโดยใช้โปรแกรมจีเอสพีและนักเรียนที่เรียนแบบปกติ สามารถ คงทนความรู้หลังเรียนได้ร้อยละ 77.44 และ 50.14 ของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนตามลำดับ โดย นักเรียนที่เรียนโดยใช้โปรแกรมจีเอสพีคงทนความรู้ได้มากกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ 5) นักเรียนมีความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้โปรแกรมจี เอสพี รวมเฉลี่ยอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า การวัดความคงทนในการเรียนรู้ควรใช้เวลาในการวัดห่าง จากหลังเรียนไปแล้ว 2 สัปดาห์

5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถเชิงปริภูมิ

5.1 ความหมายของความสามารถเชิงปริภูมิ

นักวัดผล และนักจิตวิทยาได้ให้ความหมายของคำว่า Spatial Ability เป็นความสามารถ ทางด้านมิติสัมพันธ์ ส่วนนักคณิตศาสตร์ เรียกว่า ความสามารถเชิงปริภูมิ ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอใช้คำว่า ความสามารถเชิงปริภูมิแทนคำว่า ความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์ จาก การศึกษาเอกสารและงานวิจัยพบว่ามีนักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของ ความสามารถเชิงปริภูมิ (Spatial Ability) ไว้หลายท่านดังมีงานวิจัยและนักการศึกษาได้กล่าวไว้ดังนี้

เทอร์สโตน, กิลฟอร์ดและเลสซี, เฟรินซ์. (ลัวัน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2541: 149; อ้างอิงจาก Thustone. 1938, Guilford; & Lacey. 1947, French. 1951) ได้ให้นิยามสอดคล้องกัน ว่า มิติสัมพันธ์เป็นความสามารถในการมองภาพที่มีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงที่อยู่ในกรอบสิ่งเร้า รวมทั้งความสามารถในการมองภาพวัตถุที่มองจากมุมแตกต่างกันและยังมองในแง่ความสามารถใน การคิดหารายละเอียดว่ารูปทรงเหล่านั้นความสัมพันธ์กันหรือมีปัญหาคือส่วนหนึ่งส่วนใดอย่างไร

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา. (จิตาร์ตัน ลือโลก. 2554: 60; อ้างอิงจาก NCTM.1995) ได้กล่าวว่า ความรู้สึกระหว่างปริภูมิ (Spatial perception) หรือการนึกภาพ (Spatial visualization) และยังสามารถแสดงถึงจำนวนของความสามารถเชิงปริภูมิ เช่นเดียวกับ ความสามารถของมโนภาพในการเคลื่อนที่หรือการแทนที่ที่เกิดจากการหมุน การพับ หรือใช้การ แทนที่ของวัตถุ

อนาสตาซี (Anatasi. 1961: 344) กล่าวถึงความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบที่แตกต่างกัน คือการรับรู้ทางด้านมิติสัมพันธ์ หรือความสัมพันธ์ของรูปทรงเรขาคณิต และการมองเห็นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งหรือเปลี่ยนรูป

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2542: 9) กล่าวว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการสร้างภาพ 3 มิติ ที่มองเห็นรอบๆ ตัวให้เกิดขึ้นในใจของตนเอง รับรู้เกี่ยวกับสี เส้น พื้นที่ รูปทรง เนื้อที่ หรือความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ตลอดจนความสามารถที่จะมองเห็นและแสดงออกในสิ่งที่เห็น

ล้วน สายยศ (2541: 150) กล่าวว่า ความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการจินตนาการถึงขนาดและมิติต่างๆ ตลอดจนทรวดทรงที่มีรูปร่างลักษณะแตกต่างกันทั้งอยู่ในระนาบเดียวและหลายระนาบรวมทั้งความสามารถในการมองภาพต่างๆ ที่เคลื่อนไหวซ้อนทับกันหรือซ้อนอยู่ภายในตลอดจนถึงการแยกภาพประกอบภาพและการจำแนกตำแหน่งที่อยู่ บน – ล่าง ซ้าย-ขวา ระยะทางใกล้ – ไกลด้วย

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า ความสามารถเชิงปริภูมิ (Spatial Ability) หมายถึงความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียนแต่ละคนที่สามารถมองเห็นภาพความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ รูปภาพ รูปทรง ระยะใกล้ – ระยะไกล บน – ล่าง ซ้าย – ขวา หรือมุมที่แตกต่างกัน รวมถึงการจำแนกตำแหน่งที่ตั้งหรือประกอบรูปร่างต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทั้งที่สามารถมองเห็นหรือมองไม่เห็น และความสัมพันธ์ที่มีโมโนภาพในการมองเห็นรูปทรง เมื่อมีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนตำแหน่งหรือมีการแปลงสภาพไปซ้อนทับกัน หรือซ้อนอยู่ภายใน

5.2 ความสำคัญของความสามารถเชิงปริภูมิ

นักการศึกษาและนักคณิตศาสตร์กล่าวถึงความสำคัญของความสามารถเชิงปริภูมิต่อการเรียนการสอนดังนี้

แรนนักซี (นัยนา บุญสมร (2550: 32), สุจิรา มุสิกะเจริญ (2542: 20); อ้างอิงจาก Rannucci. 1964: 19-23) กล่าวว่าในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ให้ได้ผลดีนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะมีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงเพราะคณิตศาสตร์ทุกวิชาไม่ว่าจะเป็นเลขคณิต พีชคณิต เรขาคณิต หรือแม้แต่แคลคูลัส เวลาคำนวณต้องใช้คุณสมบัติทางมิติสัมพันธ์ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งนั้นโดยทุกคนมักจะลงมือด้วยการเขียนรูปหรือ นึกภาพเอาในอากาศ ถ้าสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของรูปที่ซับซ้อนได้ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก็จะง่ายขึ้น

อรรถศาสตร์ นิมิตรพันธ์ (2542: 22) กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิตว่า ควรจัดกิจกรรมเรขาคณิตเพื่อให้เกิดวิสัยทัศน์ทางคณิตศาสตร์และพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ตลอดจนการสร้างเจตคติที่ดีเนื่องจากธรรมชาติของเรขาคณิตเป็นเนื้อหาที่เอื้อที่จะสอนให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่มีวิจรรย์ญาณช่างสังเกตช่างสำรวจและมีเหตุผล

ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ (2541: 24) กล่าวถึงประโยชน์ของแบบทดสอบความถนัดในการใช้วินิจฉัยความสามารถว่าโดยสรุปประเด็นที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้ว่า แบบทดสอบความถนัดเป็นเครื่องมือสำหรับค้นหาสาเหตุหรือต้นกำเนิดของความเก่ง-อ่อน ในการเรียนเช่นนักเรียนที่ตกวิชาเรขาคณิตบ่อยๆก็เพราะมีสมรรถภาพทางด้านเหตุผล และมีดิสัมพันธ์น้อยเกินไป ซึ่งถ้าครูรู้ถึงสาเหตุนี้แล้วการหาวิธีแก้โดยอาจให้ทำแบบฝึกหัดเพิ่มมากขึ้น

จากการศึกษาความสำคัญของความสามารถด้านเชิงปริภูมิที่มีต่อการเรียนคณิตศาสตร์พบว่า ความสามารถเชิงปริภูมิเป็นสิ่งจำเป็นในการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาเรขาคณิตเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในสาขาอื่น ๆ ต่อไป

5.3 รูปแบบของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

สำนักทดสอบ (The Nation Foundation for Educational Research (NFER)) แห่งประเทศอังกฤษได้นำเสนอแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เป็นแบบต่าง ๆ ไว้หลายแบบด้วยกัน ได้แก่ แบบวาดภาพ (Drawing) แบบจัดภาพลงกระดาน (Shape Direction From Board) แบบหารูปที่คล้ายคลึงกัน (Spatial analogies) แบบซ่อนภาพภาพ (Embedded Figures) แบบประกอบภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square Completing) แบบรูปแบบการรับรู้ (Pattern Perception) แบบประกอบภาพ รับรู้ (Pattern Completion) แบบวาดภาพกลับจากที่กำหนดให้ (Inverse Drawing) แบบสร้างสมการภาพแบบ A (Form Equation A) แบบประกอบลูกบาศก์ (Block Building) แบบสร้างสมการภาพแบบ B (Form Equation B) แบบตัดส่วนของวัตถุ (Section of Solide) แบบลอกแบบ (Copying) และแบบมองวัตถุจากด้านบน (Projection of Solide) (จิตา ลือโลก. 2554: 74; อ้างอิงจาก Smith. 1964: 365-371)

จากการศึกษาแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปนั้นมีรูปแบบแตกต่างกันไป หลายรูปแบบ ดังต่อไปนี้

แบบทดสอบ General Aptitude Test Battery (GATB) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยกรมแรงงานสหรัฐฯ ใช้ทดสอบกับนักเรียน ระดับเกรด 9-12 และผู้ใหญ่ เพื่อใช้ในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับอาชีพ ในแบบทดสอบฉบับล่าสุด ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 12 ฉบับ สำหรับฉบับที่ใช้วัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นแบบภาพสามมิติ (นัยนา บุญสมร 2552: 33-34; อ้างอิงจาก Thorndike. 1969: 353-354)

แบบทดสอบ Primary Mental Ability (PMA) สร้างโดยเทอร์สโตนซึ่งในส่วนที่ใช้วัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์โดยใช้แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบหมุนภาพสองมิติบนพื้นราบ แบบทดสอบสามมิติแบบเล็งทิศทาง แบบทดสอบแบบตัดกระดาษ และแบบทดสอบแบบนับลูกบาศก์ (จิตา ลือโลก. 2554: 75, นัยนา บุญสมร 2552: 33; อ้างอิงจาก Cronbach. 1970: 326-327)

แบบทดสอบแบบ Mechanical Aptitude and Spatial Relation Test เป็นแบบทดสอบที่นิยมใช้กันในปัจจุบันประกอบด้วยแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ แบบทดสอบการให้เหตุผลโดยใช้สัญลักษณ์ และแบบทดสอบความถนัดทางด้านเครื่องจักร (ธิดา ลือโลก. 2554: 75; อ้างอิงจาก Levy and Levy. 2001)

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2541: 149-160) ได้เสนอรูปแบบของการเขียนแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ออกเป็น 10 รูปแบบดังนี้

1. แบบทดสอบซ่อนภาพ เป็นความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แบบหนึ่ง ที่วัดความสามารถในการมองภาพ ที่มีสิ่งกีดขวาง กีดกันหรือเส้นทับ จะมองเห็นรูปร่างนั้นไม่ถนัด จะเห็นแต่เพียงบางส่วนแต่ผู้สอบจะสามารถบอกได้ว่าเป็นรูปที่กำหนดให้ซ่อนอยู่ในนั้นและอยู่ในลักษณะใด อาจเป็นการซ่อนทิศทางเดิมขนาดเท่าเดิมหรือเปลี่ยนทิศทาง หรือเปลี่ยนแปลงขนาดก็ได้

2. แบบทดสอบซ่อนภาพ กำหนดภาพทางซ้ายมือ 2 ภาพ แล้วตั้งคำถามว่า ถ้านับภาพ 2 ภาพนี้ ซ้อนทับกันจะเป็นภาพใดในด้านขวามือ การซ่อนภาพไม่นิยมซ่อนแบบปิดไปปิดมาเป็นมุมต่าง ๆ มักนิยมซ่อนกันตรงไปตรงมาตามตำแหน่งเดิม

3. แบบทดสอบแยกภาพ แบบทดสอบประเภทนี้มุ่งวัดความสามารถในการพิจารณาแยกภาพที่กำหนดให้ ว่าถ้าแยกแล้วจะได้แก่กลุ่มใด วิธีสร้างข้อสอบนี้จะกำหนดภาพใหม่ทางซ้ายมือ 1 ภาพ แล้วลากเส้นประไว้ให้ทราบว่าแยกตามเส้นนั้น ส่วนตัวเลือกจะเป็นส่วนประกอบที่แยกออกมาวางเรียงให้อยู่ในลักษณะต่าง ๆ กัน

4. แบบต่อภาพ แบบทดสอบนี้คล้าย ๆ กับแบบทดสอบแยกภาพแต่ที่แตกต่างอย่างชัดเจนก็ตรง กำหนดภาพทางซ้ายมือให้ไม่สมบูรณ์แบบ แล้วให้ผู้ตอบเลือกภาพทางขวามือซึ่งเป็นตัวเลือกเอามา ประกอบ หรือต่อดูว่าจะเป็นรูปใดจึงจะทำให้ภาพทางซ้ายมือรูปโดยสมบูรณ์แบบ ตัวแบบมักจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือวงกลมเป็นส่วนใหญ่ แต่ถ้าเป็นแบบใดก็ควรอธิบายให้ผู้ตอบ เข้าใจแจ่มแจ้ง มิฉะนั้นจะไม่รู้ว่าให้ประกอบเป็นภาพอะไร

5. แบบทดสอบหมุนภาพ แบบทดสอบนี้กำหนดภาพให้ทางซ้ายมือ แล้วสร้าง เงื่อนไขว่าจะหมุนภาพไปทิศทางใดต้องบอกไว้ให้ชัดเจน เช่น บอกว่าหมุนภาพที่กำหนดให้ไปตาม แนวการหมุนของเข็มนาฬิกา หรือจะบอกว่าหมุนทวนเข็มนาฬิกาก็ได้ ถ้าพยายามเติมเส้นให้มากขึ้น ความยากก็จะเพิ่มขึ้น หรือหากต้องการให้ยากขึ้นอีกต้องเขียนรูปทรงที่หลายเส้นจะทำให้การพิจารณาการหมุนภาพยากขึ้นอีกมาก ถ้าเป็นภาพทรงเรขาคณิตที่แปลก ๆ จะวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้เที่ยงตรงมากขึ้น

6. แบบทดสอบประกอบภาพสามมิติ แบบทดสอบประเภทนี้จะมีภาพทางซ้ายมือซึ่งเป็นแบบระนาบหรือแบบมิติเดียว ให้ดูก่อน ซึ่งส่วนใหญ่สมมติให้เป็นแผ่นกระดาษ โดยมีเส้นหรือรอยที่จะให้พับเป็นกล่องไว้ เรียบร้อยแล้ว แต่ละด้านของกล่องมองเห็นชัดเจน ให้ผู้สอบพับเป็นกล่องสามมิติ มีหลักในการเขียน ข้อสอบคือพยายามเขียนตัวถูกให้ตีเสียก่อน แล้วค่อยเขียนตัวลง

7. แบบทดสอบหาด้านตรงข้ามจากลูกบาศก์ แบบทดสอบนี้จะอาศัยเหตุผลในการช่วยพิจารณาว่า ลูกบาศก์ที่ให้ไว้ในแต่ละ หน้ามีเครื่องหมายอะไร ซึ่งลูกบาศก์มีด้านทั้งหมด 6 ด้าน แต่ละด้านจะมีเครื่องหมายแตกต่างกันไป โดยแสดงตำแหน่งของด้านต่าง ๆ ของลูกบาศก์ให้เห็นทีละ 3 ด้าน ไว้ก่อน 3 ลูกด้านซ้าย แล้วให้ หาด้านตรงข้ามของด้านที่กำหนดให้ ที่ถือว่าแบบทดสอบลักษณะนี้เป็นการวัดมิติสัมพันธ์ก็เพราะ หน้าๆ หนึ่งของลูกบาศก์ก็เหมือนระนาบหนึ่ง ลูกบาศก์เป็นรูปสามมิติ เมื่อระนาบเปลี่ยนหรือหมุนแล้วให้หาด้านตรงข้ามด้วยความรวดเร็วจึงถือว่าใช้ความสามารถด้านนี้

8. แบบทดสอบภาพตัดกระดาษ แบบทดสอบประเภทนี้อาศัยจินตนาการจากการเอากระดาษเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า มาพับกลางแล้วตัดส่วนที่พับนั้น อยากรู้ว่าคลีออกมาแล้วน่าจะเป็นรูปใด ตัวข้อสอบที่ผู้สอบจะทำให้ยากขึ้น ขึ้นอยู่กับการตัดของกระดาษ

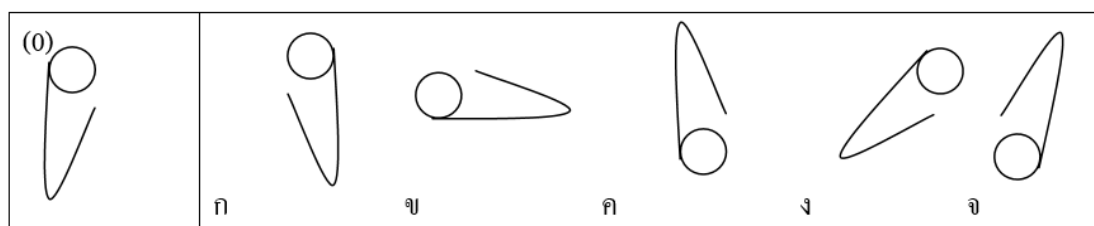
9. แบบทดสอบการนับลูกบาศก์ แบบทดสอบนี้เป็นภาพสามมิติ เกิดจากการนำเอาลูกบาศก์มากองซ้อนทับกัน โดยให้เห็นเป็นบางส่วน แล้วให้ผู้สอบตอบโดยการใช้อจินตนาการนับลูกบาศก์นั้นตามความเป็นจริง

10. แบบทดสอบประกอบส่วนย่อย แบบทดสอบลักษณะนี้โจทย์จะกำหนดส่วนประกอบย่อย ๆ มาให้แล้วถามว่า ถ้าเอาส่วนประกอบย่อยมาประกอบรวมกันโดยถูกวิธีแล้วจะได้เป็นรูปแบบใด มีได้ทั้งภาพเหมือน และภาพทรงเรา

จากการศึกษารูปแบบและแบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ สรุปได้ว่า การวัดความสามารถเชิงปริภูมิสามารถใช้แบบทดสอบได้หลายรูปแบบ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ 3 รูปแบบ คือแบบหมุนภาพ แบบซ้อนภาพ และแบบนับลูกบาศก์ดังภาพ

1. แบบหมุนภาพ แบบทดสอบนี้กำหนดภาพให้ทางซ้ายมือ แล้วสร้างเงื่อนไขว่าจะหมุนภาพไปทิศทางใดต้องบอกไว้ให้ชัดเจน เช่น บอกว่าหมุนภาพที่กำหนดให้ไปตามแนวการหมุนของเข็มนาฬิกา หรือจะบอกว่าหมุนทวนเข็มนาฬิกาก็ได้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้ให้เงื่อนไขว่าภาพหมุนตามเข็มนาฬิกา ดังภาพประกอบ 6

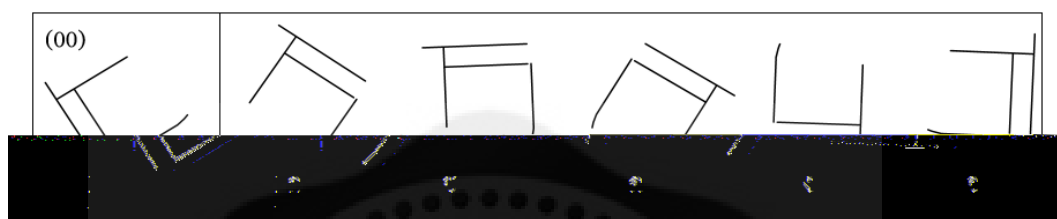
คำชี้แจง ให้พิจารณาภาพดูว่าภาพใดจาก ก-จ มีภาพใดเป็นภาพที่เกิดจากหมุนภาพต้นแบบทางซ้ายมือที่กำหนดให้ไปในตามเข็มนาฬิกา



ภาพประกอบ 6 แบบทดสอบวัดความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์แบบหมุนภาพ

ถ้าพิจารณาแล้วจะเห็นว่าคำตอบถูกต้องคือ ค. เพราะตัวอื่นหมุนทวนเข็มนาฬิกา ทั้งนี้ การเขียนตัวลงต้องพยายามให้อยู่ในรูปเดิมทุกประการ เพียงแต่ลงรูปในรูปแบบการหมุน เท่านั้น ตัวอย่างข้อ (0) นี้รูปคล้ายอักษรไทยอาจทำให้จับจุดได้ง่าย

คำชี้แจง ให้พิจารณาภาพดูว่าภาพใดจาก ก-จ มีภาพใดเป็นภาพที่เกิดจากหมุนภาพต้นแบบทางซ้ายมือที่กำหนดให้ไปในตามเข็มนาฬิกา



