

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิค TAI และแบบปกติ ผู้วิจัย ดำเนินการดังรายละเอียดดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย
2. แผนแบบการทดลองและขั้นตอนที่ใช้ในการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 8 ห้องเรียน จำนวน 360 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวนทั้งหมด 3 ห้องเรียน จำนวน 122 คน เป็นห้องเรียนตามสภาพจริง (Intact group) สุ่มอย่างง่ายโดยการจับฉลาก กลุ่มแรกเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ จำนวน 42 คน กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิค TAI จำนวน 39 คน กลุ่มที่สามเป็นกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 41 คน

แผนแบบการทดลองและขั้นตอนที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนแบบที่ใช้ในการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยใช้แผนแบบการวิจัยแบบ Nonrandomized control pretest – posttest design (ลิ้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 250 ; ยุทธ ิโกยวรรณ. 2545 : 131) ปรับปรุงมาจากแมคมิลเลียนและชัทมาซู (McMillan & Schumachu. 2006 : 274) ซึ่งมีลักษณะดังนี้

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E_1	T_1	X_1	T_2
E_2	T_1	X_2	T_2
C	T_1	X	T_2

โดยที่	E_1	แทน	กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้
	E_2	แทน	กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิค TAI
	C	แทน	กลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
	X_1	แทน	การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้
	X_2	แทน	การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิค TAI
	X	แทน	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ
	T_1	แทน	การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ก่อนการทดลอง
	T_2	แทน	การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์หลังการทดลอง

2. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

- 2.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น
- 2.2 ออกแบบทดลองและสร้างเครื่องมือ
- 2.3 ทดลองใช้เครื่องมือ

2.4 เก็บรวบรวมข้อมูล

2.5 สรุปและอภิปรายผล

ซึ่งรายละเอียดดังตาราง 2

ตาราง 2 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

ขั้นตอน	แหล่งข้อมูล	วิธีการ / เครื่องมือที่ใช้	ผลที่ต้องการ / ได้
1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น	- เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	- วิเคราะห์เนื้อหา	- กรอบแนวคิดการวิจัย
2. ออกแบบทดลอง/สร้างเครื่องมือ	- เอกสารทางวิชาการต่างๆ	- ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ	- แผนการจัดการเรียนรู้ - แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน - แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
3. ทดลองใช้เครื่องมือ	- นักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง	- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน - แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	- ปรับปรุงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน - ปรับปรุงแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอน	แหล่งข้อมูล	วิธีการ / เครื่องมือที่ใช้	ผลที่ต้องการ / ได้
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล	- กลุ่มตัวอย่าง	- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน - แบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	- ผลการวิเคราะห์ข้อมูล
5. สรุปอภิปรายผล	- ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	- อภิปรายผล	- สรุปผลการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องเวกเตอร์ในสามมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิค TAI และแบบปกติ

1.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเวกเตอร์ในสามมิติ

1.3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

2. การสร้างหรือพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการสร้างหรือพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้มีขั้นตอนการพัฒนา ดังนี้

2.1.1 ศึกษาหลักการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิค TAI

2.1.2 ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ช่วงชั้นที่ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พุทธศักราช 2544

2.1.3 ศึกษาสาระการเรียนรู้จากหนังสือแบบเรียน และคู่มือสาระการเรียนรู้
คณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้
ร่วมกับเทคนิค TAI และแบบปกติ อย่างละ 20 แผนใช้เวลาทั้งสิ้น 20 คาบ ซึ่งประกอบด้วย

1. ชื่อเรื่อง
2. สาระสำคัญ
3. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
4. จุดประสงค์การเรียนรู้
5. กิจกรรมการเรียนรู้แบบ วัฏจักรการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับ
เทคนิค TAI และแบบปกติ
6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้
7. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้
8. บันทึกหลังสอน
9. กิจกรรมเสนอแนะ

รายละเอียดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับ
เทคนิค TAI และแบบปกติ ดังตาราง 3

ตาราง 3 เปรียบเทียบการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิค TAI และแบบปกติ

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้	กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิค TAI	กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
1. การสร้างประสบการณ์เพื่อกระตุ้นความสนใจ	1. ทบทวนความรู้เดิม	1. แจงจุดประสงค์การเรียนรู้
2. การวิเคราะห์ประสบการณ์หาเหตุผลเกี่ยวกับประสบการณ์ที่ได้รับ	2. การสร้างประสบการณ์เพื่อกระตุ้นความสนใจ	2. ทบทวนความรู้เดิม
3. การพัฒนาประสบการณ์เป็นความคิดรวบยอดโยงข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน	3. การวิเคราะห์ประสบการณ์	3. จัดกิจกรรมการเรียนการสอน
4. การพัฒนาความรู้ความคิดสร้างความคิดรวบยอดเรื่องที่เรียน	4. การปรับประสบการณ์เป็นความคิดรวบยอดเชื่อมโยงข้อมูล	4. สรุปผล
5. การปฏิบัติตามที่แนวที่คิดไว้เรียนรู้โดยการทำแบบฝึกหัด	5. พัฒนาความรู้ความคิดเป็นความคิดรวบยอดเรื่องที่เรียน	5. วัดและประเมินผล
6. การสร้างชิ้นงานของตนเอง	6. การปฏิบัติตามแนวคิดโดยการทำแบบฝึกทักษะ	
7. การวิเคราะห์ผลงานและนำไปประยุกต์ใช้	7. การสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยการทำแบบฝึกหัด	
8. การแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดและประสบการณ์กับผู้อื่น	8. การวิเคราะห์ผลงานไปประยุกต์ใช้เชื่อมโยงกับกิจกรรมอื่น	
	9. การแลกเปลี่ยนความรู้	
	10. สรุปบทเรียน	

