

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าของการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีรายละเอียดเกี่ยวกับการดำเนินการวิจัยซึ่งแสดงไว้ในหัวข้อต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การสร้างกระบวนการสอน

1. การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา
2. การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้อง
3. การสร้างกระบวนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

ตอนที่ 2 การเตรียมการทดลองใช้กระบวนการสอน

1. การสร้างแผนการสอน
2. การสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การสร้างคู่มือการใช้กระบวนการสอน

ตอนที่ 3 การศึกษาค้นคว้าทดลองใช้กระบวนการสอน

1. การจัดกลุ่มตัวอย่าง
2. การดำเนินการทดลองใช้กระบวนการสอน
3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 1 การสร้างกระบวนการสอน

1. การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา

1.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันของการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา และสภาพปัญหาการสอนของครูคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร รายงานการติดตามผลการใช้หลักสูตร รายงานการประเมินคุณภาพการศึกษาโรงเรียนมัธยมศึกษา และรายงานการวิจัย ได้ข้อสรุปดังนี้

1.1.1 ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จากการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย วิชาคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาทั่วประเทศ โดยสำนักงานทดสอบทางการศึกษาในปีการศึกษา 2531, 2533, 2535 และ 2536 พบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาทั่วประเทศมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยวิชาคณิตศาสตร์ต่ำ โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 40.79, 39.98, 42.42 และ 43.12 ตามลำดับ (สำนักงานทดสอบทางการศึกษา, 2538) และจากรายงานการวิจัยเรื่องประสิทธิภาพของการมัธยมศึกษา พบว่า ตัวแปรในกลุ่มที่เป็นกระบวนการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการในส่วนที่ครูเกี่ยวข้องและนักเรียนมีส่วนร่วม และส่วนพฤติกรรมการสอนของครูเป็นส่วนสำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2530)

1.1.2 ในด้านสภาพปัญหาการสอนของครูคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากงานวิจัยของอภิญา คุณเลิศศรี ซึ่งแบ่งปัญหาออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนการสอนและด้านการวัดและประเมินผลนั้น ผลจากการวิจัยพบว่าครูคณิตศาสตร์มีปัญหา最多ในด้านกิจกรรมการเรียนการสอน รองลงมาคือปัญหาด้านการวัดและประเมินผล และมีปัญหาน้อยที่สุดในด้านเนื้อหา สำหรับความต้องการในด้านกิจกรรมการเรียนการสอนนั้น ครูคณิตศาสตร์ได้แสดงความต้องการสื่อการเรียนการสอน และเทคนิควิธีสอนใหม่ ๆ ที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจได้ง่าย (อภิญา คุณเลิศศรี, 2534)

1.2 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้นและแนวทางการจัดกิจกรรม การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตามความมุ่งหวังของหลักสูตร เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนา กระบวนการสอนให้สอดคล้องกับหลักสูตร และเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถบรรลุจุดประสงค์ รายวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรได้ดียิ่งขึ้น โดยการศึกษาวิเคราะห์จากเอกสารหลักสูตร คู่มือ ประกอบการใช้หลักสูตร คู่มือการประเมินผลการเรียนตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น หนังสือเรียน คู่มือครูวิชาคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งจัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ และคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ เน้นกระบวนการ วิชาคณิตศาสตร์ ของหน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ได้ข้อสรุปดังนี้

1.2.1 หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) มุ่งหวังให้มีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการ เพื่อให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะ การคิดการปฏิบัติอย่างมีกระบวนการคิดตัว

1.2.2 ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการนั้น หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา (หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา, 2534) ได้เสนอให้ใช้ กระบวนการสร้างมโนทัศน์ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งแบ่งได้เป็นกระบวนการสร้างทักษะ การคิดคำนวณและกระบวนการสร้างทักษะการแก้ปัญหา โดยได้ทำการอบรมบุคลากรหลัก ระดับจังหวัดทั่วประเทศ เพื่อให้ขยายผลต่อไปยังครูคณิตศาสตร์ในแต่ละจังหวัด จากการวิเคราะห์ แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ด้วยกระบวนการสร้างมโนทัศน์และกระบวนการ ทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวมานี้ สรุปได้ว่า ในการสอนเนื้อหาทางคณิตศาสตร์เนื้อหาหนึ่ง ควรเริ่ม ด้วยการสอนคำนิยาม ทฤษฎี กฎ หรือสูตร ด้วยวิธีอุปนัย แล้วฝึกการนำทฤษฎี กฎ หรือ สูตรไปใช้ แก้ปัญหาเกี่ยวกับการคำนวณด้วยวิธีนินัย และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการแก้ปัญหา