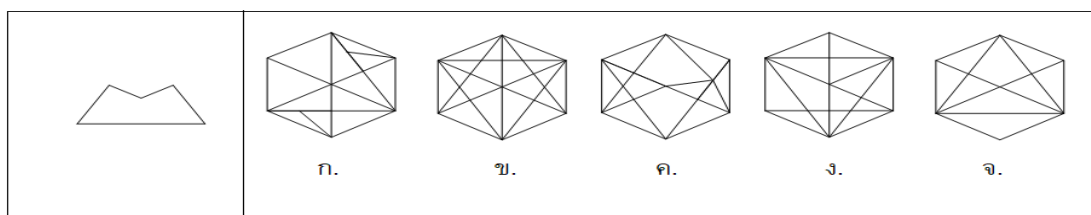
ภาพประกอบ 7 แบบทดสอบวัดความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์แบบหมุนภาพ

จากตัวอย่างของ (00) พยายามเติมเส้นให้มากขึ้น ความยากก็จะเพิ่มขึ้น หรือ หากต้องการให้ยากขึ้นอีกต้องเขียนรูปทรงที่มีหลายเส้นจะทำให้การพิจารณาการหมุนภาพยากขึ้น อีกมาก ถ้าเป็นภาพทรงเรขาคณิตที่แปลก ๆ จะวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้เที่ยงตรงมากขึ้น จากตัวอย่างข้อ (00) พยายามเติมเส้นให้มากขึ้น ความยากก็จะเพิ่มขึ้น หรือหากต้องการให้ยากขึ้นอีกต้องเขียนรูปทรงที่มีหลายเส้นจะทำให้การพิจารณาการหมุนภาพยากขึ้นอีกมาก ถ้าเป็นภาพทรงเรขาคณิตที่แปลก ๆ จะวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้เที่ยงตรงมากขึ้น

2. แบบซ่อนภาพ ข้อสอบแต่ละข้อมุ่งวัดความสามารถในการค้นหาภาพที่กำหนดให้หายไป ซ่อนอยู่ ณ ที่ใดในภาพสถานการณ์อื่น ๆ คนที่มีความสามารถในด้านมิติสัมพันธ์แบบซ่อนภาพจะค้นหาสิ่งที่ต้องการในกองอื่น ๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

ก) แบบซ่อนเดียว หมายความว่า ข้อเดียวมีภาพที่กำหนดให้เพียงภาพเดียว แล้วนำภาพนั้นไปซ่อนในตัวเลือกว่าหนึ่งที่ถูก ส่วนตัวลงต้องพยายามหาภาพที่คล้าย ๆ ภาพที่กำหนดให้มากที่สุดซ่อนเอาไว้ เพื่อให้ข้อสอบยากขึ้นในตัวเลือกลงจะต้องขีดเส้นใต้ผ่านไปมาด้วยจึงจะดี ดังภาพประกอบ 8

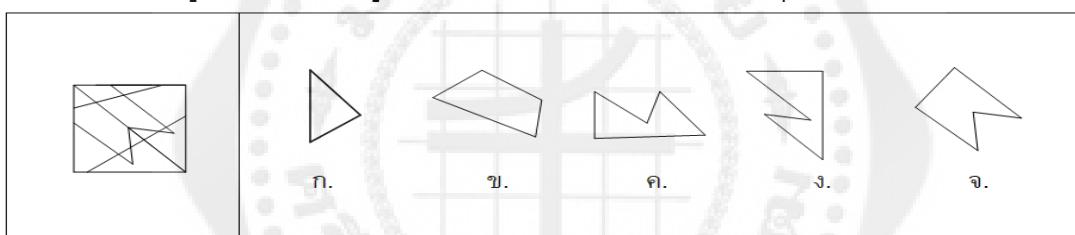
คำชี้แจง ให้พิจารณาภาพดูว่าภาพใดจาก ก-จ มีภาพที่มีรูปร่าง ขนาด ทิศทางเช่นเดียวกับภาพทางซ้ายมือที่กำหนดให้ซ่อนอยู่



ภาพประกอบ 8 แบบทดสอบวัดความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์แบบซ่อนภาพ

ข) แบบซ่อนคงที่ วิธีออกข้อสอบแบบนี้กำหนดแบบที่จะซ่อนคงที่ 5 ตัว หรือ 4 ตัว แล้วแต่ความต้องการ แล้วเขียนข้อสอบเป็นชุด ๆ ดังภาพประกอบ 9

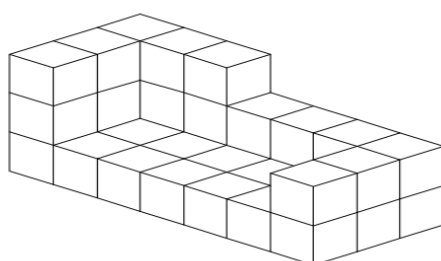
คำชี้แจง ให้ภาพที่กำหนดให้ ก ข ค ง และ จ ไปพิจารณาดูในข้อสอบแต่ละข้อว่ามีภาพใดซ่อนอยู่ ภาพที่ซ่อนอยู่นั้นมีขนาดและทิศทางเหมือนเดิมทุกประการ



ภาพประกอบ 9 แบบทดสอบวัดความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์แบบซ่อนคงที่

3. แบบนับลูกบาศก์ แบบทดสอบประเภทนี้เป็นภาพสามมิติเหมือนกัน เกิดจากการนำเอาลูกบาศก์มากองซ้อนทับกันโดยให้เห็นเป็นบางส่วน แล้วให้ผู้สอบตอบโดยการจินตนาการนับลูกบาศก์นั้นตามความเป็นจริง ซึ่งก็ถือว่าเป็นแนวการวัดทางมิติสัมพันธ์แบบหนึ่งเหมือนกัน ดังภาพประกอบ 10

คำชี้แจง จงนับลูกบาศก์ที่กำหนดให้ว่ามีจำนวนเท่าใด



- ก. 28
- ข. 30
- ค. 35
- ง. 37
- จ. 38

ภาพประกอบ 10 แบบทดสอบวัดความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์แบบนับลูกบาศก์

5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสามารถเชิงปริภูมิ

งานวิจัยต่างประเทศ

ซิค (Shich. 1985: 363) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพทางด้านมิติสัมพันธ์ เจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 7-8 พบว่าสมรรถภาพทางด้านมิติสัมพันธ์ มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ และเปรียบเทียบสหสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กับสมรรถภาพทางด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชายสูงกว่านักเรียนหญิง พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กับคะแนนสมรรถภาพทางด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชายสูงกว่านักเรียนหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แฮนนาฟิน และเวอมิลเลียน (Hannfin; & Vermillion. 2008: Online) ได้ทำการศึกษาความสามารถเชิงปริภูมิและบทเรียนโปรแกรมเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนเกรด 6 เป็นโรงเรียนที่อยู่ใกล้กับ Northeastern University ทำการทดลองโดยการแบ่งนักเรียนออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกเรียนด้วยซอฟต์แวร์โปรแกรม GSP กลุ่มที่สองเรียนด้วยบทเรียนจากครูเป็นผู้สอน ผลจากการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยซอฟต์แวร์โปรแกรม GSP มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนจากครูเป็นผู้สอน และยังพบอีกว่านักเรียนที่มีความสามารถเชิงปริภูมิสูงนั้นจะมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถเชิงปริภูมิต่ำ

งานวิจัยในประเทศ

สุจิรา มุสิกะเจริญ (2542: 49–50) ได้วิจัยการเปรียบเทียบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเส้นขนานและความคล้ายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้และไม่ใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ทางเรขาคณิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องเส้นขนานและความคล้าย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากรปีการศึกษา 2542 จำนวน 75 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 38 คน เป็นกลุ่มที่เรียนโดยใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ทางเรขาคณิต คือโปรแกรม The Geometer's Sketchpad ซึ่งจัดกิจกรรมเป็น 3 ขั้นตอน คือสร้างรูปทดลอง (ลองผิดลองถูก) และหาข้อสรุปและกลุ่มควบคุม 37 คน เป็นกลุ่มที่เรียนโดยไม่ใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ทางเรขาคณิตเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือแบบวัดความผลความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ทางเรขาคณิตมีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องเส้นขนานและความคล้ายไม่แตกต่างกับนักเรียนที่เรียนโดยไม่ใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ทางเรขาคณิต

นัยนา บุญสมร (2550: 89–96) ได้วิจัยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางเรียนคณิตศาสตร์ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และเจตคติวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการสอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) กับวิธีการสอนปกติ ผลการวิจัย

พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) และนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนตามปกติมีความสามารถด้วยมิติสัมพันธ์มีคะแนนจากแบบทดสอบด้วยรูปแบบหาด้านตรงข้ามลูกบาศก์และจากแบบทดสอบด้วยรูปภาพแบบหมุนภาพไม่แตกต่างกัน แต่ นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad : GSP มีคะแนนความสามารถมิติสัมพันธ์จากแบบทดสอบด้วยรูปแบบซ้อนภาพสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่เรียนด้วยการสอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) มีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ดีกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เยาวภา ผูกสมัคร (2554: 120–121) ได้ศึกษาการใช้ชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อปรับอิทธิพลของสมรรถภาพทางด้านสมองด้านมิติสัมพันธ์ ผลการวิจัยพบว่าชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP มีประสิทธิภาพ 75/75 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การแปลงทางเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างกลุ่มที่สอนด้วยชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่สอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อปรับอิทธิพลของสมรรถภาพทางด้านสมองด้านมิติสัมพันธ์ 3) เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่สอนด้วยชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมินั้นมีความสัมพันธ์ต่อการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นต่าง ๆ มาก ทำให้นักเรียนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และมีพัฒนาการทางต้นต่าง ๆ สูงขึ้น ช่วยให้นักเรียนมีจินตนาการ สามารถมองภาพของส่วนประกอบต่าง ๆ มีความสามารถในการแก้ปัญหาได้คล่องแคล่วว่องไวขึ้น

6. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

6.1 หลักการของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

การวิเคราะห์ตัวแปรร่วมเป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณและตัวแปรเชิงกลุ่ม หรือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของหลายๆ กลุ่มเช่นเดียวกับ ANOVA การวิเคราะห์ตัวแปรร่วมเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ควบคุมตัวแปรร่วม ตัวแปรร่วมจะมีหนึ่งตัว สองตัวหรือมากกว่าสองตัวก็ได้ ในการวิเคราะห์ตัวแปรร่วมผู้วิจัยต้องวัดค่าของตัวแปร 2 ชนิด ชนิดหนึ่งคือตัวแปรร่วม (Covariate) อีกชนิดหนึ่งคือตัวแปรตาม (Dependent Variable) ถ้าผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างโดยใช้โดยในแต่ละ Subject คือ นักเรียนแต่ละคนเป็นหน่วยตัวอย่าง (Sampling Unit) ให้เข้ากลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มเพื่อให้ได้รับวิธีสอนแต่ละวิธีได้ ก็สามารถที่จะ assume ได้ว่ากลุ่มตัวอย่างเท่าเทียมกันก่อนที่จะ

เริ่มทำการทดลอง หลังทดลองแล้ว วิเคราะห์ผลที่วัดได้ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ แต่ถ้าผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างโดยใช้ห้องเรียนแต่ละห้องเป็นหน่วยตัวอย่างโดยที่ห้องเรียนแต่ละห้องจัดแบบคละ กลุ่มตัวอย่างที่สุ่มอาจจะไม่เท่าเทียมกัน เพราะหน่วยตัวอย่างที่ใช้สุ่มใหญ่เกินไป ในกรณีนี้ การวิเคราะห์ข้อมูลไม่ควรใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่ควรใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

หลักการของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจะพยายามลดความผันแปรหรือความแตกต่างภายในกลุ่มเดียวกันหรือภายในวิธีสอนวิธีเดียวกัน ถ้าตัวแปรร่วมและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์เหมือนกันในแต่ละกลุ่มจะสามารถลดความแปรผันของคะแนนตัวแปรตามภายในแต่ละกลุ่ม โดยการกำจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วม การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจะใช้หลักการของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น กับการวิเคราะห์ความถดถอยร่วมกัน (กัลยา วาณิชยบัญชา. 2554: 171-172, ชูศรี วงศ์รัตน์. 2553: 291)

6.2 เงื่อนไขของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

6.2.1 ภายในแต่ละกลุ่ม ความสัมพันธ์ระหว่าง Covariate กับตัวแปรตามจะต้องมีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น

6.2.2 การแจกแจงของค่าคลาดเคลื่อน(Error or Residual) เป็นแบบปกติ (Normal)

6.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วม (Covariate) กับตัวแปรตามจะต้องเหมือนกันทุกกลุ่ม จากเงื่อนไขนี้จึงทำให้ผู้วิเคราะห์ต้องทดสอบความเท่ากันของ Slope เส้นตรง ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (กัลยา วาณิชยบัญชา. 2554: 173)

6.3 งานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

งานวิจัยต่างประเทศ

แวมผูด และดิว (เยาวภา ผูกสมัคร. 2554; อ้างอิงจาก อนุภูมิคำยัง 2552; Wampoid; & Drew.1990: 349-352) กล่าวว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ลีโอนาท (เยาวภา ผูกสมัคร. 2554; อ้างอิงจาก อนุภูมิคำยัง 2552; Leonard.1958: 347) พบว่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรร่วมน้อยกว่า 0.4 แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม แต่สหสัมพันธ์มากกว่า 0.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแตกต่างของคะแนนมีประสิทธิภาพต่ำกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมและแผนการวิเคราะห์แบบแฟคทอเรียลในทุกค่าสหสัมพันธ์

งานวิจัยในประเทศ

เยาวภา ผูกสมัคร (2554: 117-121) ได้ศึกษาผลการใช้ชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อปรับอิทธิพลของสมรรถภาพทางด้านสมองด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างชุดที่สอนด้วยชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP กับกลุ่มที่สอนแบบปกติ และเปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของ

นักเรียนกลุ่มที่สอนด้วยชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP ก่อนและหลังการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ผลการทดลองพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่สอนด้วยชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

อรรคพล คำภู (2543) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบอุปนัยวิธีสอนแบบนิรนัยและวิธีการสอนตามคู่มือครู พบว่า ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมที่มีคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นตัวแปรร่วมนั้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการเรียนระหว่างวิธีการสอนแบบอุปนัย วิธีการสอนแบบนิรนัย และวิธีการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 หลังจากนำคะแนนทดสอบก่อนเรียนไปเป็นตัวแปรร่วมแล้ว พบว่า วิธีการสอนแบบอุปนัยทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกับวิธีการสอนแบบนิรนัย และวิธีการสอนแบบนิรนัยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกับวิธีการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ส่วนวิธีการสอนแบบอุปนัยทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกับวิธีการตามคู่มือครู อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม สรุปได้ว่าการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวความแปรปรวนร่วมนั้น ผลการทดลองนั้นมาจากตัวแปรอิสระที่ผู้วิจัยการศึกษาเพียงปัจจัยเดียว หรือเป็นผลมาจากตัวแปรแทรกซ้อนที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามที่ผู้วิจัยศึกษา และสามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแทรกซ้อนและตัวแปรตามได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experiment Design) โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนนุทยวิทยาเขต อำเภอเมืองจังหวัดอุทัยธานี จำนวน 391 คน จำนวน 10 ห้องเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนุทยวิทยาเขต อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ห้องเรียนแต่ละห้องเป็นหน่วยตัวอย่าง (Sampling unit) และสุ่มกำหนดกลุ่มที่จะจัดกระทำ (Random treatment) จำนวน 2 ห้องเรียน จากจำนวน 10 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 63 คน ห้องเรียนแรกจำนวน 32 คน เป็นกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ส่วนอีกห้องเรียนจำนวน 31 คน เป็นกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือในการทดลองและเก็บข้อมูลดังนี้

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้

2.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติจำนวน 4 แผน ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ภาพของรูปเรขาคณิตสามมิติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง หน้าตัดของรูปเรขาคณิตสามมิติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ภาพที่ได้จากการมองด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบน ของรูปเรขาคณิตสามมิติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รูปเรขาคณิตที่ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์

2.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูป

เรขาคณิตสองมิติและสามมิติจำนวน 4 แผน ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ภาพของรูปเรขาคณิตสามมิติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง หน้าตัดของรูปเรขาคณิตสามมิติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ภาพที่ได้จากการมองด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบน ของรูปเรขาคณิตสามมิติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รูปเรขาคณิตที่ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบวัดความรู้ของผู้เรียนก่อนเรียน หลังเรียนทันที และหลังเรียนไปแล้ว 2 สัปดาห์ เรื่อง ความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ แบบทดสอบแบบมี 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

2.3 แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ เป็นแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดความสามารถเชิงปริภูมิของผู้เรียน แบบทดสอบแบบมี 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ แบบทดสอบแบ่งเป็น 3 ชุด ชุดละ 10 ข้อ ดังนี้ 1) แบบหมุนภาพ 2) แบบซ้อนภาพ 3) แบบนับลูกบาศก์

3. การสร้างและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้

3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ดำเนินการดังนี้

3.1.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 และหลักสูตรสถานศึกษา ศึกษาขอบข่ายของเนื้อหาเรขาคณิต มาตรฐานตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้ของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รายวิชา ค21102 คณิตศาสตร์พื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

3.1.1.2 ศึกษาทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)

3.1.1.3 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้และตัวชี้วัดเกี่ยวกับ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับสาระที่ 3 เรขาคณิต โดยประกอบไปด้วย มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสาม

มิติ และมาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึกภาพ (Visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (Spatial Reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (Geometric Model) ในการแก้ปัญหา จากนั้นผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 หน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ ที่ 1 เรื่อง ภาพของรูปเรขาคณิตสามมิติ

หน่วยการเรียนรู้ ที่ 2 เรื่อง หน้าตัดของรูปเรขาคณิตสามมิติ

หน่วยการเรียนรู้ ที่ 3 เรื่อง ภาพที่ได้จากการมองด้านหน้า ด้านข้าง

และด้านบน ของรูปเรขาคณิตสามมิติ

หน่วยการเรียนรู้ ที่ 4 เรื่อง รูปเรขาคณิตที่ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์

ผู้วิจัยได้จัดทำโครงสร้างหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 และโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 รายวิชา ค 21102 คณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ดังตาราง 2 และตาราง 3



ตาราง 2 โครงสร้างหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้
คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้ แกนกลาง	หน่วยการเรียนรู้ที่
มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูป เรขาคณิตสองมิติและสามมิติ	อธิบายลักษณะของ รูปเรขาคณิตสามมิติ จากภาพที่กำหนดให้	ภาพของรูป เรขาคณิตสามมิติ	1.ภาพของรูป เรขาคณิตสามมิติ
มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูป เรขาคณิตสองมิติและสามมิติ	อธิบายลักษณะของ รูปเรขาคณิตสามมิติ จากภาพที่กำหนดให้	หน้าตัดของรูป เรขาคณิต สามมิติ	2.หน้าตัดของรูป เรขาคณิต สามมิติ
มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึกภาพ(Visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับ ปริภูมิ(Spatial Reasoning) และใช้แบบจำลองทาง เรขาคณิต (Geometric Model) ในการแก้ปัญหา	ระบุภาพสองมิติที่ได้ จากการมองด้านหน้า (front view) ด้านข้าง (side view) หรือ ด้านบน (top view) ของรูปเรขาคณิตสาม มิติที่กำหนดให้	ภาพที่ได้จากการ มองด้านหน้า(front view) ด้านข้าง (side view) หรือด้านบน(top view)ของรูป เรขาคณิตสามมิติ	3.ภาพที่ได้จาก การมองด้านหน้า (front view) ด้านข้าง(side view) หรือด้านบน(top view)ของรูป เรขาคณิตสามมิติ
มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึกภาพ(Visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับ ปริภูมิ(Spatial Reasoning) และใช้แบบจำลองทาง เรขาคณิต (Geometric Model) ในการแก้ปัญหา	วาดหรือประดิษฐ์รูป เรขาคณิตสามมิติที่ ประกอบขึ้นจาก ลูกบาศก์เมื่อกำหนด ภาพสองมิติที่ได้จาก การมองด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบน ให้	หน้าตัดของรูป เรขาคณิต สามมิติ	4.หน้าตัดของรูป เรขาคณิต สามมิติ

ตาราง 3 โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 1 รายวิชา ค21102 คณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