2.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของแผนการจัดการเรียนรู้ในเรื่องความถูกต้องของสาระการเรียนรู้ ความเหมาะสมของเวลา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ผลการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย 5 ท่าน มีคุณภาพอยู่ในระดับดี (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข) ซึ่งถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่นำมาใช้ได้

2.1.6 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้สอนจริงกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูล

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สำหรับใช้ทดสอบก่อนทดลองและหลังทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง เป็นข้อสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยดำเนินการสร้างแบบทดสอบตามขั้นตอน ต่อไปนี้

2.2.1 ศึกษาเอกสารหลักสูตร ได้แก่ หนังสือกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คู่มือการวัดและประเมินผลรวมทั้งการสร้างแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์จากเอกสารที่เกี่ยวข้องต่างๆ

2.2.2 สร้างตารางวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยจำแนกพฤติกรรมออกเป็น 4 ด้าน คือ ด้านความรู้/ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ ดังตาราง 4

ตาราง 4 ตารางกำหนดลักษณะของข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ

สาระการเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม				รวม
	ความรู้/ ความจำ	ความ เข้าใจ	การ นำไปใช้	การ วิเคราะห์	
1. หาผลบวก ผลลบของเวกเตอร์			1		1
2. หาค่าของการคูณของเวกเตอร์ด้วย จำนวนจริงได้		3			3
3. บอกพิกัดฉากของจุดใด ๆ ในระบบ พิกัดฉากสามมิติได้		1	1		2
4. นำความรู้เกี่ยวกับเวกเตอร์ในระบบ พิกัดฉากสองมิติและสามมิติไป ใช้ได้			4		4
5. หาขนาดของเวกเตอร์		3			3
6. หาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยได้		1	5		6
7. หาผลคูณของสเกลาร์ได้		6	1		7
8. หาผลคูณเชิงเวกเตอร์ของเวกเตอร์		1			1
9. นำความรู้เกี่ยวกับผลคูณเชิงเวกเตอร์ ไปใช้ได้			2	1	3
รวม		15	14	1	30

2.2.3 สร้างแบบทดสอบปรนัยวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเวกเตอร์ในสามมิติ เป็นข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบจำนวน 30 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนคือทำถูกได้ 1 คะแนน ทำผิดได้ 0 คะแนน

2.2.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาเพื่อให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข

2.2.5 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบคุณลักษณะของแบบทดสอบ ในด้านความสอดคล้องของเนื้อหา ภาษาที่ใช้ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด และความเหมาะสมของตัวเลือก ใช้วิธีตรวจสอบดัชนีความสอดคล้อง (Index of item – objective congruence หรือ IOC) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2543 : 247-251) ซึ่งกำหนด ให้คะแนนผลการพิจารณาตัดสิน ดังนี้

+1	=	แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้จริง
0	=	ไม่แน่ใจข้อสอบนั้นวัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้
-1	=	แน่ใจว่าข้อสอบนั้นไม่ได้วัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้

จากการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย ปรากฏว่าข้อสอบมีค่า IOC เท่ากับ +1 แต่มีบางข้อต้องปรับปรุงภาษาที่ใช้บ้าง ซึ่งสรุปได้ว่าข้อสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมทุกข้อ โดยถือเกณฑ์ว่าข้อสอบที่มีค่าเฉลี่ยความเห็นของผู้เชี่ยวชาญมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 เป็นข้อสอบที่ใช้ได้

2.2.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่สร้างขึ้นและปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย จำนวน 49 คน ซึ่งเคยเรียนเรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติมาแล้ว เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ หาความยากและค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ โดยใช้เทคนิค 27% ของจุง-เตห์-ฟาน (Jung Teh Fan. 1952 : 3-22) เลือกเฉพาะข้อที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไปมาใช้ทดสอบความรู้จำนวน 20 ข้อ แล้วนำไปหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 (Kuder Richardson-20)(ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 197) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.84 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

2.3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

2.3.1 ศึกษาตำรา เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

2.3.2 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จำนวน 15 ข้อ โดยผู้วิจัยได้ยึดหลักของบอลกา (Balka. 1974 : 98A) และสุภาวดี ตั้งบุบผา (2533 : 76 – 77)

2.3.3 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยปรับปรุงแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลจำนวน 5 ท่าน พิจารณาตรวจ สอบด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตลอดจนภาษาที่ใช้ในแต่ละข้อ โดยผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงภาษา และคำถามอีกครั้งตามคำชี้แนะของผู้เชี่ยวชาญ