1.2.3 ในด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ด้านพุทธิปัญญานั้น จำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ จุดประสงค์การเรียนรู้ที่มุ่งให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ หรือหลักการ จุดประสงค์การเรียนรู้ที่มุ่งให้ฝึกทักษะในการคิดคำนวณ และจุดประสงค์การเรียนรู้ ที่มุ่งให้มีความสามารถในการแก้ปัญหา

1.2.4 ในด้านการวัดและประเมินผลการเรียน เน้นที่การวัดและประเมิน เพื่อปรับปรุงการเรียน โดยมี การประเมินผลระหว่างภาคเรียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และ

การประเมินผลปลายภาคเรียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สำคัญ ๆ

2. การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้อง

2.1 ศึกษาแนวคิด ข้อตกลงเบื้องต้นทางการเรียนรู้ และผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยรวบรวมข้อมูลจากหนังสือ ตำรา และเอกสารเกี่ยวกับการวิจัยได้ข้อสรุปดังนี้

2.1.1 ในด้านแนวคิดและข้อตกลงเบื้องต้นทางการเรียนรู้ของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ สรุปได้ดังนี้

2.1.1.1 ความรู้คือโครงสร้างทางปัญญาที่บุคคลสร้างขึ้นจากการเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา แล้วใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาหรืออธิบายสถานการณ์อื่น ๆ ที่อยู่ในการอบโครงสร้างเดียวกันได้ และเป็นพื้นฐานสำหรับการสร้างโครงสร้างใหม่ ๆ ต่อไป

2.1.1.2 นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยวิธีการที่ต่าง ๆ กัน โดยอาศัยประสบการณ์เดิม โครงสร้างทางปัญญามีอยู่ และแรงจูงใจภายในเป็นจุดเริ่มต้น

2.1.1.3 ครูมีหน้าที่จัดการให้นักเรียนได้รับขยายโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียนเองภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นทางการเรียนรู้ ต่อไปนี้

1) สถานการณ์ที่เป็นปัญหาและปฏิสัมพันธ์ทางสังคมก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา

2) ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นแรงจูงใจให้เกิดการกระทำกิจกรรมได้ตรงเพื่อขจัดความขัดแย้งนั้น

3) การได้ตรงบนฐานแห่งประสบการณ์เดิมและโครงสร้างทางปัญญามีอยู่ และการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกระตุ้นให้มีการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา

2.1.1.4 ในการกระทำกิจกรรมไตร่ตรองเพื่อขจัดความขัดแย้ง
นั้น มีการตรวจสอบความเชื่อตามเกณฑ์ต่อไปนี้

เกณฑ์ที่ 1 ความสอดคล้องระหว่างความเชื่อของ
ตนเองกับความเชื่อของผู้อื่นในเรื่องเดียวกัน

เกณฑ์ที่ 2 ความสอดคล้องภายในความเชื่อของคน
เองระหว่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกัน

เกณฑ์ที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างความเชื่อกับ
ข้อมูลเชิงประจักษ์

2.1.1.5 ในทรรณะของคอนสตรัคติวิสต์ ความรู้ทาง
คณิตศาสตร์พัฒนาขึ้นจากการแลกเปลี่ยนทางวัฒนธรรม ครูและนักวิจัยในแนวคอนสตรัคติวิสต์
ต้องการคำอธิบายของนักเรียนเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนคิด และความหมายที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยจะ
ไม่ปฏิเสธความเห็นใด ๆ ของนักเรียนก่อนที่จะให้โอกาสนักเรียนได้ตรวจสอบและพบความคลาด
เคลื่อนด้วยตนเอง นักวิจัยในแนวคอนสตรัคติวิสต์ตั้งข้อสมมติฐานเกี่ยวกับพัฒนาการของความรู้
ทางคณิตศาสตร์ดังนี้

1) มนุษย์สร้างมโนทัศน์และการดำเนินการทาง
คณิตศาสตร์จากการไตร่ตรอง การสนทนา และการแลกเปลี่ยนกัน เพื่อให้ในการจัดระเบียบ
ประสบการณ์และแก้ปัญหา