หน่วยการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)	วันที่ดำเนินการ
1. ภาพของรูป เรขาคณิตสามมิติ	1. ลักษณะและส่วนประกอบของรูป เรขาคณิตสองมิติและสามมิติและการ เขียนภาพของรูปเรขาคณิตสามมิติ	1	30 ม.ค. 2560
	2. รูปคลี่ของรูปเรขาคณิตสามมิติ	1	2 ก.พ. 2560
2. หน้าตัดของรูป เรขาคณิตสามมิติ	3. หน้าตัดของรูปเรขาคณิตสามมิติ	1	6 ก.พ. 2560
	4. ลักษณะของหน้าตัดของรูป เรขาคณิตสามมิติ	1	7 ก.พ. 2560
3. ภาพที่ได้จาก การมองด้านหน้า ด้านข้างและ ด้านบนของรูป เรขาคณิตสามมิติ	5. ลักษณะของภาพสองมิติที่ได้จาก การมองทางด้านหน้า ด้านข้างหรือด้านบนของรูป เรขาคณิตสามมิติ	2	9 ก.พ. 2560, 13 ก.พ. 2560
	6. รูปเรขาคณิตสามมิติที่มีภาพทาง ด้านหน้า ด้านข้างและด้านบน	1	14 ก.พ. 2560
4. รูปเรขาคณิตที่ ประกอบขึ้น จาก ลูกบาศก์	7. การเขียนภาพทางด้านหน้า ด้านข้างและด้านบนของรูป เรขาคณิตสามมิติที่ประกอบขึ้น จากลูกบาศก์	2	16 ก.พ. 2560
	8. การวาดรูปทรงเรขาคณิตที่ ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์เมื่อ กำหนดภาพด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบนให้	2	20 ก.พ. 2560, 21 ก.พ. 2560
รวม		11	

3.1.1.4 สร้างแผนการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับตัวชี้วัด เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) จำนวนทั้งหมด 4 แผน รวมเวลาเรียน 11 คาบ รวมทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ มีขั้นตอนในแผนการจัดการเรียนรู้มีดังนี้ 1) มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด 2) สาระสำคัญ 3) สาระการเรียนรู้ 4) สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน 5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์ 6) ชิ้นงานและภาระงาน 7) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation) 8) สื่อ/แหล่งเรียนรู้ 9) การวัดและประเมินผล 10) บันทึกผลการทดลอง

3.1.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นโดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ไปให้อาจารย์ผู้ควบคุมปริญาานิพนธ์ ตรวจสอบความถูกต้องของการใช้ภาษา ความเหมาะสมของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

3.1.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นโดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 5 ท่าน ทุกท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์และการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ได้ตรวจสอบความถูกต้องของการใช้ภาษา ความเหมาะสมของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล เพื่อหา มีประเด็นที่แก้ไข ได้แก่ คำผิด ความชัดเจนและความถูกต้องของผลการเรียนรู้ ความสอดคล้องของเนื้อหา กิจกรรมและสื่อการเรียนรู้ ความสอดคล้องในเรื่องของผลการเรียนรู้กับการวัดและประเมินผล

3.1.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม ปีการศึกษา 2558 เพื่อหาข้อบกพร่อง จากการนำแผนไปทดลองใช้ พบว่าควรปรับปรุงเรื่องข้อความในการสื่อความหมายของกิจกรรมการเรียนการสอน ปรับระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนให้กระชับขึ้น แล้วนำไปมาปรับแก้จนเป็นแผนการเรียนรู้ที่สมบูรณ์

3.1.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้จริงกับกลุ่มทดลองต่อไป

ตาราง 4 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม
The Geometer's Sketchpad (GSP)

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 รหัสวิชา ค21102 รายวิชา คณิตศาสตร์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 2	กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เวลา 50 นาที
เรื่อง ภาพสองมิติที่ได้จากการมองด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบนของรูปเรขาคณิตสามมิติ	
หลักการ	การเรียนรู้แบบรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)
ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการสังเกต ร่วมกันอภิปราย สรุป และแสดง ความคิดเห็นร่วมกันเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ครูให้	1. ครูนำทรงสามมิติที่ประกอบด้วยรูป เรขาคณิตสองมิติหลายชนิดเช่น กล่องยา สีฟัน กล่องขนม กระปุกออมสินหรือ แบบจำลองทรงสามมิติ ให้นักเรียน นักเรียนดู และสนทนาซักถามเกี่ยวกับ รูปร่างลักษณะของทรงสามมิติที่นักเรียน มองเห็นจากตำแหน่งที่นั่งของนักเรียนแต่ ละคน 2. ครูสุ่มนักเรียนซึ่งนั่งในตำแหน่งต่างกัน เช่น หน้าห้อง ด้านหลังห้อง ในตำแหน่ง ตรงกลางริมทางซ้าย และริมทางขวา ให้ บรรยายลักษณะรูปร่างหรือเขียนรูปที่ได้ จากการมองทรงสามมิติในตำแหน่งเหล่านั้น 3. ครูให้นักเรียนที่นั่งอยู่ในตำแหน่งอื่น ๆ ร่วมกันแสดงความคิดเห็นว่า มองเห็น เหมือนกันหรือต่างกัน
ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นการให้นักเรียนศึกษาจากกิจกรรมใน โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) โดยนักเรียนจะต้องศึกษาและปฏิบัติตามขั้นตอน	4. ครูให้นักเรียนศึกษาจากกิจกรรมใน โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) โดยนักเรียนจะต้องศึกษาและ ปฏิบัติตามขั้นตอน

ตาราง 4 (ต่อ)

หลักการ	การเรียนรู้แบบรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)
ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นการให้ตัวแทนนักเรียนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมพร้อมแสดงแบบจำลองหน้าชั้น นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น ตอบคำถามเกี่ยวกับผลการทำกิจกรรม ให้นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น โดยครูเชื่อมโยงผลสรุปของนักเรียนกับความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องที่ครูเตรียมสรุปเป็นประเด็นให้ชัดเจนขึ้นจากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด	5. ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและตอบคำถาม -ทิศทางการสองด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบน ต้องเป็นอย่างไร -นักเรียนคิดว่ามีทรงสามมิติใดบ้างที่ภาพสองมิติจากการมองทั้งสามด้านเหมือนกัน -ให้นักเรียนสังเกตรูปเรขาคณิตสามมิติกับภาพสองมิติที่ได้จากการมองแต่ละด้าน นักเรียนคิดว่า ขนาดของภาพและขนาดของรูปเรขาคณิตเป็นอย่างไร -นักเรียนได้แนวคิดอะไรจากรูปเรขาคณิตสามมิติที่กำหนดให้
ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (elaboration) เป็นขั้นการนำความรู้ไปใช้หรือประยุกต์ความรู้ไปใช้สร้างผลงานหรือภาระงาน	6. ให้นักเรียนทำใบงานตรวจสอบความเข้าใจ แสดงความคิดเห็นและตอบคำถาม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นหาความเหมือนหรือความต่าง นักเรียนร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องนักเรียนนำแนวคิดและวิธีการที่ได้ไปใช้เพื่อแก้โจทย์ปัญหาในการทำแบบตรวจสอบความเข้าใจ ครูให้นักเรียนสร้างชิ้นงานออกแบบลดทอนจากรูปเรขาคณิตหรือออกแบบกล่องบรรจุภัณฑ์
ขั้นที่ 5 ประเมิน (evaluation) เป็นขั้นการประเมินใน 4 ขั้นตอนของการเรียนรู้ เพื่อหาจุดเด่น จุดบกพร่อง ข้อสงสัย และปรับแก้ไข พร้อมสืบสอบความรู้ต่อไปด้วยความสนใจใฝ่รู้	7. นักเรียนประเมินความเข้าใจในเนื้อหา ครูประเมินตรวจสอบความถูกต้องของการทำแบบตรวจสอบความเข้าใจ

3.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ดำเนินการดังนี้

3.1.2.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 และหลักสูตรสถานศึกษา โดยศึกษาขอบข่ายของเนื้อหารายวิชาและมาตรฐานตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

3.1.2.2 ศึกษาเนื้อหาที่จะใช้สอน เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้อยู่ในสาระที่ 3 เรขาคณิต โดยประกอบไปด้วย มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ และมาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึกภาพ (Visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (Spatial Reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (Geometric Model) ในการแก้ปัญหา โดยใช้หนังสือเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เล่ม 2 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

3.1.2.3 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ประกอบไปด้วย ขั้นนำ ขั้นสอน ขั้นสรุป และขั้นการวัดและประเมินผล มีทั้งหมด 4 แผน ขั้นตอนในแผนการจัดการเรียนรู้มีดังนี้

1) มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด 2) สาระสำคัญ 3) สาระการเรียนรู้ 4) สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน 5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์ 6) ชิ้นงานและภาระงาน 7) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นที่ 1 ขั้นการนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นที่ 2 ขั้นการสอน ขั้นที่ 3 ขั้นการสรุปบทเรียน ขั้นที่ 4 การวัดและประเมินผล 8) สื่อ/แหล่งเรียนรู้ 9) การวัดและประเมินผล 10) บันทึกผลการทดลอง

3.1.2.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ไปให้อาจารย์ผู้ควบคุมปริญาานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของการใช้ภาษา ความเหมาะสมของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

3.1.2.5 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 5 ท่าน ทุกท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์และจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ได้ตรวจสอบความถูกต้องของการใช้ภาษา ความเหมาะสมของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล เพื่อหา มีประเด็นที่แก้ไข ได้แก่ คำผิด ความชัดเจน และความถูกต้องของผลการเรียนรู้ ความสอดคล้องของเนื้อหา กิจกรรมและสื่อการเรียนรู้ ความสอดคล้องในเรื่องของผลการเรียนรู้กับการวัดและประเมินผล

3.1.2.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม ที่ไม่ใช้กลุ่มทดลอง เพื่อหาข้อบกพร่อง จากการนำแผนไปทดลองใช้ พบว่าควรปรับปรุงเรื่องข้อความในการสื่อความหมายของ

กิจกรรมการเรียนการสอน ปรับระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนให้กระชับขึ้น แล้วนำไปมาปรับแก้จนเป็นแผนการเรียนรู้ที่สมบูรณ์

3.1.2.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้จริงกับกลุ่มทดลองต่อไป
ตาราง 5 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1		กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์	
เรื่อง ภาพของรูปเรขาคณิตสามมิติ		รหัสวิชา ค21102 รายวิชา คณิตศาสตร์พื้นฐาน	
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1		ภาคเรียนที่ 2	ปีการศึกษา 2559
นาที่		เวลา 60	
หลักการ		การเรียนรู้แบบปกติ	
1.ขั้นการนำเข้าสู่บทเรียน เป็นกระบวนการที่ครูผู้สอนได้ทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อนำไปสู่ความรู้ใหม่ในการจัดการเรียนรู้		1.1 ครูแจ้งตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้ 1.2 ทบทวนความรู้เดิม 1.3 ครูเป็นผู้นำเสนอปัญหาหรือเนื้อหาสาระต่อนักเรียนทั้งชั้นในชั้นเรียน	
2. ขั้นการสอน เป็นขั้นที่นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนของครู เน้นการบรรยายจากครูผู้สอนเป็นหลัก โดยมีสื่อการเรียนรู้คือ หนังสือเรียนคณิตศาสตร์		2.1 ครูอธิบายเนื้อหาและตัวอย่างในหนังสือเรียน และร่วมกันอภิปรายตอบคำถามร่วมกัน 2.2 ให้นักเรียนร่วมกันทำแบบฝึกหัดในหนังสือเรียน 2.3 ให้ตัวแทนนักเรียนออกมาเฉลยแบบฝึกหัดหน้าชั้นร่วมกัน	
3. ขั้นการสรุปบทเรียน เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนได้ร่วมกันสรุปความรู้ที่เรียนมา ร่วมกันตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้ โดยใช้การอภิปรายเพื่อแสดงความคิดเห็น		3.1 ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นโดยครูเป็นผู้บูรณาการความคิด 3.2 ครูอธิบายเพิ่มเติม สรุปประเด็นให้ชัดเจนขึ้น	
4. ขั้นการวัดและประเมินผล โดยการตรวจแบบฝึกหัดจากหนังสือเรียนคณิตศาสตร์ เล่ม 2		4.1 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในหนังสือเรียนคณิตศาสตร์ เล่ม 2 4.2 ครูตรวจสอบความถูกต้อง	

3.2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดความรู้ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ จำนวน 30 ข้อ โดยใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

3.2.1. ศึกษาเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 และหนังสือคู่มือครูคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

3.2.2 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จำนวน 35 ข้อ โดยสร้างเครื่องมือวัดเป็นแบบ Test-Blueprint ลักษณะข้อสอบเป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนโดยครอบคลุมหน่วยการเรียนรู้ทั้ง 4 หน่วยการเรียนรู้ดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ ที่ 1 เรื่อง ภาพของรูปเรขาคณิตสามมิติจำนวน 5 ข้อ

หน่วยการเรียนรู้ ที่ 2 เรื่อง หน้าตัดของรูปเรขาคณิตสามมิติจำนวน 7 ข้อ

หน่วยการเรียนรู้ ที่ 3 เรื่อง ภาพที่ได้จากการมองด้านหน้า ด้านข้างและด้านบนของรูปเรขาคณิตสามมิติจำนวน 10 ข้อ

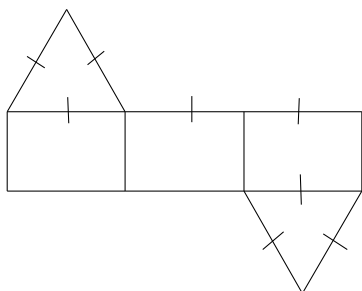
หน่วยการเรียนรู้ ที่ 4 เรื่อง รูปเรขาคณิตที่ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์จำนวน 13 ข้อ
ตาราง 6 ตารางวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

สาระการเรียนรู้	ระดับพฤติกรรมที่ต้องวัด				รวม
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	
1. ภาพของรูปเรขาคณิตสามมิติ	ข้อ 1,2,3	ข้อ 4	ข้อ 5	-	5
2. หน้าตัดของรูปเรขาคณิตสามมิติ	-	ข้อ 6,7,8,9	ข้อ 10,11	-	6
3. ภาพที่ได้จากการมองด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบน ของรูปเรขาคณิตสามมิติ	-	ข้อ 12	ข้อ 15	ข้อ 13,14,16	5
4. รูปเรขาคณิตที่ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์	-	-	ข้อ 17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28	ข้อ 29,30	14
รวม	3	6	16	5	30

ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

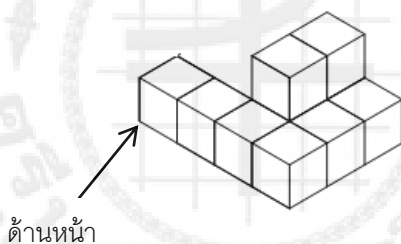
(0) ภาพด้านล่างนี้ประกอบเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติอะไร



- ก. ปริซึมสี่เหลี่ยม
- ข. พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม
- ค. ปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า
- ง. พีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า

(เฉลยข้อ ค)

(00) จากรูปที่กำหนดให้ ภาพที่ได้จากการมองด้านข้างตรงกับข้อใด



ก.

	1	1
4	2	2

ค.

		2	
1	1	3	3

ง.

		1	
		1	
4	2	2	
		2	1
		2	1
1	1	1	1

(เฉลยข้อ ก)

3.2.3 นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจและให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) ซึ่งเป็นครูสอนคณิตศาสตร์จำนวน 5 ท่าน เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC) ถ้าผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยก็ให้ลงความเห็นว่ายอมรับได้ 1 คะแนน ไม่แน่ใจได้ 0 ไม่เห็นด้วยได้ - 1

3.2.4 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ซึ่งแสดงว่าคำถามข้อนั้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.6-1.0 และได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไขระดับพฤติกรรม ลักษณะข้อคำถาม และตัวเลือกให้มีความเหมาะสม มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

3.2.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จำนวน 34 ข้อ ที่ผ่านการพิจารณาแล้วว่ามีความเที่ยงตรงไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เคยเรียน เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ จำนวน 50 คน

3.2.6 นำคะแนนที่ได้มาตรวจให้คะแนนเพื่อวิเคราะห์หาความยากง่าย (p) และหาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบรายข้อ โดยค่าความยากง่ายของข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีค่าระหว่าง 0.52-0.62 และค่าอำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง 0.40 - 0.84 คัดเลือกข้อสอบไว้ 30 ข้อ และนำไปหาค่าความเชื่อมั่น มีค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับเท่ากับ .933 โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ด (Kuder - Richardson)

3.2.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วไปใช้กับกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมเพื่อนำผลไปดำเนินการขั้นต่อไป

3.3 แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ

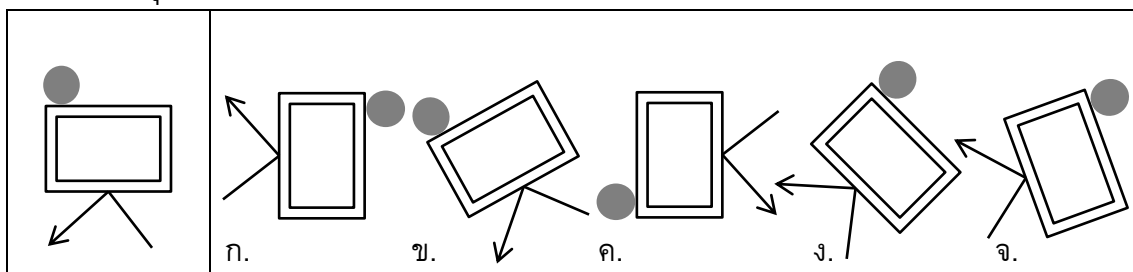
3.3.1 แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิเป็นแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดความสามารถเชิงปริภูมิของผู้เรียน โดยแบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิมี 36 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 50 นาที แบบทดสอบมี 3 แบบดังต่อไปนี้

- 1) แบบหมุนภาพ จำนวน 12 ข้อ
- 2) แบบซ้อนภาพ จำนวน 12 ข้อ
- 3) แบบนับลูกบาศก์ จำนวน 12 ข้อ

ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ

ชุดที่ 1 แบบหมุนภาพ

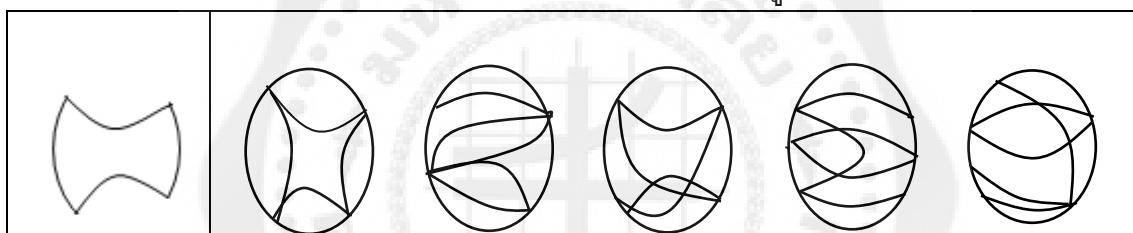
(0) ให้นักเรียนพิจารณาภาพที่กำหนดให้จากข้อ ก - จ ว่าภาพใดเป็นภาพที่เกิดจากการหมุนภาพต้นแบบ 45 องศา ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา



(เฉลยข้อ ง)

ชุดที่ 2 แบบซ่อนภาพ

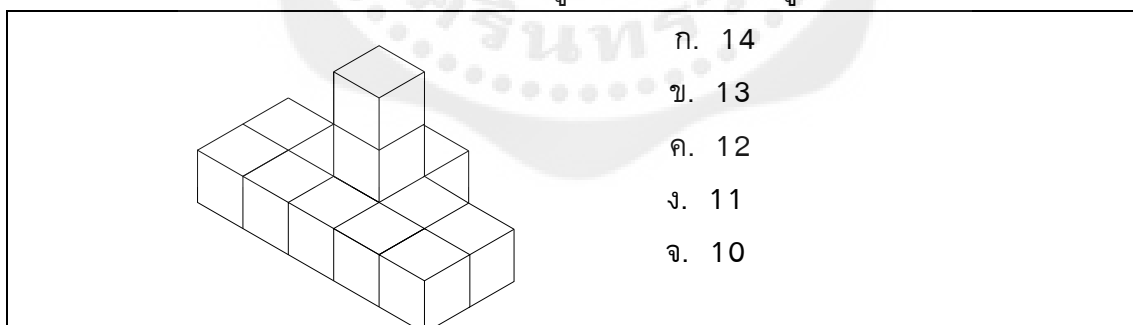
(00) ให้นักเรียนพิจารณาภาพที่กำหนดให้จากข้อ ก. - จ. ว่ามีภาพใดที่มีรูปร่าง ขนาด และ ทิศทาง เช่นเดียวกับภาพทางซ้ายมือที่กำหนดให้ซ่อนอยู่



(เฉลยข้อ ค)

ชุดที่ 3 แบบนับลูกบาศก์

(000) ให้นักเรียนพิจารณาภาพที่กำหนดให้ว่าลูกบาศก์มีทั้งหมดกี่ลูก



- ก. 14
- ข. 13
- ค. 12
- ง. 11
- จ. 10

(เฉลยข้อ ข)