2.3.4 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์จำนวน 15 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย จำนวน 49 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

2.3.5 นำผลของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มาวิเคราะห์หาอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ ได้จำนวน 5 ข้อ ซึ่งมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.261 -0.745 และหาความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.70 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

วิธีการตรวจให้คะแนนซึ่งยึดหลักตามหลักของทอเรนซ์ (ปิยะลักษณ์ โพธิ์ถาวร. 2542 : 67-68 ; อ้างอิงจาก Torrance. 1969 : 45-52)

เนื่องจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นแบบทดสอบที่ให้เสรีภาพแก่ผู้ตอบในการเขียนคำตอบที่ถูกต้องให้มากที่สุดเท่าที่คำตอบจะเป็นไปได้ ดังนั้นจึงได้กำหนดเกณฑ์เพื่อให้เป็นแนวทางในการตรวจให้คะแนน ดังนี้คือ

ก. คะแนนความคล่องแคล่วในการคิด ผู้วิจัยให้คะแนนโดยพิจารณาจากจำนวนคำตอบที่ตอบถูกต้องตามเงื่อนไขของข้อสอบแต่ละข้อ โดยให้คำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบซ้ำหรือเหมือนเดิมจะไม่ให้คะแนนอีก

ข. คะแนนความยืดหยุ่นในการคิด ผู้วิจัยเป็นผู้ให้คะแนนโดยพิจารณาจากจำนวนกลุ่มหรือทิศทางของคำตอบกล่าวคือ นำคำตอบทั้งหมดที่ให้คะแนนความคล่องแคล่วไปแล้วมาจัดกลุ่มหรือคำตอบที่เป็นทิศทางเดียวกันหรือความหมายเดียวกันเมื่อจัดกลุ่มเรียบร้อยแล้วให้นับกลุ่ม โดยให้คะแนนกลุ่มละ 1 คะแนน ในกรณีที่ไม่สามารถจัดคำตอบลงในกลุ่มที่จัดไว้เรียบร้อยแล้ว ผู้ตรวจอาจจัดกลุ่มขึ้นใหม่ได้อีกตามความจำเป็น จนกว่าจะครบตามคำตอบ

ค. คะแนนความคิดริเริ่ม ผู้วิจัยตรวจทั้งหมดและนำคำตอบที่แปลกและแตกต่างจากคำตอบของผู้อื่นไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านคณิตศาสตร์ ตรวจให้คะแนนโดยยึดการให้คะแนนของทอเรนซ์ (ปิยะลักษณ์ โพธิ์ถาวร. 2542 : 67 – 68 ; อ้างอิงจาก Torrance. 1969 : 45 – 52)

ง. คะแนนความคิดละเอียดลออ ผู้วิจัยเป็นผู้ให้คะแนนโดยพิจารณาจาก ความคิดในรายละเอียด คิดเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายหรือขยายความคิดเดิมให้เห็นภาพพจน์ที่ชัดเจนและสมบูรณ์โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน

คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง คะแนนที่ได้จากผลบวกของคะแนน ความคิดริเริ่ม ความคล่องในการคิด ความยืดหยุ่นในการคิดและความละเอียดลออ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

1. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ทดสอบก่อนทดลองกับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
2. นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไปทดสอบก่อนทดลองกับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
3. ดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยเป็นผู้สอนทั้ง 3 กลุ่ม โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิค TAI และแบบปกติ ซึ่งทำการทดลองในเวลาเรียนปกติ
4. ประเมินผลตามสภาพจริงขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยแบบสังเกตการปฏิบัติกิจกรรม
5. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผู้วิจัยทำการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ มาตรวจให้คะแนนแล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมหลายตัวแปร (MANCOVA) โดยใช้คะแนนสอบปลายภาคก่อนทดลองเป็นตัวแปรร่วม
2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติ t-test
3. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) โดยใช้คะแนนสอบปลายภาคก่อนทดลองเป็นตัวแปรร่วม

4. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์เป็นรายคู่

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. ค่าสถิติพื้นฐาน (\bar{X} และ $S.D.$)
2. ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
3. ค่าความเชื่อมั่น ($KR-20$) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
4. ค่าความเชื่อมั่น (α) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
5. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
6. ค่าสถิติ t -test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ก่อนทดลองและหลังทดลอง
7. การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมหลายตัวแปร ($MANCOVA$) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนทดลอง โดยใช้คะแนนสอบปลายภาคก่อนทดลองเป็นตัวแปรร่วม
8. การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนทดลองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังทดลองและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์หลังทดลอง โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน
9. การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ($MANCOVA$) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หลังทดลอง โดยใช้คะแนนสอบปลายภาคก่อนทดลองเป็นตัวแปรร่วม
10. การทดสอบความเหมือนของเมทริกซ์ ค่าแปรปรวนร่วม ($Box's$ tests) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์หลังทดลอง
11. ค่าความแปรปรวนรายกลุ่ม ($Levene's$ tests) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์หลังทดลอง
12. การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ ($Games-Howell$) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังทดลอง
13. การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ ($Scheffe$) ของความสามารถในการคิดสร้างสรรค์หลังทดลอง