2) ในการสอบถามความเข้าใจในมโนทัศน์ทาง
คณิตศาสตร์ของนักเรียน ครูในแนวคอนสตรัคติวิสต์มุ่งตรวจสอบการใช้จินตนาการ ภาษา
คำจำกัดความ ตัวอย่างหรือการอุปมาอุปไมยของนักเรียน โดยคาดหวังในความหลากหลาย
และการให้เหตุผลที่แปลก ซึ่งอาจช่วยให้ตัวครูเองพบแนวทางการอธิบายมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
ในวิถีทางอย่างง่าย

3) ปัญหาที่มีบทบาทที่สำคัญในกระบวนการสร้าง
ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ปัญหาคือความรู้ลึกซึ้ง และเมื่ออุปสรรค จะเป็นแรงจูงใจให้เกิดการ
กระทำและการไตร่ตรองเกี่ยวกับผลของการกระทำนั้น

4) การแก้ปัญหาในการเรียนการสอนแบบ
คอนสตรัคติวิสต์เป็นกระบวนการเชิงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับสิ่งแวดล้อม โดยที่ นิยาม

มโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องและคำตอบที่เหมาะสมจะค่อย ๆ เกิดขึ้นในระหว่างดำเนินกระบวนการ

5) คำตอบและคำอธิบายของนักเรียนซึ่งคลาด

เคลื่อนไปจากคำตอบที่ครุคาดหวัง อาจถูกต้องโดยตลอดในฐานะที่เป็นทางเลือกอีกทางหนึ่ง หรือ อาจนำไปใช้อย่างได้ผลในขอบเขตที่จำกัด ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายความเชื่อของนักเรียน และระลึกรู้เสมอว่า ความคลาดเคลื่อนให้โอกาสที่มีค่าสำหรับครูในการได้ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน

2.1.2 ในด้านผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ สรุไปได้ดังนี้

2.1.2.1 นักเรียนมักจะสร้างความรู้จากสามัญสำนึกมากกว่าจากการใช้เหตุผล แต่การกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความเข้าใจของตนเองออกมาให้ครูตระหนักถึงการให้นักเรียนได้ตระหนักถึงความขัดแย้งระหว่างมโนทัศน์ที่เป็นบรรทัดฐานกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของตน ความขัดแย้งทางปัญญาระหว่างบุคคล ระหว่างเรื่องที่เกี่ยวข้องกัน และระหว่างความเชื่อกับการสังเกตในเชิงประจักษ์ สามารถนำนักเรียนไปสู่การปรับเปลี่ยนหรือการสร้างโครงสร้างทางปัญญารูปแบบใหม่ได้ แม้แต่การสังเกตการโต้แย้งของผู้อื่น ก็ส่งผลให้นักเรียนค้นพบความไม่สอดคล้องบางประการในความเชื่อของตนเอง ซึ่งนำไปสู่การปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้เช่นกัน

2.1.2.2 การสอนกระบวนการที่ถูกต้องทันทีโดยพยายามหลีกเลี่ยงการให้นักเรียนเผชิญความผิดพลาดก่อนนั้น ผลที่เกิดขึ้นไม่พึงใจนักเรียนเท่ากับการสอนแบบให้นักเรียนได้เผชิญความขัดแย้งทางปัญญาซึ่งนำไปสู่การตระหนักรู้ในความผิดพลาดของตนเอง และวิธีที่กระตุ้นความขัดแย้งทางปัญญาได้ดีเป็นพิเศษ ได้แก่การให้นักเรียนแก้ปัญหาที่เป็นเรื่องจริงหรือปัญหาที่นักเรียนตั้งขึ้นเอง

2.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดการเรียนรู้ทางพุทธิปัญญา โดยรวบรวมข้อมูลจากหนังสือ ตำรา และเอกสารเกี่ยวกับการวิจัย ได้ข้อสรุปดังนี้

2.2.1 ในด้านแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการถ่ายทอดการเรียนรู้ สรุไปได้ดังนี้

2.2.1.1 ทฤษฎีการสรุปนัยทั่วไป มีแนวคิดว่าการถ่ายโอน การเรียนรู้เป็นการตระหนักรู้ในความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ในสถานการณ์หนึ่ง ซึ่งใช้เป็นแนวในการเรียนรู้สถานการณ์อื่นหรือแก้ปัญหาอื่น ๆ ได้ ความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นนัยทั่วไป ซึ่งครอบคลุมประสบการณ์เฉพาะจำนวนมาก และเป็นผลผลิตสูงสุดทางปัญญาของมนุษย์