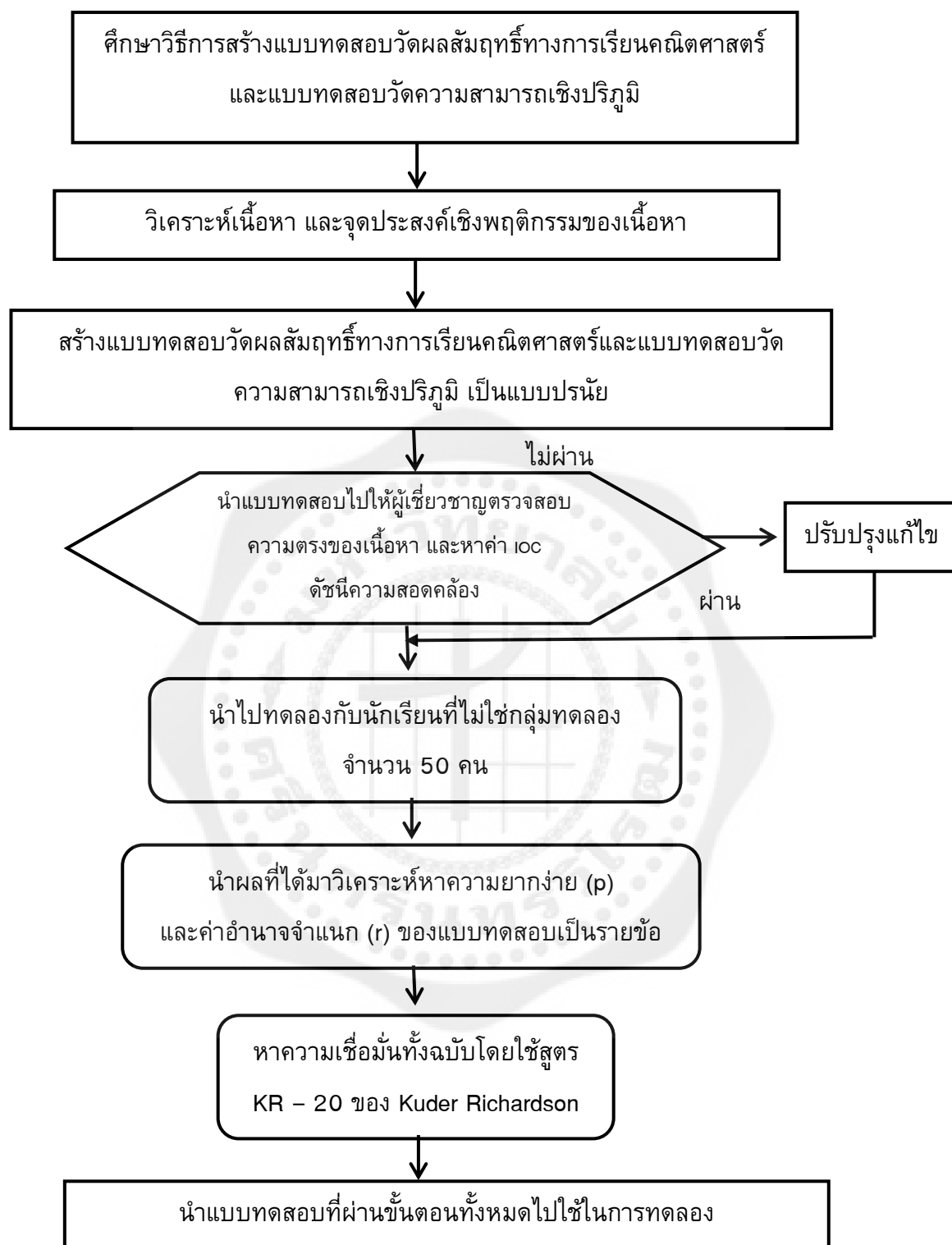
3.3.2 นำแบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจ และ ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) จำนวน 5 ท่าน เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC) ถ้าผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยก็ให้ลงความเห็นว่ายอมรับได้ 1 คะแนน ไม่แน่ใจได้ 0 ไม่เห็นด้วยได้ - 1

3.3.3 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ซึ่งแสดงว่าคำถามข้อนั้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.6-1.0 และได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไข ลักษณะข้อคำถามและตัวเลือกให้มีความเหมาะสม มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

3.2.5 นำแบบทดสอบความสามารถเชิงปริภูมิจำนวน 36 ข้อ ที่ผ่านการพิจารณาแล้วว่ามีความเที่ยงตรงไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เคยเรียน เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ จำนวน 50 คน

3.2.6 นำคะแนนที่ได้มาตรวจให้คะแนนเพื่อวิเคราะห์หาความยากง่าย (p) และหาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบรายข้อ โดยค่าความยากง่ายของความสามารถเชิงปริภูมิมีค่าระหว่าง 0.52-0.66 และค่าอำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง 0.40-0.72 คัดเลือกข้อสอบไว้ 30 ข้อ และนำไปหาค่าความเชื่อมั่น มีค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับเท่ากับ .923 โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ด (Kuder - Richardson)

3.2.7 นำแบบทดสอบความสามารถเชิงปริภูมิที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วไปใช้กับกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมเพื่อนำผลไปดำเนินการขั้นต่อไป



แผนภาพที่ 6 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
และแบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 วิธีการดำเนินการทดลอง

4.1.1 แบบแผนการทดลอง (Experimental Design)

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experiment Design) โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างแต่ละหน่วยเข้ากลุ่มการวิจัยแบบไม่ใช้การสุ่มแบบสมบูรณ์แบบ ผู้รับการทดลองเป็นกลุ่มที่มีแล้วในสภาพปกติ (องอาจ นัยพัฒน์. 2554: 107) แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม และกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม แบบแผนการทดลองวัดสองกลุ่มแบบวัดซ้ำ (Control-Group Time Series Design) ดังตาราง 7

ตาราง 7 แบบแผนการทดลองวัดสองกลุ่มแบบวัดซ้ำ (Control-Group Time Series Design)

กำหนดเข้ากลุ่ม	สอบก่อน	สิ่งทดลอง	สอบหลังทดลอง ทันที	สอบหลังทดลองผ่านไป 2 สัปดาห์
E	T_{1E}	X	T_{2E}	T_{3E}
C	T_{1C}	~	T_{2C}	~

เมื่อกำหนดให้ E คือ กลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน โดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)

C คือ กลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

X คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)

~ คือ ยกเว้นดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน โดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)

T_{1E} คือ การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลองมีการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)

T_{2E} คือ การทดสอบหลังเรียนทันทีของกลุ่มทดลองมีการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)

T_{3E} คือ การทดสอบหลังเรียนไปแล้ว 2 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองมีการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)

T_{1C} คือ การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มควบคุมที่มีการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

T_{2C} คือ การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มควบคุมที่มีการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 6 สัปดาห์ ระหว่างเดือน มกราคม ถึง เดือนมีนาคม 2560 โดยทำการวัดความสามารถเชิงปริภูมิ 1 คาบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียน 1 คาบ แล้วดำเนินการทดลองโดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน โดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) กับกลุ่มทดลองและการจัดการเรียนรู้แบบปกติกับกลุ่มควบคุม จำนวน 11 คาบ จากนั้นวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนทันที 1 คาบ และวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนไปแล้ว 2 สัปดาห์ 1 คาบ ดังตารางที่ 8

ตาราง 8 แสดงระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง

รายการปฏิบัติ	เดือนมกราคม ถึงเดือนมีนาคม 2560 (3 คาบ/สัปดาห์)					
	สัปดาห์ ที่ 1	สัปดาห์ ที่ 2	สัปดาห์ ที่ 3	สัปดาห์ ที่ 4	สัปดาห์ ที่ 5	สัปดาห์ ที่ 8
ชั้นวัดความสามารถเชิงปริภูมิ (1 คาบ)	↔					
ชั้นวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์ก่อนเรียน (1 คาบ)	↔					
ชั้นดำเนินการทดลอง (11 คาบ)	↔					
ชั้นวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์หลังเรียนทันที (1 คาบ)					↔	
ชั้นวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์หลังเรียนไปแล้ว 2 สัปดาห์ (1 คาบ)						↔

4.3 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ชั้นวัดความสามารถเชิงปริภูมิ

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจะวัดความสามารถเชิงปริภูมิของผู้เรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถเชิงปริภูมิที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบเลือกตอบจำนวน 30 ข้อเนื้อหาที่วัดจะแบ่งเป็น 3 ชุด ชุดละ 10 ข้อ โดยคะแนนที่ได้จะใช้เป็นตัวแปรร่วมในการทดลอง ใช้เวลาวัด 1 คาบ

ขั้นที่ 2 ขั้นวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียนใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบเลือกตอบจำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาวัด 1 คาบ

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการทดลอง

ดำเนินการทดลองโดยผู้วิจัยจะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) กับกลุ่มทดลองและการจัดการเรียนรู้แบบปกติกับกลุ่มควบคุม ใช้เวลากลุ่มละ 11 คาบ มีจำนวน 4 แผน แต่ละแผนจัดการเรียนรู้มีขั้นตอนดังนี้

ตาราง 9 ขั้นตอนการดำเนินการทดลองการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) กับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ วงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการสังเกต ร่วมกันอภิปราย สรุป และแสดงความคิดเห็นร่วมกันเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ครูให้	ขั้นที่ 1 ขั้นการนำเข้าสู่บทเรียน เป็นกระบวนการที่ครูผู้สอนได้ทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อนำไปสู่ความรู้ใหม่ในการจัดการเรียนรู้
ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นตอนการให้นักเรียนศึกษาจากกิจกรรมในโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) โดยนักเรียนจะต้องศึกษาและปฏิบัติตามขั้นตอน	ขั้นที่ 2 ขั้นการสอน เป็นขั้นที่นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนของครู เน้นการบรรยายจากครูผู้สอนเป็นหลัก โดยมีสื่อการเรียนรู้คือ หนังสือเรียนคณิตศาสตร์
ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นตอนการให้ตัวแทนนักเรียนออกมาเสนอผลการทำกิจกรรม พร้อมแสดงแบบจำลองหน้าชั้น นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น ตอบคำถามเกี่ยวกับผลการทำกิจกรรม ให้นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น โดยครูเชื่อมโยงผลสรุปของนักเรียนกับความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องที่ครูเตรียมสรุปเป็นประเด็นให้ชัดเจน ขั้นจากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด	ขั้นที่ 3 ขั้นการสรุปบทเรียน เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนได้ร่วมกันสรุปความรู้ที่เรียนมาร่วมกันตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้ โดยใช้การอภิปรายเพื่อแสดงความคิดเห็น

ตาราง 9 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ วงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นการนำความรู้ไปใช้หรือประยุกต์ความรู้ไป ใช้สร้างผลงานหรือภาระงาน	ขั้นที่ 4 ขั้นการวัดและประเมินผล โดยการ ตรวจแบบฝึกหัดจากหนังสือเรียน คณิตศาสตร์ เล่ม 2
ขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นการประเมินใน 4 ขั้นตอนของการเรียนรู้ เพื่อหาจุดเด่น จุดบกพร่อง ข้อสงสัย และปรับแก้ ไขพร้อมสืบสอบความรู้ต่อไปด้วยความสนใจใฝ่รู้	

ขั้นที่ 4 วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนทันที

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนทันที โดยใช้แบบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับแบบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

ขั้นที่ 5 วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนไปแล้ว 2 สัปดาห์

หลังจากเรียนจนจบระยะเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ ก็ทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
คณิตศาสตร์อีกครั้งเพื่อตรวจสอบความคงทนในการเรียนรู้ จากนั้นตรวจผลการสอบแล้วจะคะแนนที่
ได้มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

5. การจัดการกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้สถิติการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

5.1 สถิติพื้นฐาน ได้แก่

- 5.1.1 ค่าเฉลี่ย (M)
- 5.1.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
- 5.1.3 ความแปร
- 5.1.4 ความโด่ง

5.2 สถิติวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ ได้แก่

- 5.2.1 ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง สอดคล้อง
(Index of Item – Objective Congruence: IOC)

5.2.2 วิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (Item Difficulty: p) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ

5.2.3 วิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Power: r) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์แบบพอยท์-ไบเซรีเรียล (Point biserial correlation) (ล้วน สายยศ; อังคณา สายยศ. 2538: 212)

5.2.4 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความรู้เชิงปริภูมิ โดยใช้สูตร KR.-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) (ล้วน สายยศ; อังคณา สายยศ. 2538: 197-198)

5.3 สถิติที่ใช้ตรวจสอบสมมติฐาน

5.3.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of covariance: ANCOVA) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานข้อที่ 1 โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ (ชูศรี วงศ์รัตน์; องอาจ นัยพัฒน์. 2551: 174-180, กัลยา วานิชย์บัญชา. 2554: 172-180)

5.3.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-Way Analysis of Covariance with repeated measures: One-Way Repeated Measures ANCOVA) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานข้อที่ 2 โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2554: 172-180)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ และอักษรย่อในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมาย ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้เข้าใจตรงกัน ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
Y	แทน	คะแนนความสามารถเชิงปริภูมิ
$\bar{Y}$	แทน	คะแนนเฉลี่ยความสามารถเชิงปริภูมิก่อนการทดลอง
$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังการทดลอง
S.D.	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
MIN	แทน	คะแนนต่ำสุด
MAX	แทน	คะแนนสูงสุด
Sk	แทน	ค่าความเบ้
Ku	แทน	ค่าความโด่ง
F	แทน	ค่าสถิติที่ใช้พิจารณา F-distribution
df	แทน	ระดับความอิสระ (degree of freedom)
$\bar{X}_{adj.1}$	แทน	คะแนนเฉลี่ยที่ปรับแก้แล้วของกลุ่มทดลอง
$\bar{X}_{adj.2}$	แทน	คะแนนเฉลี่ยที่ปรับแก้แล้วของกลุ่มควบคุม
*	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
**	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กลุ่มทดลอง แทน กลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)

กลุ่มควบคุม แทน กลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ เรื่องความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

1.1 ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถเชิงปริภูมิ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน หลังเรียนทันที และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)

1.2 ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถเชิงปริภูมิ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน หลังเรียนทันที และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ ของนักเรียนควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ ปกติ

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น

2.1 การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance: ANCOVA) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) กับการ จัดการเรียนรู้แบบปกติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ

1) การตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวน (Homogeneity of Variances)

2) การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรตาม และการตรวจสอบ ความเท่ากันของความชันของเส้นตรงโดยทำการตรวจสอบ Interaction ระหว่างความสามารถ เชิงปริภูมิกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของแต่ละวิธีสอน

2.2 การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบ ทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-Way Analysis of Covariance with Repeated Measures : One-Way Repeated Measures ANCOVA) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ก่อนเรียน หลังเรียนทันที และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ

ส่วนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน

3.1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) สูงกว่า การจัดการเรียนรู้แบบปกติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ

3.2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ก่อนเรียน หลังเรียนทันที และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ และมีความคงทนในการเรียนรู้ เมื่อวัดหลังเรียนทันทีและหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

1.1 ผลการเปรียบเทียบค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถเชิงปริภูมิ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียน หลังเรียนทันที และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ปรากฏผลดังตาราง 10

ตาราง 10 ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถเชิงปริภูมิ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) (n = 32 คน)

ตัวแปร	MIN	MAX	M	SD	Sk	Ku
ความสามารถเชิงปริภูมิ	10	27	18.44	5.72	.02	-1.50
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน						
ก่อนเรียน	9	18	13.56	2.59	.11	-1.14
หลังเรียนทันที	16	26	20.44	2.81	.31	-.96
หลังเรียนผ่านไปแล้ว 2 สัปดาห์	14	27	19.84	3.62	.28	-1.04

จากตาราง 10 พบว่า จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คะแนนเฉลี่ยความสามารถเชิงปริภูมิของกลุ่มทดลองเท่ากับ 18.44 ข้อมูลมีลักษณะเบ้ขวา ($Sk > 0$) และการแจกแจงค่อนข้างแบนราบ ($Ku < 0$) และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลอง ก่อนเรียน หลังเรียนทันที หลังเรียนผ่านไปแล้ว 2 สัปดาห์เท่ากับ 13.56, 20.44, 19.84 ตามลำดับ ข้อมูลมีลักษณะเบ้ขวา ($Sk > 0$) และการแจกแจงค่อนข้างแบนราบ ($Ku < 0$)

1.2 ผลการเปรียบเทียบค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถเชิงปริภูมิ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ปรากฏผลดังตาราง 11

ตาราง 11 ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถเชิงปริภูมิ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (n = 31 คน)

ตัวแปร	MIN	MAX	M	SD	Sk	Ku
ความสามารถเชิงปริภูมิ	10	26	18.06	3.99	.01	-0.68
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์						
ก่อนเรียน	6	18	11.81	3.22	.10	-.93
หลังเรียนทันที	14	25	19.39	3.20	.10	-1.05

จากตาราง 11 พบว่า จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คะแนนเฉลี่ยความสามารถเชิงปริภูมิของกลุ่มควบคุมเท่ากับ 18.06 ข้อมูลมีลักษณะเบ้ขวา ($Sk > 0$) และการแจกแจงค่อนข้างแบนราบ ($Ku < 0$) และคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุม ก่อนเรียน หลังเรียนทันที เท่ากับ 11.81 และ 19.39 ตามลำดับ ข้อมูลมีลักษณะเบ้ขวา ($Sk > 0$) และการแจกแจงค่อนข้างแบนราบ ($Ku < 0$)

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น

2.1 ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance: ANCOVA) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ

1) การตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวน (Homogeneity of Variances)

ผลการตรวจสอบพบว่า ความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($F = .08, df = 1, p = .78$) จึงสรุปได้ว่า มีความแปรปรวนของทุกกลุ่มเท่ากัน ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการตรวจสอบความแปรปรวนร่วม

2) การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรตาม และการตรวจสอบความเท่ากันของความชันของเส้นตรงโดยทำการตรวจสอบ Interaction ระหว่างความสามารถเชิงปริภูมิกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของแต่ละวิธีสอน ปรากฏผลดังตาราง 13

ตาราง 12 ตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรรวมกับตัวแปรตามและตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรรวมและตัวแปรตาม

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ความสามารถเชิงปริภูมิ	82.11	1	82.11	10.14	.00**
วิธีสอน * ความสามารถเชิงปริภูมิ	10.83	1	10.83	1.34	.25
ความคลาดเคลื่อน (Error)	477.72	59	8.10		
รวม (Total)	27043.00	63			

จากตาราง 12 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับความสามารถเชิงปริภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 ($p=.002$) ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม และความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรรวมคือความสามารถเชิงปริภูมิกับตัวแปรตามคือคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($F=1.34$, $p=.25$) โดยความชันของเส้นซึ่งแสดงความสัมพันธ์ไม่แตกต่างกันของแต่ละกลุ่ม นั่นคือ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถเชิงปริภูมิมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบเดียวกันในทั้ง 2 วิธีการสอน จึงสรุปได้ว่าความสามารถเชิงปริภูมิและคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์เหมือนกัน ความชันเท่ากันในทั้ง 2 วิธีการสอนจึงทำการวิเคราะห์โดยใช้ ANCOVA ได้

2.2 ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-Way Analysis of Covariance with Repeated Measures : One-Way Repeated Measures ANCOVA) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ก่อนเรียน หลังเรียนทันที และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ ปรากฏผลดังตาราง 13

ตาราง 13 ผลการตรวจสอบอิทธิพลของตัวแปรร่วมที่มีต่อคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)

แหล่งความแปรปรวน	SS	Df	MS	F	p
การสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนด้วยโปรแกรม GSP	49.82	2	24.91	6.59	.003**
ความคลาดเคลื่อน (Error)	7.78	2	3.89	1.03	.363
รวม (Total)	226.78	60	3.78		
Mauchly's Test of Sphericity : Mauchly's W = .96 df = 2					
Approx.Chi-Square = 1.09 p = .58					

** p < .01

จากตาราง 13 พบว่า ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวัดคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) เมื่อได้รับการวัดซ้ำ 3 ครั้ง เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ พบว่า ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยจากการวัดซ้ำในแต่ละช่วงเวลา (Compound Symmetry) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Mauchly's W = .96, Chi-Square = 1.09, df = 2, p = .58) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการวัดซ้ำแต่ละครั้งมีความแปรปรวนเท่ากัน

ส่วนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน

3.1 ผลการวิเคราะห์ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) สูงกว่าการสอนปกติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ ปรากฏผลดังตาราง 14

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม และผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ที่ปรับแก้แล้ว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ระหว่างกลุ่ม	51.66	1	51.66	6.35	.014*
ภายในกลุ่ม	488.55	60	8.14		
รวม (Total)	540.21	61			

ค่าเฉลี่ยที่ปรับแก้แล้วของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง
$\bar{X}_{adj.1} = 21.24$
ค่าเฉลี่ยที่ปรับแก้แล้วของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุม
$\bar{X}_{adj.2} = 19.43$

* $p < .05$

จากตาราง 14 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p=.014$) เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้ โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับแก้แล้ว มีค่าเฉลี่ย $\bar{X}_{adj.1} = 21.24$ ซึ่งสูงกว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับแก้แล้วของนักเรียนกลุ่มควบคุม $\bar{X}_{adj.2} = 19.43$

3.2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ก่อนเรียน หลังเรียนทันที และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ และมีความคงทนในการเรียนรู้ เมื่อวัดหลังเรียนทันทีและหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ ปรากฏผลดังตาราง 15

ตาราง 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนเรียน หลังเรียน และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ

ช่วงเวลา		ก่อนเรียน	หลังเรียนทันที	หลังเรียนไป 2 สัปดาห์
	$\bar{X}_{adj.}$	$\bar{X}_{adj.} = 13.563$	$\bar{X}_{adj.} = 20.438$	$\bar{X}_{adj.} = 19.844$
ก่อนเรียน	13.563	-	-6.875*	-6.281*
หลังเรียนทันที	20.438		-	.594
หลังเรียนไป 2 สัปดาห์	19.844			-

* $p < .05$

จากตาราง 15 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน ($\bar{X}_{adj.} = 13.563$) หลังเรียนทันที ($\bar{X}_{adj.} = 20.438$) หลังเรียนไป 2 สัปดาห์ ($\bar{X}_{adj.} = 19.844$) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2 ขณะที่คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนทันที ($\bar{X}_{adj.} = 20.438$) และหลังเรียนไป 2 สัปดาห์ ($\bar{X}_{adj.} = 19.844$) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ส่งผลต่อคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนทันที และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกัน นั่นคือ นักเรียนที่ได้รับสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) มีความคงทนในการเรียนรู้

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง ความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ โดยมีความมุ่งหมายของงานวิจัยดังนี้

1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน โดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ

2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ก่อนเรียน หลังเรียนทันที และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ และเปรียบเทียบความคงทนในการเรียนรู้ เมื่อวัดหลังเรียนทันทีและหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง ความสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ สรุปผลได้ดังนี้

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน โดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ

ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้ โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับแก้แล้ว มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}_{adj.1} = 21.24$) สูงกว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับแก้แล้วของนักเรียนกลุ่มควบคุม ($\bar{X}_{adj.2} = 19.43$)

2. ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ก่อนเรียน หลังเรียนทันที และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่าง

กัน เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ และมีความคงทนในการเรียนรู้ เมื่อวัดหลังเรียนทันทีและหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์

ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) หลังเรียนทันที และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 เมื่อปรับอิทธิพลของความสามารถเชิงปริภูมิ ส่วนคะแนนหลังเรียนทันที และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั่นคือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) มีความคงทนในการเรียนรู้

อภิปรายผล

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อปรับอิทธิพลของตัวแปรรวมความสามารถเชิงปริภูมิ โดยกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) มีคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}_{adj.1}=21.24$) สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ($\bar{X}_{adj.2}=19.43$) เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นผ่านกิจกรรมสั้นๆ มีการสืบเสาะค้นหาความรู้ หาข้อสรุปด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในการแก้ปัญหา การแก้ปัญหา และยังช่วยในการเรียนให้สะดวกและง่ายขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนิตพงษ์ วีระธนิตโรจน์ (2553: 84–85) ศิริภรณ์ ต้นนะลา (2554: 98-99) พิมสิริ แก้วสีหา (2554: 96–97) และพีชาณิกา เพชรสังข์ (2557: 128–129) โดยธนิตพงษ์ วีระธนิตโรจน์ (2553) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริภรณ์ ต้นนะลา (2554: 98-99) ได้ศึกษาการพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีทั้งหมด 18 คน คิดเป็นร้อยละ 78.26 ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือร้อยละ 70 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีทั้งหมด 17 คน คิดเป็นร้อยละ 73.91 ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 70 สอดคล้องกับงานวิจัยของพิมสิริ แก้วสีหา (2554: 96–97) ได้ศึกษากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน

แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่เน้นทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่องความน่าจะเป็น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนจำนวนร้อยละ 80.5 ได้คะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป และนักเรียนจำนวนร้อยละ 90.24 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตั้งแต่ ร้อยละ 70 ขึ้นไป และการศึกษาวิจัยเรื่องผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยรูปแบบการเรียนการสอน 5E ร่วมกับคำถามปลายเปิดที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 และสอดคล้องกับงานวิจัยของพีชาณิกา เพชรสังข์ (2557: 128–129) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 5E ร่วมกับคำถามปลายเปิดมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ ระดับ .05 และนักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

ส่วนผลการวิจัยที่มีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) พบดังนี้ งานวิจัยของจูลี. (July. 2001 : Web Site) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ที่มีต่อมโนทัศน์ทางเรขาคณิตในการสร้างรูปและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจอภิปรายและสร้างรูปด้วยตนเอง พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad มีมโนทัศน์ทางเรขาคณิตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับนักเรียนกลุ่มต่ำ และสอดคล้องกับงานวิจัยของฮาร์เปอร์ (Harper. 2003 : 2909-2916) ได้ศึกษาความรู้ของนิสิตฝึกสอนในระดับประถมศึกษาในเรื่องการแปลงทางเรขาคณิตศึกษาปฏิบัติการที่นิสิตฝึกสอนแสดงออกขณะใช้โปรแกรมเรขาคณิตพลวัตและศึกษาความรู้ของนิสิตฝึกสอนที่เปลี่ยนแปลงในขณะที่เรียนหรือภายหลังการเรียนการสอนด้วยการใช้โปรแกรมเรขาคณิตพลวัตกลุ่มทดลองคือนิสิตฝึกสอนหญิงระดับประถมศึกษาจำนวน 4 คนที่ลงทะเบียนในชั้นปี 4 นิสิตแต่ละคนจะได้รับการสัมภาษณ์จากนั้นได้รับการสอนด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad ทั้งหมด 3 ช่วง แต่ละช่วงใช้เวลาประมาณหนึ่งชั่วโมง โดยการบันทึกเทปและวิดีโอระหว่างการสัมภาษณ์นิสิตฝึกสอนจนสร้างงาน การแปลงเรขาคณิตเสร็จสิ้น ผลการวิจัยปรากฏว่านิสิตฝึกสอนสามารถสร้างภาพสะท้อน และเส้นตรงของการสะท้อนบนพื้นฐานของสมบัติของการสะท้อนนิสิตฝึกสอนมีความรู้มากขึ้น จากการใช้เวกเตอร์เพื่อเสนอทิศทางการแปลงและขนาดสามารถระบุจุดศูนย์กลางและมุมของการหมุนหนึ่งครั้งเพื่อวางภาพที่มาจากการหมุนของภาพนั้นได้โปรแกรม GSP ให้ผลสะท้อนกลับในการมองได้โดยทันที ซึ่งช่วยให้นิสิตฝึกสอนตั้งข้อความคาดการณ์ทดสอบและตรวจสอบคำตอบได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในประเทศคือ สันติ อิทธิพลนาวกุล (2550: 91) ได้ทำการพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสืบสวนโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) เพื่อส่งเสริมความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เรื่องภาคตัดกรวยระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวน

โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) เรื่อง ภาคตัดกรวยระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 มีค่าเฉลี่ย 85.94/86.64 และความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวนโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) เรื่อง ภาคตัดกรวยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวยผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของเพียรศิริ พิมพ์ทราย (2551: 76-89) ได้ศึกษาการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า โปรแกรมบทเรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 77.12 / 76.67 และมีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.6106 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด และสอดคล้องกับงานวิจัยของสมจิตร บุญเทียม (2553: 68-93) ได้วิจัยการพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ภาคตัดกรวย โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (The Geometer's Sketchpad Program : GSP) พบว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่องภาคตัดกรวยโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักศึกษาที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนไปแล้ว 2 สัปดาห์ไม่แตกต่างกันและนักศึกษามีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ภาคตัดกรวยโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) โดยรวมและเป็นรายด้านทั้ง 4 ด้านคือด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อการเรียนการสอน และด้านการวัดผลและประเมินผลอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับ เสกสรรค์ กองเกิด (2555: 170-171). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามรูปแบบการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5Es) โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้ เรื่อง พาราโบลา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 81.95 และมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 84.61 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ เลสเตอร์ (Lester. 1996 : 2343 – A) ได้ศึกษาผลการสอนโดยใช้ GSP ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา ในปีค.ศ. 1996 กลุ่มทดลองเรียนใช้ GSP ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนตามปกติโดยใช้ไม้บรรทัดดินสอ ไม่โปรแกรมกราฟเตอร์ และวงเวียน ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยของผลการสอบหลังเรียนเกี่ยวกับการตั้งข้อคาดการณ์ทางเรขาคณิตของกลุ่มทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับงานวิจัยของบาฮาร์วานด์ (Baharvand. 2001 : Web Site) ได้เปรียบเทียบผลของการสอนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad และการสอนแบบปกติที่มีต่อมโนทัศน์ทางเรขาคณิตและเจตคติต่อเรขาคณิตของนักเรียนเกรด 7 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad มีมโนทัศน์ทางเรขาคณิตและเจตคติต่อเรขาคณิตสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ

สอดคล้องกับงานวิจัยของเรณูวัฒน์ พงษ์อุทธา. (2550 : 78-103) ที่ได้วิจัยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง พาราโบลาเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างการจัดกิจกรรมโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นสื่อกับการจัดกิจกรรมตามปกติ มีพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นสื่อ มีเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม GSP หลังเรียนทันที ($\bar{X}_{adj.} = 20.438$) และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ ($\bar{X}_{adj.} = 19.844$) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X}_{adj.} = 13.563$) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อปรับอิทธิพลของตัวแปรร่วมความสามารถเชิงปริภูมิ ส่วนคะแนนหลังเรียนทันที ($\bar{X}_{adj.} = 20.438$) และหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ ($\bar{X}_{adj.} = 19.844$) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 นั่นคือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และมีความคงทนในการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 1) ขั้นการสร้างความรู้สนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหาคำตอบโดยวางแผน 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ 5) ขั้นประเมิน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 ที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของมัลลิกา ผาจันทร์. (2553: 78) ได้ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้โปรแกรมจีเอสพีผลของการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.75/82.33 ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ สูงกว่าเกณฑ์ที่คาดหวังไว้ คือเกณฑ์ 75/75 2) ค่าดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี ที่พัฒนาขึ้นเท่ากับ 0.7546 คิดเป็นร้อยละ 75.46 แสดงว่าการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี ทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 75.46 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้โปรแกรมจีเอสพี เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 4)นักเรียนที่เรียนโดยใช้โปรแกรมจีเอสพีและนักเรียนที่เรียนแบบปกติ สามารถคงทนความรู้หลังเรียนได้ร้อยละ 77.44 และ 50.14 ของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนตามลำดับ โดยนักเรียนที่เรียนโดยใช้โปรแกรมจีเอสพีคงทนความรู้ได้มากกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ 5) นักเรียนมีความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการ

เรียนรู้ คณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี รวมเฉลี่ยอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด และสอดคล้องกับงานวิจัยของชิค. (Shich. 1985: 363) ที่ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพทางด้านมิติสัมพันธ์ เจตคติ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 7- 8 พบว่า สมรรถภาพทางด้านมิติสัมพันธ์ มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ และเปรียบเทียบสหสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กับสมรรถภาพทางด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชายสูงกว่านักเรียนหญิง พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กับคะแนนสมรรถภาพทางด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชายสูงกว่านักเรียนหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ แฮนนาฟิน และเวมิลเลียน (Hannfin and Vermillion. 2008: Online) ได้ทำการศึกษาความสามารถเชิงปริภูมิและบทเรียนโปรแกรมเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนเกรด 6 เป็นโรงเรียนที่อยู่ใกล้กับ Northeastern University ทำการทดลองโดยการแบ่งนักเรียนออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกเรียนด้วยซอฟต์แวร์โปรแกรม GSP กลุ่มที่สองเรียนด้วยบทเรียนจากครูเป็นผู้สอน ผลจากการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยซอฟต์แวร์โปรแกรม GSP มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนจากครูเป็นผู้สอน และยังพบอีกว่านักเรียนที่มีความสามารถเชิงปริภูมิสูงนั้นจะมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถเชิงปริภูมิต่ำ และสอดคล้องกับงานวิจัยของนัยนา บุญสมร (2550: 89–96) ที่ได้วิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางเรียนคณิตศาสตร์ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และเจตคติวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการสอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) กับวิธีการสอนปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) และนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนตามปกติมีความสามารถด้วยมิติสัมพันธ์มีคะแนนจากแบบทดสอบด้วยรูปแบบหาด้านตรงข้ามลูกบาศก์และจากแบบทดสอบด้วยรูปภาพแบบหมุนภาพไม่แตกต่างกัน แต่นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad : GSP มีคะแนนความสามารถมิติสัมพันธ์จากแบบทดสอบด้วยรูปแบบซ้อนภาพสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่เรียนด้วยการสอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) มีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ดีกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเยาวภา ผูกสมักร (2554: 120–121). ที่ศึกษาการใช้ชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อปรับ อิทธิพลของสมรรถภาพทางด้านสมองด้านมิติสัมพันธ์ ผลการวิจัยพบว่าชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP มีประสิทธิภาพ 75/75 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างกลุ่มที่สอนด้วยชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่สอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อปรับอิทธิพลของสมรรถภาพทางด้านสมองด้านมิติสัมพันธ์

เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่สอนด้วยชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ในการวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ใช้ประกอบการเรียนการสอนสำหรับครูผู้สอนต้องควบคุมดูแลเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน ครูต้องอธิบายแต่ละขั้นตอนให้นักเรียนเข้าใจ การทำกิจกรรมจะได้เป็นไปด้วยความถูกต้องตามขั้นตอน ให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรม อภิปราย แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ เพื่อให้นักเรียนจดจำความรู้ได้ในระยะยาวหรือมีความคงทนในการเรียนรู้

1.2 การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ผู้บริหารและหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ควรตระหนักถึงความสำคัญและให้การสนับสนุนส่งเสริมให้ครูผู้สอนนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมีความคงทนในการเรียนรู้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ควรให้ความสำคัญกับการศึกษาตัวแปรร่วมความสามารถเชิงปริภูมิ หากมีการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาเปรียบเทียบว่าการจัดการเรียนรู้โดยนำรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ด้วยสื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) มีความเหมาะสมกับระดับความสามารถเชิงปริภูมิของผู้เรียนที่แตกต่างกันอย่างไร เช่น เปรียบเทียบผลการวิจัยระหว่างกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน

2.2 ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบกับตัวแปรตามอื่นๆ เช่น ทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 หรือทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น การสื่อสารการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล และความคิดสร้างสรรค์



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กมลรัตน์ หล้าสูงษ์. (2528). จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เดชา.
กรมวิชาการ. (2546). รายงานการติดตามผลและประเมินผลการจัดทำหลักสูตรการศึกษาขั้น
พื้นฐานของโรงเรียนเครือข่าย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
กระทรวงศึกษาธิการ. (2551).หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑.
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้
คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด
กัลยา วาณิชยปัญญา. (2524). การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows. พิมพ์ครั้งที่
9. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
จิราพร สุขกรง. (2553). ผลสัมฤทธิ์ ความคงทน และเจตคติทางการเรียนรู้ศัพท์ภาษาอังกฤษ
ของนักศึกษาที่ได้รับการสอนโดยใช้เกมและการสอนปกติ.วิทยานิพนธ์ (สาขาวิชาการ
สอนภาษาอังกฤษเป็นภาษานานาชาติ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ชวาล แพรัตกุล. (2526). เทคนิคการเขียนข้อสอบ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์พิทักษ์อักษร.
ชัยพร วิชชาวุธ. (2520). ความจำมนุษย์.กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์ .
—————. (2525). ความจำมนุษย์ (Human Memmory).กรุงเทพฯ: แผนกวิชาจิตวิทยา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
ชูศรี วงศ์รัตน์. (2553). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ:
บริษัทฐานบัณฑิตจำกัด
ชูศรี วงศ์รัตน์; งามอาจ นัยพัฒน์ (2551). แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองและสถิติวิเคราะห์:
แนวคิดพื้นฐานและวิธีการ . พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย
ฐีกา สุภาลย์. (2550). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ความคงทนในการจำของ
นักเรียนช่วงชั้นที่ 3 จากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย. ปรินญาณิพนธ์
กศ.ม.(สาขาเทคโนโลยีการศึกษา)กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
ทิสนา แคมณี. (2556). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี
ประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 17 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
ธนิตพงษ์ ธีระธนิตโรจน์. (2553). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E.
วิทยานิพนธ์กศ.ม. (การวิจัยการศึกษา)มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

- ธิดารัตน์ ลือโลก. (2554). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง ภาคตัดกรวย เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถเชิงปริภูมิของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา).กรุงเทพฯ :มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นัยนา บุญสมร. (2550).การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางเรียนคณิตศาสตร์ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และเจตคติวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการสอนโดยใช้สื่อโปรแกรม *The Geometer's Sketchpad (GSP)* กับวิธีการสอนปกติ. วิทยานิพนธ์กศ.ม. (การวิจัยการศึกษา)มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ศรีนครินทรวิโรฒ.
- นันทพร ระภักดี. (2551). การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียโดยใช้เทคนิคการสอนแบบอุปนัย-นิรนัย เรื่องความคล้าย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ :บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุศรา อิ่มทรัพย์. (2551). ผลการใช้สื่อผสมเรื่อง “การแปลงทางเรขาคณิต” ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ :บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- พิชากร แปลงประสพโชค. (2543).”ความสามารถเชิงมิติสัมพันธ์”เอกสารประกอบการอบรมในหลักสูตรพิเศษทางคณิตศาสตร์ โครงการส่งเสริมนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีความเป็นเลิศทางคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ ม.ป.พ.
- พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์. (2557). สอนเขียนแผนบูรณาการ บนฐานเด็กเป็นสำคัญ. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์สิริ แก้วศรีหา. (2554). การศึกษากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่เน้นทักษะการคิดวิเคราะห์เรื่องความน่าจะเป็น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พิชาณิกา เพชรสังข์. (2557). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน ร่วมกับคำถามปลายเปิดที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.วิทยานิพนธ์ ค.ม. (สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- เพียรศิริ พิมพ์ทราย. (2551). การพัฒนาโปรแกรมบทเรียนโดยใช้โปรแกรม *The Geometer's Sketchpad (GSP)* เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- มัลลิกา ผาจันทร์. (2553). การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี. วท.ม. (สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา) มหาสารคาม:
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- มิตรธิดา อ้อเพชรพงษ์. (2545). เทคโนโลยีการศึกษา. บุรีรัมย์: คณะครุศาสตร์ สถาบัน
ราชภัฏบุรีรัมย์.
- ยีน ภูววรรณ และสมชายนำประเสริฐ. (2546). ไอซีทีเพื่อการศึกษาไทย. กรุงเทพฯ:
ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- ยุพิน พิพิธกุล. (2545). การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ยุคปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ:
บพิธการพิมพ์.
- เยาวภา ผูกสมัคร. (2554). ผลการใช้ชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม *GSP* ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อปรับ
อิทธิพลของสมรรถภาพทางด้านสมองด้านมิติสัมพันธ์. ปรินญาณพนธ์ กศ.ม. (การวิจัย
และสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ.
- เรณูวัฒน์ พงษ์อุทธา. (2550). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง
พาราโบลา เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างการจัดกิจกรรมโดยใช้โปรแกรม
The Geometer's Sketchpad. วิทยานิพนธ์กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5
กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- _____. (2541). เทคนิคการสร้างและสอบข้อสอบความถนัดทางการเรียน. พิมพ์ครั้งที่ 3
กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วรรณ แกมเกตุ. (2551). วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ:
โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วัชร น้อยมี. (2551). การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวน เรื่อง
การให้เหตุผลและการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผล ของผู้เรียน
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินญาณพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิต
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2542). *พลังแห่งการเรียนรู้ในกระบวนทัศน์ใหม่*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ศิริภรณ์ ตันนะลา. (2554). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบ การสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์ ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2558). *รายงานผลทดสอบระดับชาติชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3*. สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2558, จาก <http://www.niets.or.th>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2559). *ผลการวิจัย TIMSS 2015*. สืบค้นเมื่อ 29 พฤศจิกายน 2559, จาก <http://www.ipstt.ac.th>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550). *การอบรมครูด้วยระบบทางไกล สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*. กรุงเทพฯ: องค์การคำ ครุสภา.
- _____. (2546). *คู่มือวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- _____. (2553). *คู่มือแนะนำการใช้งาน The Geometer's Sketchpad ซอฟต์แวร์ สำหรับเชิงคณิตศาสตร์เรขาคณิตพลวัต*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- สมจิตร บุญเทียม. (2553). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภาคตัดกรวยโดยใช้โปรแกรม จีเอสพี (The Geometer's Sketchpad Program : GSP)*. วิทยานิพนธ์กศ.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา) มหาสารคาม :มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2553.
- สมวงษ์ แปลงประสพโชค. (2551). *ความสำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์*. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.mc41.com/areal/gifl_math02.htm
- สันติ อธิธิพลนาวกุล. (2550). *การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวนโดยใช้ โปรแกรมGSP (The Geometer's Sketchpad) เพื่อส่งเสริมความคิดรวบยอดทาง คณิตศาสตร์เรื่องภาคตัดกรวยระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ :บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2550.
- สุจิรา มุสิกะเจริญ. (2542). *การเปรียบเทียบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องเส้นขนานและความคล้ายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 ระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้และไม่ใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ทางเรขาคณิต*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนา คุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