2.2.1.2 นักจิตวิทยาในกลุ่มปัญญานิยมมีแนวคิดว่าการถ่ายโอน การเรียนรู้เกิดขึ้นเนื่องจากการรับรู้ความคล้ายกันหรือความเป็นทำนองเดียวกันระหว่างสถานการณ์ และสิ่งที่ได้สร้างขึ้นในสถานการณ์หนึ่งซึ่งอยู่ในรูปของความหมาย ความคาดหวัง นัยทั่วไป มโนทัศน์ หรือการหึ่งเห็น ซึ่งได้รับการทดสอบแล้วในสถานการณ์ใหม่ สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นได้ และมีการปรับให้เข้ากับสถานการณ์ที่นำไปใช้ การถ่ายโอนการเรียนรู้ไม่ได้เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ จะเกิดได้ก็ต่อเมื่อ (1) โอกาสอำนวยให้ (2) บุคคลมองเห็นหรือตระหนักรู้ในโอกาสนั้น และ (3) บุคคลสมัครใจที่จะใช้ประโยชน์จากโอกาสนั้น

2.2.1.3 จิตวิทยาแนวปัญญานิยมในปัจจุบัน เรียกความรู้ที่อยู่ใน รูปของนัยทั่วไปว่า "โครงสร้าง" แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ โครงสร้างด้านนามธรรม ซึ่งเป็นตัวแทนความรู้ในเชิงมโนทัศน์ และ โครงสร้างด้านการดำเนินการ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล เกี่ยวกับวิธีดำเนินการ โครงสร้างทางปัญญาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ในแนวปัญญานิยมจึงประกอบด้วย โครงสร้างด้านมโนทัศน์ และโครงสร้างด้านการดำเนินการ โดยที่โครงสร้างด้านการดำเนินการ แบ่งออกได้ เป็นการคำนวณและการแก้โจทย์ปัญหา

2.2.1.4 ทฤษฎีโครงสร้างเสนอว่า ในระหว่างการดำเนินการ กระบวนการเรียนรู้จะมีการกระตุ้นโครงสร้างต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลและเป็น สมมติฐานในการคาดคะเนข้อมูลนั้น ๆ การถ่ายโอนการเรียนรู้จึงรวมถึงการกระตุ้นโครงสร้างที่มีอยู่เดิมเมื่อบุคคลเผชิญกับสถานการณ์การเรียนรู้ใหม่ ในกรณีที่สามารถหาโครงสร้างเดิมมาใช้ในการเรียนรู้ใหม่จะทำให้เกิดการเรียนรู้ได้เร็วกว่าในกรณีที่ไม่สามารถหาโครงสร้างเดิมที่เหมาะสมมาใช้ได้

2.2.1.5 การเรียนรู้ที่ใช้โครงสร้างเป็นหน่วยพื้นฐานของ ตัวแทนความรู้ มีความแตกต่างกันในเชิงคุณภาพ ดังนี้

1) การพอกโครงสร้าง เป็นการเพิ่มข้อมูลใหม่ เข้าไปในโครงสร้างเดิมที่มีอยู่แล้ว นั่นคือ เป็นการใช้โครงสร้างเดิมตีความข้อมูลใหม่ หรือแก้ปัญหาใหม่ โดยไม่ได้มีการสร้างโครงสร้างใหม่ ดังนั้น สิ่งที่เพิ่มเข้าไปใหม่จึงเป็นเพียงตัวอย่างของโครงสร้างเดิมที่มีอยู่แล้ว

2) การปรับโครงสร้าง เป็นการสร้างโครงสร้างใหม่โดยที่โครงสร้างเดิมได้รับการปรับขยายอย่างช้า ๆ ด้วยประสบการณ์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้สามารถนำไปใช้ในการตีความข้อมูลใหม่หรือแก้ปัญหาใหม่ที่มีความซับซ้อนกว่าได้อย่างดียิ่งขึ้นเป็นลำดับ

3) การสร้างสรรค์โครงสร้าง เป็นการสร้างโครงสร้างใหม่ โดยที่โครงสร้างซึ่งประกอบด้วยข้อมูลที่เป็นนัยทั่วไปจากประสบการณ์เดิมถูกกระตุ้นเพื่ออธิบายข้อมูลในปัญหาใหม่ที่ลักษณะภายนอกดูเหมือนไม่มีความเกี่ยวข้องหรือคล้ายกับประสบการณ์เดิมเลย กลไกสำคัญที่ช่วยให้เกิดการสร้างสรรค์โครงสร้างคือการอุปมาอุปไมย