- เสกสรร กองเกิด. (2555). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามรูปแบบการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es) โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้ เรื่อง พาราโบลา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน)ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อัญญาณี ศรีนอก. (2552). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสาระปริมาตรและพื้นที่ผิวและความคงทนในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความบกพร่องทางการได้ยินจากการสอนแบบผสมผสานวิธีการจัดการเรียนรู้แบบวรรณิกับพอลโลเวย์ผและแป้ตตัน. ปรินญญานิพนธ์ กศ.ม.(การศึกษาพิเศษ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อรรคพล คำภู. (2543). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบอุปนัยวิธีสอนแบบนิรนัยและวิธีการสอนตามคู่มือครู. ปรินญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา).กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อเนกกุล กรี่แสง. (2522). จิตวิทยาการศึกษา. โครงการตำรามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก. พิษณุโลก: โรงพิมพ์พิษณุโลก.
- อัญชนา โพธิ์พลากร. (2545). การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีระดับผลสัมฤทธิ์แตกต่างกันและได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมแบบ STAD กับกิจกรรมการเรียนรู้ตามคู่มือครู..ปรินญญานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อรรถศาสตร์ นิमितพันธุ์. (2542).ผลของการใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ประกอบกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ 4 ชั้นที่มีต่อความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องความเท่ากันทุกประการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อำไพ ชนะมูล. (2557). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้รูปแบบการสอนผสมผสานระหว่างแบบ 5E กับ STAD เรื่อง สถิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญญาวិทยาสาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- Adams, Jack A. (1967). *Human Memory*. New York : McGraw-Hill Book Company.
- Anastasi, Anne. (1961). *Psychological Test*. New York: Macmillan.
- Baharvand, Mohsen. (2002). *A Comparison of the Effectiveness of Computer-Assisted Instruction Versus Traditional Approach to Teaching Geometry*," ProQuest Dissertations and Theses. 2002.<<http://search.proquest.com/docview/304749388?accountid=50152>>

- Bybee RW, et al. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS.
- Gagne, Robert H. (1974). *Essentials of Learning for Instruction Hinsdale III*. The Dryden.Gaeddert, (2001).Terri J. Using Accelerated Math to Enhance Student Achievement in High School Mathematics Courses. 2001.
<http://www.proquest.umi.com/> ERIC:ED463177
- Good, Carter V. (1973). *Dictionary of Education*. New York :McGrew -Hill Book
- Haper, S.R. (2003). "Enhancing Elementary Pre-service Teachers' Knowledge of GeometricTransformation Through the use of Dynamic Geometry Computer Software," inProceedings of Society for Information Technology & Teacher Education InternationalConference 2003.edicd by C.Crawford and others. p. 2909-2916. Albuquerque,New Mexico, USA : Global U, LLC.
- Hannafin,Robert D. and Vermillion, Jennifer R. (2008). *Effect of Spatial Ability and Instructional Program on Geometry Achievement*. <http://seach.ebcohost.com>
- Izard, John. (1990: February). *Developing Spatial Skill with Three-Dimensional Puzzle. Arithmetic Teacher*.37(6) : 14-20
- July, Raguel A. (2001). *Thinking in Three Dimensions : Exploring Students' Geometry Thinking andSpatial Ability with Geometer's Sketchpad*.62(6): 2060-A ProQuest ETD Collection for FIU.January 1, 2001. <<http://digitalcommons.fiu.edu/dissertations/AAI3018479/>>
- Kim,Taik. (2010, December). An Effective Way to Improve Mathematics Achievement in Urban Schools.*Educational Research Quarterly*. 34(2): 60-71. Retrieved June 25, 2015, from <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?hid=8&sid=b08f797f-2b46-4e4f-9360-a9346ec55517%40sessionmgr10&vid=4>
- Kitsantas, Anastasia;Cheema, Jehanzeb; & Ware, Herbert W. (2011).Mathematics Achievement: The Role of Homework and Self-Efficacy Beliefs. *Journal of Advanced Academics*. 22(2) : 310-339. Retrieved June 25, 2015, from <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?hid=11&sid=ceedec61-928d-46ec-9559-3e2b78ab%40sessionmgr10&vid=3>

- Lester, Margaret Lynn. (1996). *The Effect of the Geometer's Sketchpad Software on Achievement of Geometric Knowledge of High School Geometry Students*, ProQuest Dissertations and Theses. 1996. <<http://search.proquest.com/docview/304319624?accountid=50152>>
- Nunnally, Jum C. (1956). *Test and Measurement*. New York : McGraw-Hill Book , Co.
- Perveen, Kousar. (2010, March). Effect of the Prob-Solving Approach on Academic Achievement of Students in Mathematics at The Secondary Level. *Contemporary Issues In Education Research*. -(3): 9-13. Retrieved June 25, 2015, from <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer?hid=8f797f-2b46-4e4f-9360-a9346ec55517%40sessionmgr10&vid=5>
- Prescott, Banial A. (1961). Report of Conference on Child Students, *Education Bulletin. Faculty of Education*. Bangkok: Chulalongkorn University.
- Rannucci, Ernest R. (1964; October). The Role of the Space Perception in The Teaching Mathematics. *Bulletin of the International Study Group for Math Learning*. 11: 19-23.
- Shieh, Wenfu. (1985, December). *Spatial Visualization, Attitudes Toward Mathematics Achievement Among Chinese-American, Hispanic-American and Caucasian Seventh and Eighth Grade Students*. *Dissertation Abstracts International* 46: 363
- Wilson, James W. (1971). *Evaluation of Learning in Secondary School Mathematics*. in *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. p.643 – 649. by Benjamin S. Bloom, U.S.A. McGraw – Hill.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
ผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ

1) อ.ดร.พนิดา มารุ่งเรือง

การศึกษา : คด. การวัดและประเมินผล คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานที่ทำงาน : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2) ดร.ปิยพร ชุมจันทร์

การศึกษา : ศษ.ด. วิจัยและประเมินผลทางการศึกษา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตำแหน่ง : ศึกษานิเทศก์ชำนาญการพิเศษ

สถานที่ทำงาน : สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 42

3) ดร.สุมาลี มีสกุล

การศึกษา : ประ.ด. สาขาวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
แขนงวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ตำแหน่งครู : วิद्यฐานะชำนาญการพิเศษ

สถานที่ทำงาน : โรงเรียนวิเศษไชยชาญ “ตันติวิทยานุกูมิ” จังหวัดอ่างทอง

4) อาจารย์ณัฐ ลิทธิกร

การศึกษา : กศ.ม. การสอนคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สถานที่ทำงาน : โรงเรียนสาธิต มศว ปทุมวัน

5) นางวรรณณา พิมพันธุ์ : กศ.ม. การสอนคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ตำแหน่งครู : วิद्यฐานะชำนาญการพิเศษ

สถานที่ทำงาน : โรงเรียนอุทัยวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้

1) ดร.ปิยพร ชุมจันทร์

การศึกษา : ศษ.ด. วิจัยและประเมินผลทางการศึกษา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่ง : ศิษยานุศิษย์ชำนาญการพิเศษ
สถานที่ทำงาน : สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 42

2) ดร.สุมาลี มีสกุล

การศึกษา : ปร.ด. สาขาวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
แขนงวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ตำแหน่งครู : วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ
สถานที่ทำงาน : โรงเรียนวิเศษไชยชาญ “ตันติวิทยานุกูมิ” จังหวัดอ่างทอง

3) อาจารย์ณัฐ สิทธิกร

การศึกษา : กศ.ม. การสอนคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สถานที่ทำงาน : โรงเรียนสาธิต มศว ปทุมวัน

4) นางวรรณฯ พิมพันธุ์

การศึกษา : กศ.ม. การสอนคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ตำแหน่งครู : วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ
สถานที่ทำงาน : โรงเรียนอุทัยวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดอ่างทอง

5) นางสมสุข โชติพิเชฐ

การศึกษา : ค.ม. การศึกษาคณิตศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ตำแหน่งครู : วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ
สถานที่ทำงาน : โรงเรียนอุทัยวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี

ภาคผนวก ข

- ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ความชัดเจนของคำถาม ความเหมาะสมของตัวเลือกและความสอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการ วัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
- ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามศัพท์ ความชัดเจน ของคำถาม ความเหมาะสมของตัวเลือกและความสอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ
- ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์ความยากง่าย(p) ความยากง่าย (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
- ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ความยากง่าย(p) ความยากง่าย (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ ชุดที่ 1 จำนวน 10 ข้อ
- ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ความยากง่าย(p) ความยากง่าย (r) และค่าความเชื่อมั่นของ แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ ชุดที่ 2 จำนวน 10 ข้อ
- ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ความยากง่าย(p) ความยากง่าย (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ ชุดที่ 3 จำนวน 10 ข้อ

ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้
ความชัดเจนของคำถาม ความเหมาะสมของตัวเลือกและความสอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการ
วัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1
7	0	-1	0	0	1	0
8	1	0	1	1	1	0.8
9	1	1	0	1	1	0.8
10	-1	1	1	1	1	0.6
11	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1
20	0	0	1	1	1	0.6
21	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1	1

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	
26	1	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1	1
31	1	1	1	1	1	1
32	1	1	1	1	1	1
33	1	1	1	1	1	1
34	1	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1	1

นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ 34 ข้อ ไปหาความยากง่าย(p) ความยากง่าย (r) และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR-20 ของคูลเดอร์-ริชาร์ดสัน

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามศัพท์ ความชัดเจน
ของคำถาม ความเหมาะสมของตัวเลือกและความสอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการวัดของ
แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปฏิบัติ

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1
19	0	1	1	1	1	0.8
20	0	1	1	1	1	0.8
21	0	1	1	1	1	0.8
22	0	1	1	1	1	0.8
23	0	1	1	1	1	0.8
24	0	1	1	1	1	0.8
25	1	1	1	1	1	1

ตาราง 17 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	
26	1	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1	1
31	0	1	0	1	1	0.6
32	1	1	1	1	1	1
33	1	1	1	1	1	1
34	1	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1	1

นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ 36 ข้อ ไปหาความยากง่าย(p) ความยากง่าย (r) และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR-20 ของคูลดอร์-ริชาร์ดสัน

ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์ความยากง่าย (p) ความยากง่าย (r) และค่าความเชื่อมั่นของ
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผล
1	.50	0.52	คัดเลือกไว้
2	.82	0.12	คัดออก
3	.62	0.60	คัดเลือกไว้
4	.58	0.78	คัดเลือกไว้
5	.46	0.52	คัดเลือกไว้
6	.56	0.48	คัดเลือกไว้
7	.48	0.72	คัดเลือกไว้
8	.50	0.68	คัดเลือกไว้
9	.66	0.60	คัดเลือกไว้
10	.90	0.04	คัดออก
11	.58	0.60	คัดเลือกไว้
12	.56	0.56	คัดเลือกไว้
13	.60	0.40	คัดเลือกไว้
14	.60	0.48	คัดเลือกไว้
15	.84	0.24	คัดออก
16	.54	0.44	คัดเลือกไว้
17	.50	0.60	คัดเลือกไว้
18	.60	0.64	คัดเลือกไว้
19	.58	0.44	คัดเลือกไว้
20	.60	0.48	คัดเลือกไว้
21	.54	0.44	คัดเลือกไว้
22	.64	0.40	คัดเลือกไว้
23	.52	0.56	คัดเลือกไว้
24	.58	0.84	คัดเลือกไว้
25	.56	0.56	คัดเลือกไว้
26	.56	0.56	คัดเลือกไว้

ตาราง 18 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผล
27	.60	0.48	คัดเลือกไว้
28	.68	0.56	คัดเลือกไว้
29	.58	0.44	คัดเลือกไว้
30	.58	0.68	คัดเลือกไว้
31	.56	0.56	คัดเลือกไว้
32	.60	0.56	คัดเลือกไว้
33	.18	0.04	คัดออก
34	.58	0.52	คัดเลือกไว้

นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ 30 ข้อ ไปหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR-20 ของคูลเตอร์-ริชาร์ดสัน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .933

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ความยากง่าย(p) ความยากง่าย (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ ชุดที่ 1 จำนวน 10 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผล
1	.56	.56	คัดเลือกไว้
2	.60	.48	คัดเลือกไว้
3	.60	.48	คัดเลือกไว้
4	.84	.24	คัดออก
5	.62	.60	คัดเลือกไว้
6	.60	.48	คัดเลือกไว้
7	.82	.21	คัดออก
8	.52	.56	คัดเลือกไว้
9	.56	.56	คัดเลือกไว้
10	.54	.52	คัดเลือกไว้
11	.56	.56	คัดเลือกไว้
12	.60	.48	คัดเลือกไว้

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ความยากง่าย(p) ความยากง่าย (r) และค่าความเชื่อมั่นของ
แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ ชุดที่ 2 จำนวน 10 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผล
13	.56	.48	คัดเลือกไว้
14	.80	.08	คัดออก
15	.50	.60	คัดเลือกไว้
16	.54	.52	คัดเลือกไว้
17	.60	.56	คัดเลือกไว้
18	.56	.56	คัดเลือกไว้
19	.60	.56	คัดเลือกไว้
20	.56	.56	คัดเลือกไว้
21	.58	.52	คัดเลือกไว้
22	.88	.16	คัดออก
23	.60	.40	คัดเลือกไว้
24	.58	.60	คัดเลือกไว้

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ความยากง่าย(p) ความยากง่าย (r) และค่าความเชื่อมั่นของ
แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ ชุดที่ 3 จำนวน 10 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผล
25	.66	.52	คัดเลือกไว้
26	.60	.48	คัดเลือกไว้
27	.60	.48	คัดเลือกไว้
28	.58	.44	คัดเลือกไว้
29	.56	.72	คัดเลือกไว้
30	.54	.52	คัดเลือกไว้
31	.56	.40	คัดเลือกไว้
32	.58	.60	คัดเลือกไว้
33	.80	.08	คัดออก
34	.58	.52	คัดเลือกไว้
35	.84	.08	คัดออก
36	.60	.64	คัดเลือกไว้

นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ 30 ข้อ ไปหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ
โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .923

ภาคผนวก ค

- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
 - แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ

- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
 - แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ

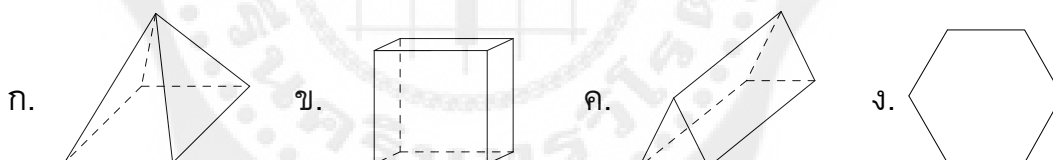
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

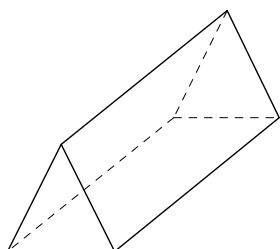
คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 30 ข้อ เวลา 50 นาที
2. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ
4 ตัวเลือก
3. การตอบให้นักเรียนตอบลงในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้ โดยทำเครื่องหมาย (X) กากบาททับตัวอักษร ก ข ค และ ง ที่นักเรียนเห็นว่า เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. รูปเรขาคณิตในข้อใดเป็นรูปเรขาคณิตสองมิติ

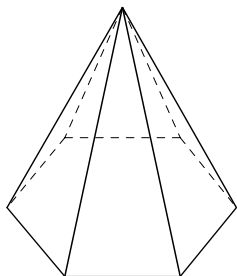


2. รูปเรขาคณิตสามมิติที่กำหนดให้ต่อไปนี้มีชื่อเรียกว่าอะไร



- ก. พีระมิดฐานสามเหลี่ยม
- ข. ปริซึมสามเหลี่ยม
- ค. พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม
- ง. ปริซึมสี่เหลี่ยม

3. ข้อความในข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง



- ก. ทรงสามมิตินี้เรียกว่าพีระมิด
- ข. ผิวข้างประกอบด้วยรูปเรขาคณิตสองมิติ
- ค. ผิวข้างประกอบด้วยรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วทุกด้าน
- ง. รูปคลี่ของรูปเรขาคณิตสามมิติจะเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า 6 รูป และรูปหกเหลี่ยม 1 รูป

4. รูปเรขาคณิตในข้อใดแตกต่างจากข้ออื่น

- ก. แดงโม
- ข. ธนบัตร
- ค. กล้องนม
- ง. ขวดน้ำ

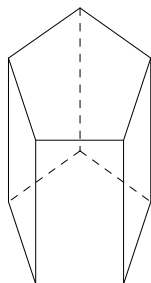
5. รูปเรขาคณิตสามมิติในข้อใดที่มีหน้าตัดหรือฐานทั้งสองเป็นรูปวงกลมที่มีขนาดเท่ากันและอยู่ในระนาบที่ขนานกัน

- ก. ทรงกระบอก
- ข. ปริซึม
- ค. พีระมิด
- ง. กรวย

6. ถ้าใช้ระนาบตัดทรงกรวยตามแนวเอียง จะได้หน้าตัดเป็นรูปเรขาคณิตสองมิติตรงกับข้อใด

- ก. รูปวงรี
- ข. รูปวงกลม
- ค. รูปสามเหลี่ยม
- ง. รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

7. รูปเรขาคณิตสามมิติที่กำหนดให้ต่อไปนี้มีหน้าตัดเป็นรูปใด

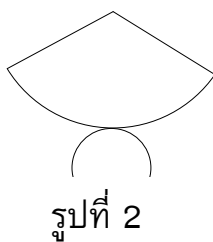
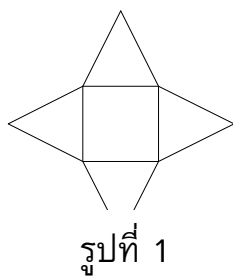


- ก. รูปหกเหลี่ยม
- ข. รูปห้าเหลี่ยม
- ค. รูปสี่เหลี่ยม
- ง. รูปสามเหลี่ยม

8. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

- ก. หน้าตัดรูปวงรีเกิดจากการใช้ระนาบตัดทรงกลมในแนวนอนกับฐานของทรงกลม
- ข. หน้าตัดรูปวงกลมเกิดจากการใช้ระนาบตัดกรวยในแนวตั้งฉากกับฐานของกรวย
- ค. หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมเกิดจากการใช้ระนาบตัดพีระมิดในแนวเอียงทำมุม 45 องศา
- ง. หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเกิดจากการใช้ระนาบตัดทรงกระบอกในแนวตั้งฉากกับฐานของทรงกระบอก

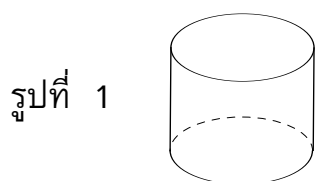
9. พิจารณารูปที่กำหนดให้ต่อไปนี้



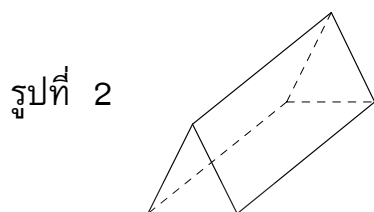
ข้อใดกล่าวถูกต้อง

- ก. รูปที่ 1 เป็นรูปคลี่ของปริซึม
- ข. รูปที่ 1 เป็นรูปคลี่ของพีระมิด
- ค. รูปที่ 2 เป็นรูปคลี่ของกรวย
- ง. ข้อ ข และข้อ ค ถูก
- จ.

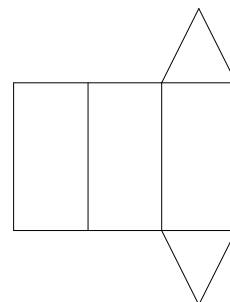
10. พิจารณาข้อกำหนดต่อไปนี้



มีรูปคลี่เป็น



มีรูปคลี่เป็น



ข้อใดกล่าวถูกต้อง

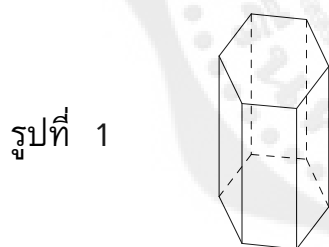
ก. รูปที่ 1 ถูก

ข. รูปที่ 2 ผิด

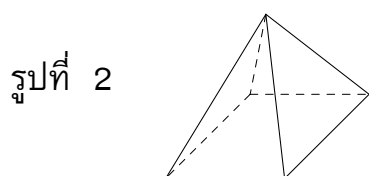
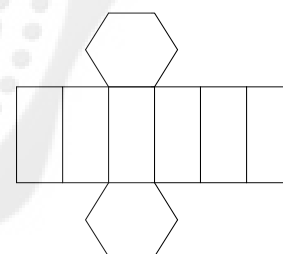
ค. รูปที่ 1 ผิด รูปที่ 2 ถูก

ง. รูปที่ 1 และ รูปที่ 2 ถูก

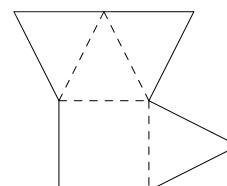
11. พิจารณาข้อกำหนดต่อไปนี้



มีรูปคลี่เป็น



มีรูปคลี่เป็น



ข้อใดกล่าวถูกต้อง

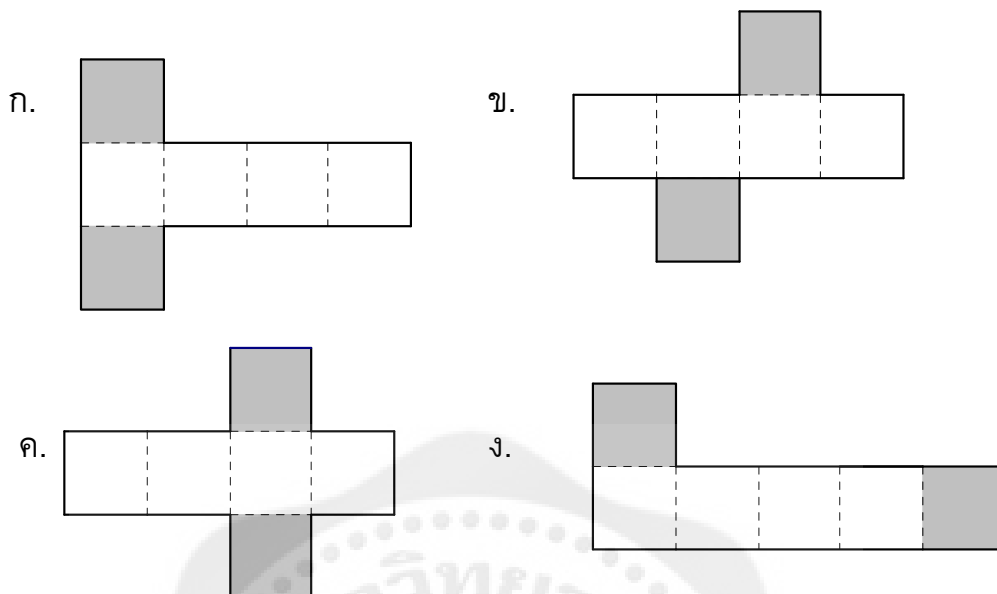
ก. รูปที่ 1 ถูก

ข. รูปที่ 2 ถูก

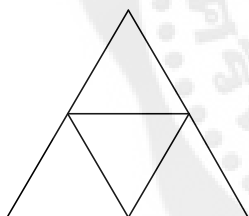
ค. รูปที่ 1 และ รูปที่ 2 ถูก

ง. รูปที่ 1 และ รูปที่ 2 ผิด

12. รูปคลี่ในข้อใดไม่สามารถประกอบเป็นรูปลูกบาศก์ได้

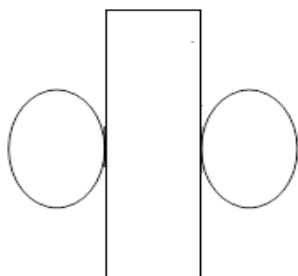


13. ถ้านำรูปเรขาคณิตสองมิติที่กำหนดให้ประกอบกันจะเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติใด



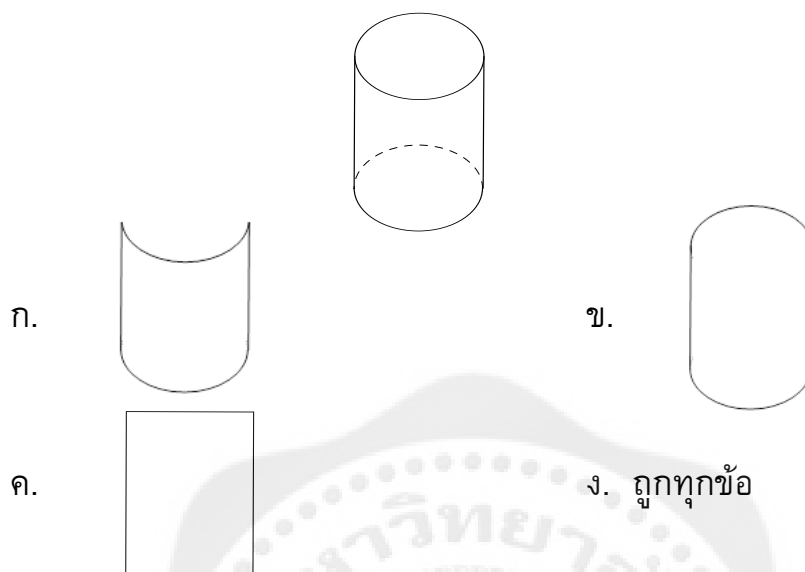
- ก. ทรงกระบอก
- ข. พีระมิด
- ค. กรวย
- ง. ปริซึม

14. รูปที่กำหนดให้เป็นรูปคลี่ของรูปทรงสามมิติใด

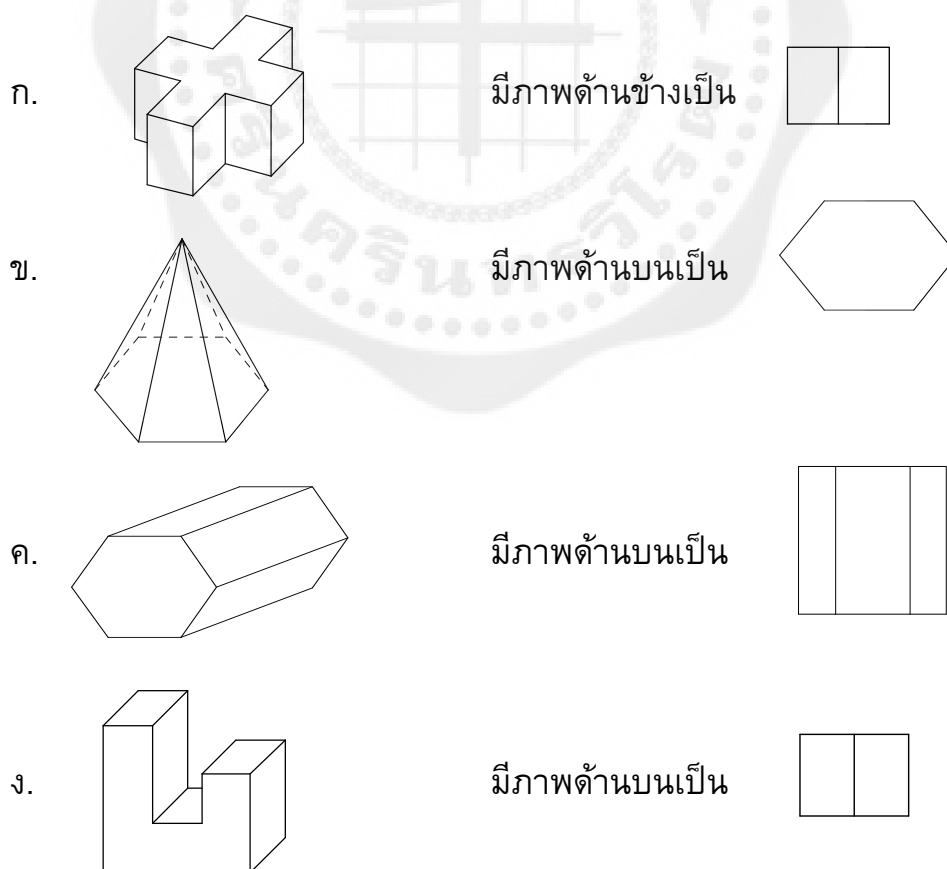


- ก. กรวย
- ข. ปริซึม
- ค. พีระมิด
- ง. ทรงกระบอก

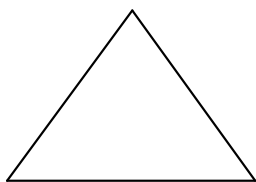
15. จากรูปเรขาคณิตสามมิติที่กำหนดให้ ข้อใดเขียนแสดงภาพสองมิติที่เกิดจากการมองด้านหน้าได้ถูกต้อง



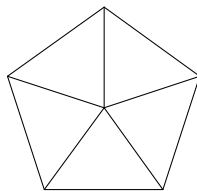
16. ข้อใดต่อไปนี้เป็นถูกต้อง



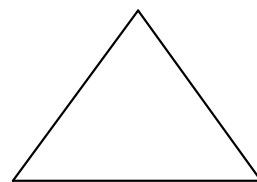
17. รูปเรขาคณิตสามมิติในข้อใดมีภาพจากการมองภาพด้านหน้า ภาพด้านบน และ ภาพด้านข้าง เป็นดังนี้



ภาพด้านหน้า



ภาพด้านบน



ภาพด้านข้าง

ก. ปริซึมฐานสามเหลี่ยม

ข. พีระมิดฐานห้าเหลี่ยม

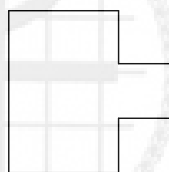
ค. ทรงสามเหลี่ยมด้านเท่า

ง. ทรงห้าเหลี่ยมด้านเท่า

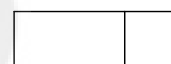
18. กำหนดภาพการมองทั้งสามด้านของรูปเรขาคณิตรูปหนึ่งเป็นดังนี้



ภาพด้านหน้า



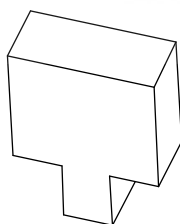
ภาพด้านข้าง



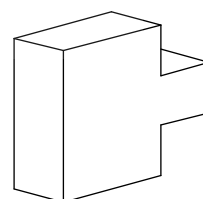
ภาพด้านบน

รูปเรขาคณิตสามมิติในข้อใดตรงกับภาพที่กำหนด

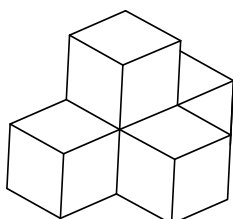
ก.



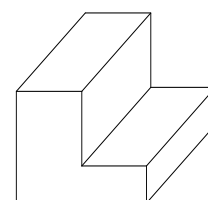
ข.



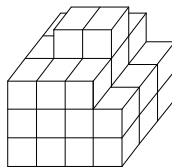
ค.



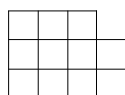
ง.



19. จากรูปเรขาคณิตสามมิติที่กำหนดให้ การมองภาพด้านใดไม่ถูกต้อง

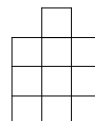


ก.



ภาพด้านหน้า

ข.



ภาพด้านข้าง

ค.

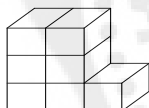


ภาพด้านบน

ง. ข้อ ก ถึง ข้อ ค ไม่ถูกต้อง

20. การมองภาพด้านหน้า ภาพด้านข้าง และภาพด้านบนของรูปเรขาคณิตสามมิติข้อใดไม่ถูกต้อง

ก.



ภาพด้านหน้า

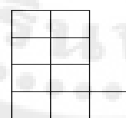
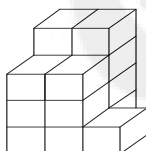


ภาพด้านข้าง



ภาพด้านบน

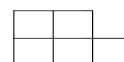
ข.



ภาพด้านหน้า

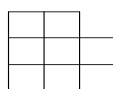
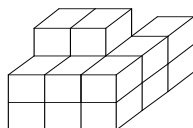


ภาพด้านข้าง

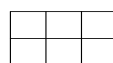


ภาพด้านบน

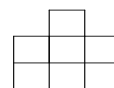
ค.



ภาพด้านหน้า

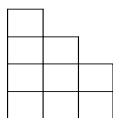
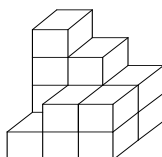


ภาพด้านข้าง

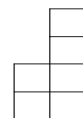


ภาพด้านบน

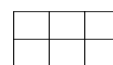
ง.



ภาพด้านหน้า

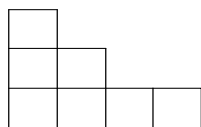


ภาพด้านข้าง

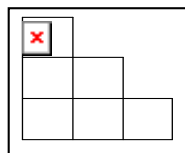


ภาพด้านบน

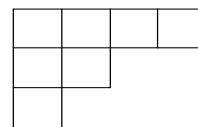
21. ภาพด้านหน้า ภาพด้านข้าง และภาพด้านบนที่กำหนดต่อไปนี้ ตรงกับรูปเรขาคณิตสามมิติในข้อใด



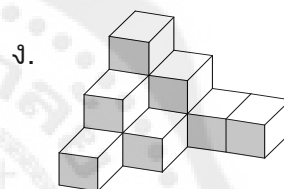
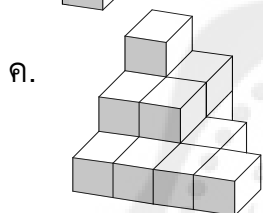
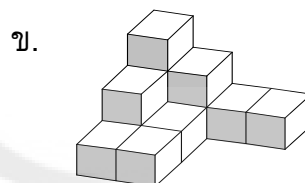
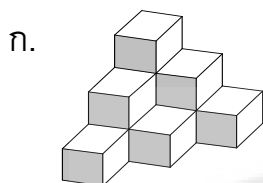
ภาพด้านหน้า



ภาพด้านข้าง



ภาพด้านบน



22. จากการมองภาพด้านบน ภาพด้านหน้า และภาพด้านข้างของรูปเรขาคณิตสามมิติที่ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์ จะได้รูปเรขาคณิตสามมิติตรงกับข้อใด

1				
1	1			
1	2	1		
2	2	2	2	2

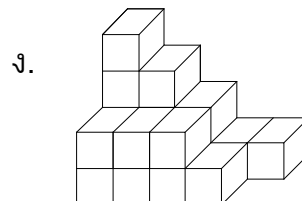
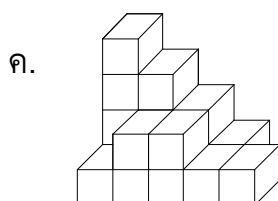
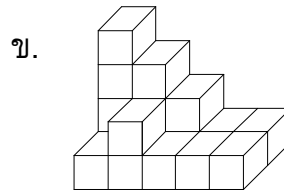
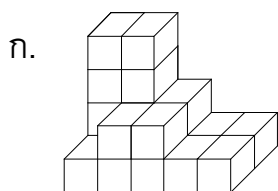
ภาพด้านหน้า

1	
2	
1	3
5	5

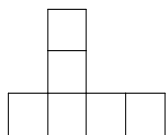
ภาพด้านข้าง

4	3	2	1	1
1	2	1	1	1

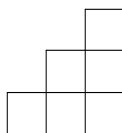
ภาพด้านบน



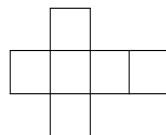
23. พิจารณาภาพต่อไปนี้ เกิดจากการนำลูกบาศก์ขนาดหนึ่งหน่วย มาประกอบกัน
เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติ ตามข้อใด



ภาพด้านหน้า

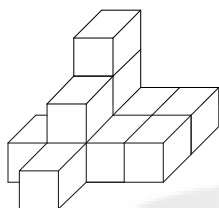


ภาพด้านข้าง

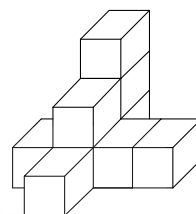


ภาพด้านบน

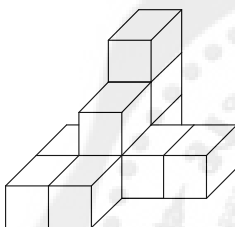
ก.



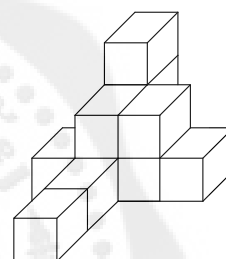
ข.



ค.



ง.



24. จากการมองภาพด้านบน ด้านหน้า และด้านข้างของรูปเรขาคณิตสามมิติที่
ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์ จะได้รูปเรขาคณิตสามมิติตรงกับข้อใด

ภาพด้านหน้า

1		
2	1	
3	2	1

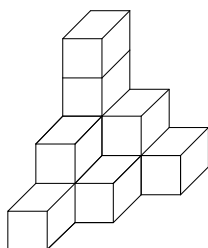
ภาพด้านข้าง

		1
	1	2
1	2	3

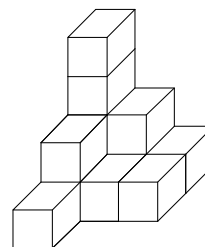
ภาพด้านบน

3	2	1
2	1	
1		

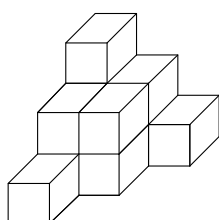
ก.



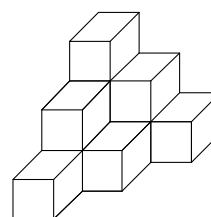
ข.



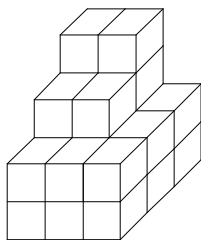
ค.



ง.



25. จากรูปเรขาคณิตสามมิติที่กำหนดให้ การมองภาพด้านหน้าแสดงจำนวนลูกบาศก์ในข้อใดถูกต้อง



ก.

2	2	
2	2	
3	3	3
3	3	3

ข.

1	1	
1	1	
3	3	3
3	3	3

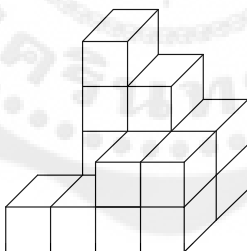
ค.

1	1	
2	2	
3	3	3
3	3	3

ง.

1	1	
2	2	
3	3	3
4	4	3

26. จำนวนลูกบาศก์ที่ได้จากการมองภาพด้านข้างของรูปเรขาคณิตสามมิติที่กำหนดให้ข้อใดถูกต้อง



ก.

		1
2	2	
2	3	
4	3	

ข.

		1
		2
2	3	
4	3	

ค.

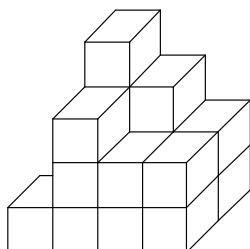
		1
		2
2	3	
4	4	

ง.

		1
		2
	2	3
1	2	2

27. จำนวนลูกบาศก์ที่ได้จากการมองภาพด้านบนของรูปเรขาคณิตสามมิติ
ข้อใดไม่ถูกต้อง

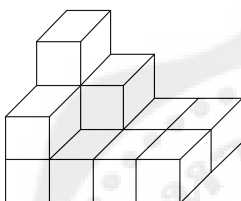
ก.



มีภาพด้านบนเป็น

	4	3	2
1	3	2	2

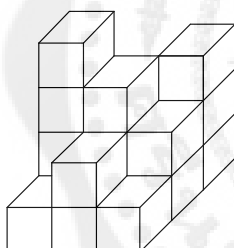
ข.



มีภาพด้านบนเป็น

3	2	1	1
2	1	1	1

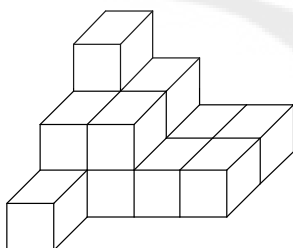
ค.



มีภาพด้านบนเป็น

		3
4	3	2
1	2	1

ง.



มีภาพด้านบนเป็น

3	3	1	1
2	3	1	1
1			

28. ถ้าภาพทั้งสามด้านของรูปเรขาคณิตสามมิติรูปหนึ่งประกอบขึ้นจากลูกบาศก์เป็นดังนี้

2	2	2
4	2	2
4	2	2
4	3	3

ภาพด้านหน้า

		3	3
1	1	3	3
1	1	3	3
1	3	3	3

ภาพด้านข้าง

4	4	4
4	4	4
3	1	1
3		

ภาพด้านบน

รูปเรขาคณิตสามมิตินี้ประกอบด้วยลูกบาศก์กี่ลูก

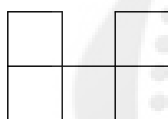
ก. 31 ลูก

ข. 32 ลูก

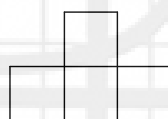
ค. 33 ลูก

ง. 34 ลูก

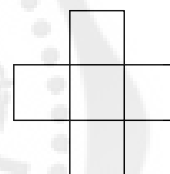
29. พิจารณาภาพต่อไปนี้



ภาพด้านหน้า



ภาพด้านข้าง



ภาพด้านบน

ถ้านำลูกบาศก์ขนาดหนึ่งหน่วย มาประกอบเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติให้สามารถมองเห็นได้ดังภาพ แล้วจะต้องใช้ลูกบาศก์อย่างน้อยที่สุดกี่ลูก

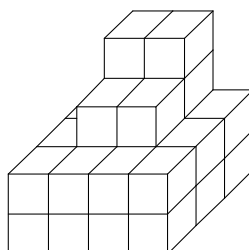
ก. 5 ลูก

ข. 6 ลูก

ค. 7 ลูก

ง. 8 ลูก

30. รูปเรขาคณิตสามมิติที่กำหนดให้ ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์ทั้งหมดกี่ลูก



ก. 30 ลูก

ข. 29 ลูก

ค. 19 ลูก

ง. 18 ลูก

แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ

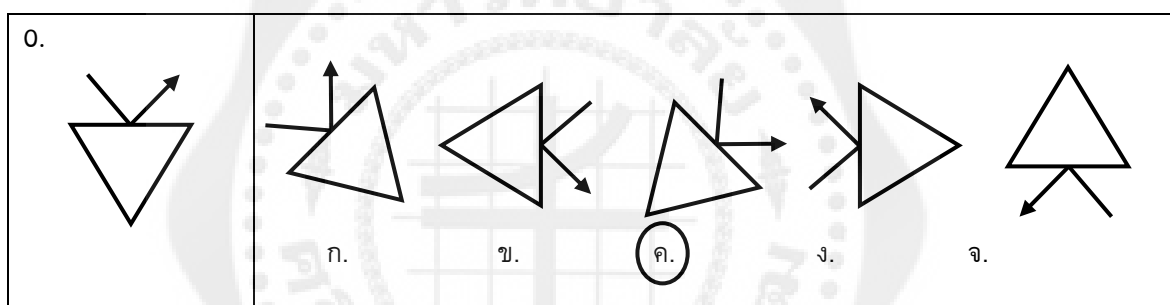
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ชุดที่ 1 แบบหมุนภาพ



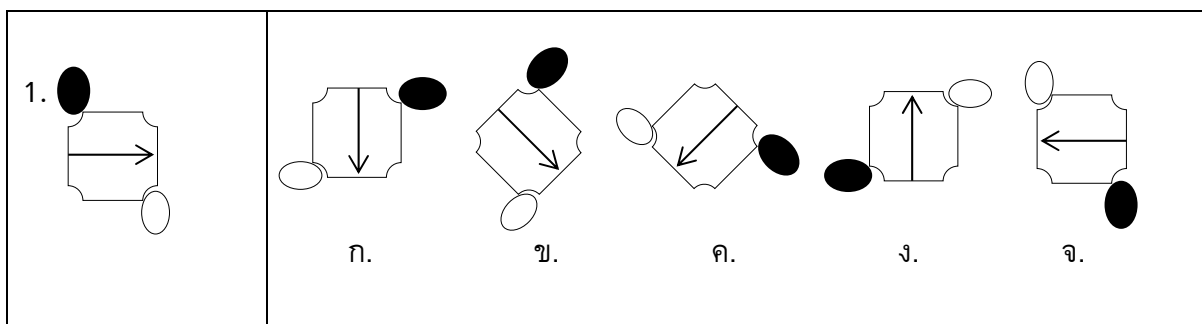
คำชี้แจง

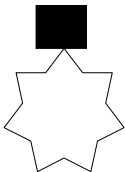
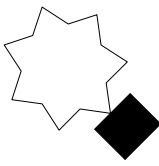
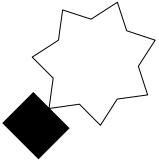
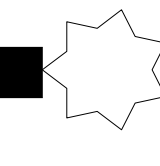
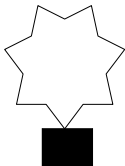
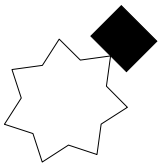
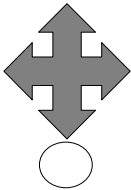
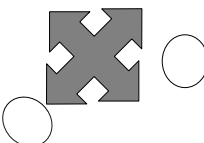
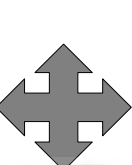
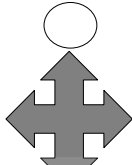
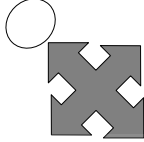
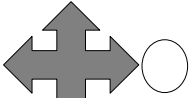
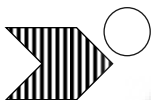
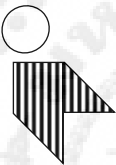
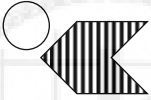
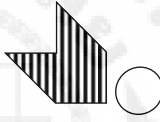
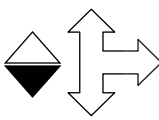
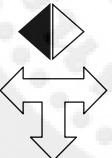
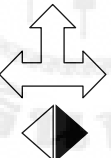
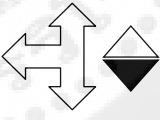
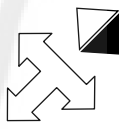
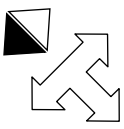
1. แบบทดสอบมีทั้งหมด 12 ข้อ เวลา 15 นาที
2. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก
3. ให้นักเรียนพิจารณาภาพที่กำหนดให้จากข้อ ก - จ ว่าภาพใดเป็นภาพที่เกิดจากการหมุนภาพต้นแบบที่กำหนดให้ทางซ้ายมือไปในทิศ 45 องศา ตามเข็มนาฬิกา

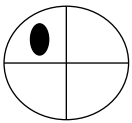
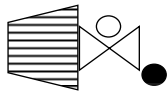
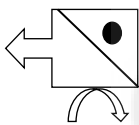
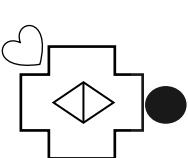
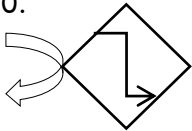


4. การตอบให้ตอบลงในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้ โดยทำเครื่องหมายกากบาท (X) ทับลงในช่องตัวอักษร ก ข ค ง และ จ ที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบจากตัวเลือก ก ให้เป็นตัวเลือก ค ให้ทำดังตัวอย่าง

	ก	ข	ค	ง	จ
0)					



2. 	     ก. ข. ค. ง. จ.
3. 	     ก. ข. ค. ง. จ.
4. 	     ก. ข. ค. ง. จ.
5. 	     ก. ข. ค. ง. จ.

6. 	ก. ข. ค. ง. จ.
7. 	ก. ข. ค. ง. จ.
8. 	ก. ข. ค. ง. จ.
9. 	ก. ข. ค. ง. จ.
10. 	ก. ข. ค. ง. จ.

แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ชุดที่ 2 แบบซ่อนภาพ



คำชี้แจง

1. แบบทดสอบมีทั้งหมด 12 ข้อ เวลา 15 นาที
2. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก
3. ให้นักเรียนพิจารณาภาพที่กำหนดให้จากข้อ ก – จ มีภาพใดที่มีรูปร่าง ขนาด และทิศทางเช่นเดียวกับภาพทางซ้ายมือที่กำหนดให้ซ่อนอยู่

0)	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ก.</td> <td>ข.</td> <td>ค.</td> <td>ง.</td> <td>จ.</td> </tr> </table>						ก.	ข.	ค.	ง.	จ.
ก.	ข.	ค.	ง.	จ.							

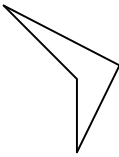
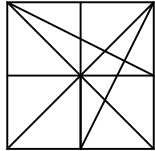
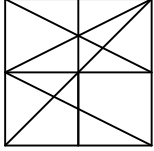
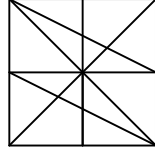
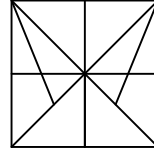
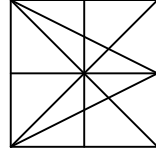
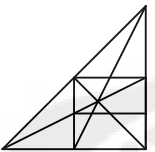
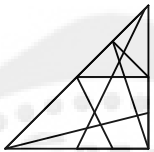
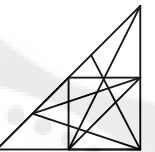
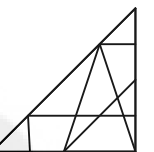
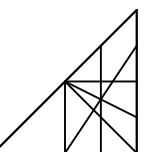
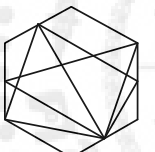
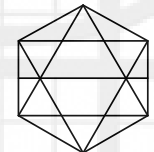
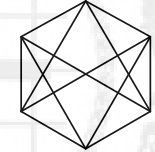
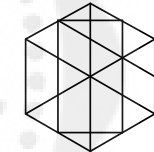
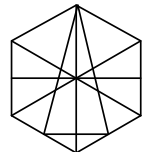
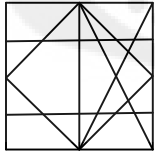
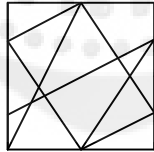
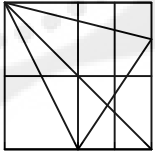
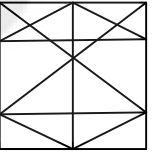
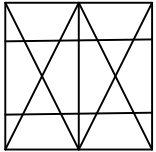
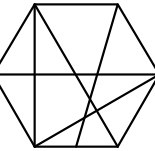
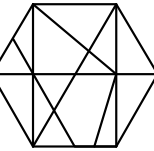
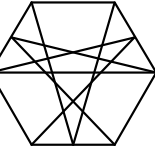
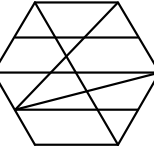
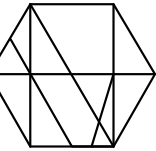
4. ให้นักเรียนพิจารณาภาพที่กำหนดให้จากข้อ ก – จ ภาพใดซ่อนอยู่ในภาพทางซ้ายมือ โดยจะมีรูปร่าง ขนาด และทิศทางเช่นเดียวกัน

00)	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ก.</td> <td>ข.</td> <td>ค.</td> <td>ง.</td> <td>จ.</td> </tr> </table>						ก.	ข.	ค.	ง.	จ.
ก.	ข.	ค.	ง.	จ.							

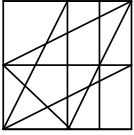
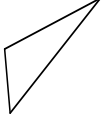
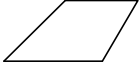
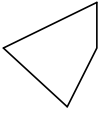
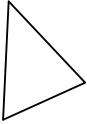
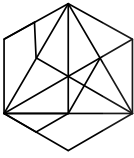
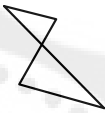
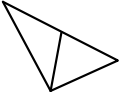
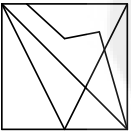
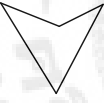
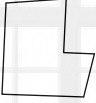
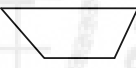
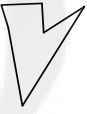
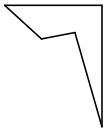
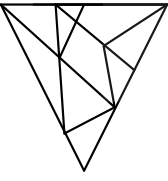
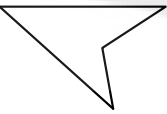
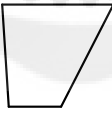
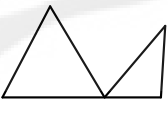
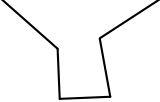
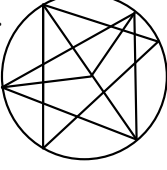
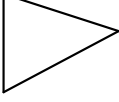
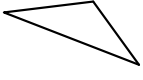
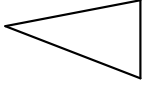
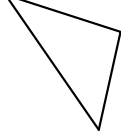
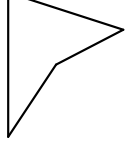
5. การตอบให้ตอบลงในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้ โดยทำเครื่องหมายกากบาท (X) ทับลงในช่องตัวอักษร ก ข ค ง และ จ ที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบจากตัวเลือก ก ให้เป็นตัวเลือก ค ให้ทำดังตัวอย่าง

ก	ข	ค	ง	จ	
0)					

ให้นักเรียนพิจารณาภาพที่กำหนดให้จากข้อ ก - จ ซ่อนอยู่ในภาพทางซ้ายมือ โดยจะมี
รูปร่าง ขนาด และทิศทางเช่นเดียวกัน

11. 	     ก.ข.ค.ง.จ.
12. 	     ก.ข.ค.ง.จ.
13. 	     ก.ข.ค.ง.จ.
14. 	     ก.ข.ค.ง.จ.
15. 	     ก.ข.ค.ง.จ.

ให้นักเรียนพิจารณาภาพที่กำหนดให้จากข้อ ก – จ ภาพใดซ่อนอยู่ในภาพทางซ้ายมือ โดยจะมีรูปร่าง ขนาด และทิศทางเช่นเดียวกัน

16. 	     ก. ข. ค. ง. จ.
17. 	     ก. ข. ค. ง. จ.
18. 	     ก. ข. ค. ง. จ.
19. 	     ก. ข. ค. ง. จ.
20. 	     ก. ข. ค. ง. จ.

แบบวัดความสามารถเชิงปริภูมิ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

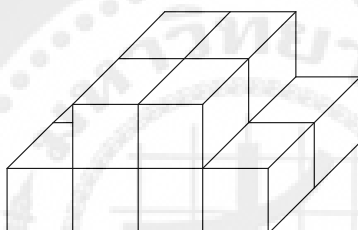
ชุดที่ 3 แบบนับลูกบาศก์

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบมีทั้งหมด 12 ข้อ เวลา 15 นาที
2. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก
3. ให้นักเรียนพิจารณาภาพที่กำหนดให้ว่าลูกบาศก์มีทั้งหมดกี่ลูก

0)



ก. 10

ข. 11

ค. 12

ง. 14

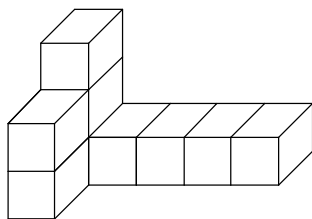
จ. 16

4. การตอบให้ตอบลงในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้ โดยทำเครื่องหมายกากบาท (X) ทับลงในช่องตัวอักษร ก ข ค ง และ จ ที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบจากตัวเลือก ก ให้เป็นตัวเลือก ค ให้ทำดังตัวอย่าง

ก ข ค ง จ

0)	~~X~~		~~X~~		
----	--------------	--	--------------	--	--

21.



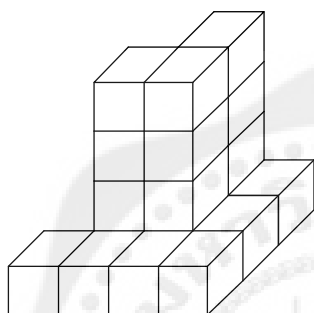
ก. 7

ข. 8

ค. 9

ง. 10

22.



ก. 14

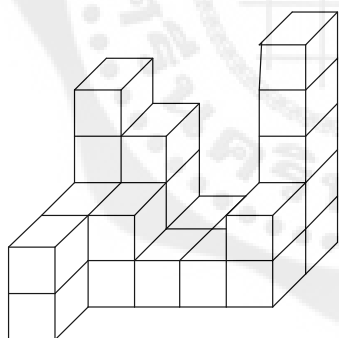
ข. 15

ค. 16

ง. 20

จ. 21

23.



ก. 24

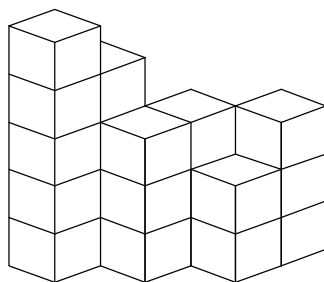
ข. 25

ค. 26

ง. 27

จ. 28

24.



ก. 19

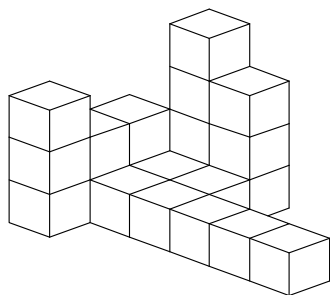
ข. 20

ค. 21

ง. 22

จ. 23

25.



ก. 21

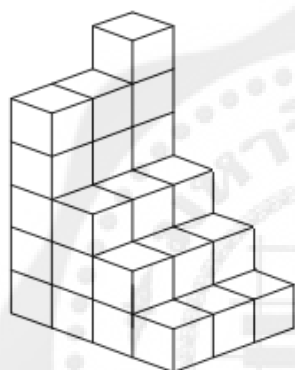
ข. 22

ค. 23

ง. 24

จ. 25

26.



ก. 29

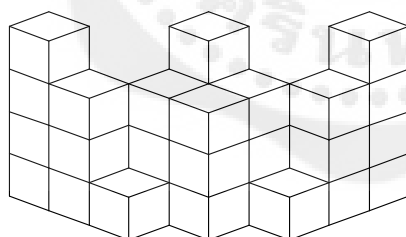
ข. 30

ค. 32

ง. 33

จ. 34

27.



ก. 24

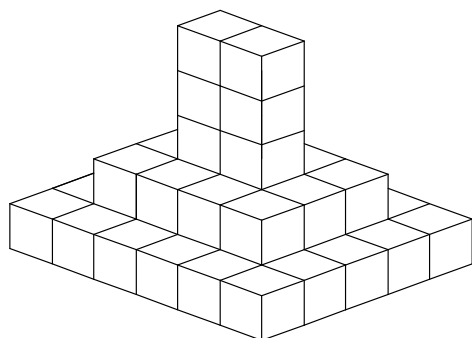
ข. 27

ค. 29

ง. 30

จ. 32

28.



ก. 49

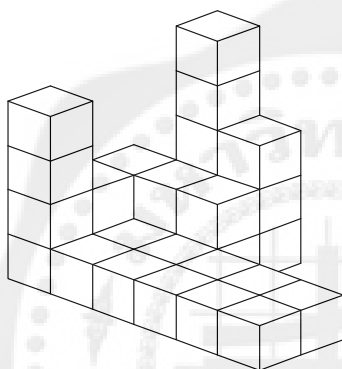
ข. 48

ค. 38

ง. 31

จ. 26

29.



ก. 25

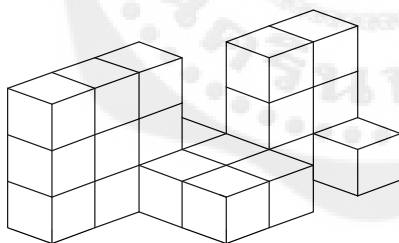
ข. 26

ค. 28

ง. 30

จ. 32

30.



ก. 20

ข. 21

ค. 22

ง. 24

จ. 25

ประวัติย่อผู้วิจัย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางญาณี แก้วจิ่ง
วัน เดือน ปีเกิด	8 กุมภาพันธ์ 2517
สถานที่เกิด	อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	109/6 ถนนศรีน้ำซึม ตำบลอุทัยใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนอุทัยวิทยาคม ตำบลสะแกกรัง อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2535	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีสงครามวิทยา จังหวัดเลย
พ.ศ. 2539	ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก
พ.ศ. 2560	ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์ แขนงวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