2.2.1.6 ทฤษฎีการโยงสัมพันธ์เชิงโครงสร้างของการอุปมาอุปไมย มีหลักการสำคัญว่า สถานการณ์สองสถานการณ์ที่อุปมาอุปไมยกัน จะมีความร่วมกันในเชิงความสัมพันธ์สูง แต่มีความร่วมกันในเชิงลักษณะหรือเชิงสมบัติต่ำ ทฤษฎีการโยงสัมพันธ์เชิงโครงสร้างของการอุปมาอุปไมย ใช้เป็นกฎในการสร้างการอุปมาอุปไมย ได้ดังนี้

1) ไม่ต้องพิจารณาลักษณะหรือสมบัติของสิ่งเฉพาะแต่ละสิ่งในสถานการณ์

2) พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเฉพาะแต่ละสิ่งในสถานการณ์เพื่อหาโครงสร้างความสัมพันธ์

3) ในกรณีที่มีความสัมพันธ์ซ้อนกันหลายระดับ ให้พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความสัมพันธ์ระดับต่ำ เพื่อหาความสัมพันธ์ระดับสูงซึ่งเป็นโครงสร้างความสัมพันธ์ของสถานการณ์

4) โยงโครงสร้างความสัมพันธ์จากสถานการณ์หนึ่งไปยังอีกสถานการณ์หนึ่ง หรือนำโครงสร้างความสัมพันธ์ของสถานการณ์เดิมไปสร้างสถานการณ์ใหม่ที่มีสิ่งเฉพาะแตกต่างกับสถานการณ์เดิม

2.2.1.7 การสอนโดยการอุปมาอุปไมยให้ได้ผลดีนั้น ตัวอย่างที่นำมาอุปมาอุปไมยกับสถานการณ์ใหม่นั้นควรเป็นส่วนหนึ่งของความรู้ที่ผู้เรียนมีอยู่แล้ว

2.2.2 ในด้านผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนการเรียนรู้ สรุปลได้

ดังนี้

2.2.2.1 การให้ผู้เรียนตระหนักเรียนรู้ทั่วไปด้วยตนเองโดยไม่ต้องสร้างข้อความที่เป็นข้อสรุปของนิยทั่วไปในทันทีที่ตระหนักรู้ ส่งผลให้ผู้เรียนมีความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้สูงกว่าการบอกนิยทั่วไปแก่ผู้เรียน การให้ผู้เรียนสร้างข้อความที่เป็นข้อสรุปของนิยทั่วไปในทันทีที่ตระหนักรู้ ไม่ได้ช่วยเพิ่มความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้ แต่กลับลดความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้

2.2.2.2 เด็กโตสามารถถ่ายโอนโครงสร้างความสัมพันธ์จากสถานการณ์หนึ่งไปยังอีกสถานการณ์หนึ่งซึ่งประกอบด้วยสิ่งเฉพาะที่แตกต่างกับสถานการณ์เดิมได้ดีกว่าเด็กเล็ก อย่างไรก็ตาม ความคล้ายกันระหว่างสิ่งเฉพาะในสถานการณ์ที่ต่างกันก็เป็นสิ่งที่ส่งผลต่อความสามารถในการถ่ายโอนโครงสร้างความสัมพันธ์และการถ่ายโอนวิธีแก้ปัญหาทั้งในเด็กเล็ก เด็กโต และผู้ใหญ่

2.2.2.3 ในการทดลองให้นักเรียนจัดกลุ่มปัญหาทางคณิตศาสตร์พบว่า

1) ก่อนเรียนนักเรียนจัดกลุ่มปัญหาตามบริบทของเรื่อง หลังเรียนนักเรียนจัดกลุ่มปัญหาตามโครงสร้างความสัมพันธ์

2) นักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาจัดกลุ่มปัญหาตามกลุ่มปัญหาตามบริบทของเรื่อง นักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงจัดกลุ่มปัญหาตามโครงสร้างความสัมพันธ์

2.2.2.4 ในการเปรียบเทียบผลของการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างความสัมพันธ์เหมือนกัน พบว่า ปัญหาที่คนส่วนใหญ่แก้ได้คือปัญหาที่มีบริบทของปัญหาเกี่ยวข้องกับเรื่องราวในชีวิตประจำวัน

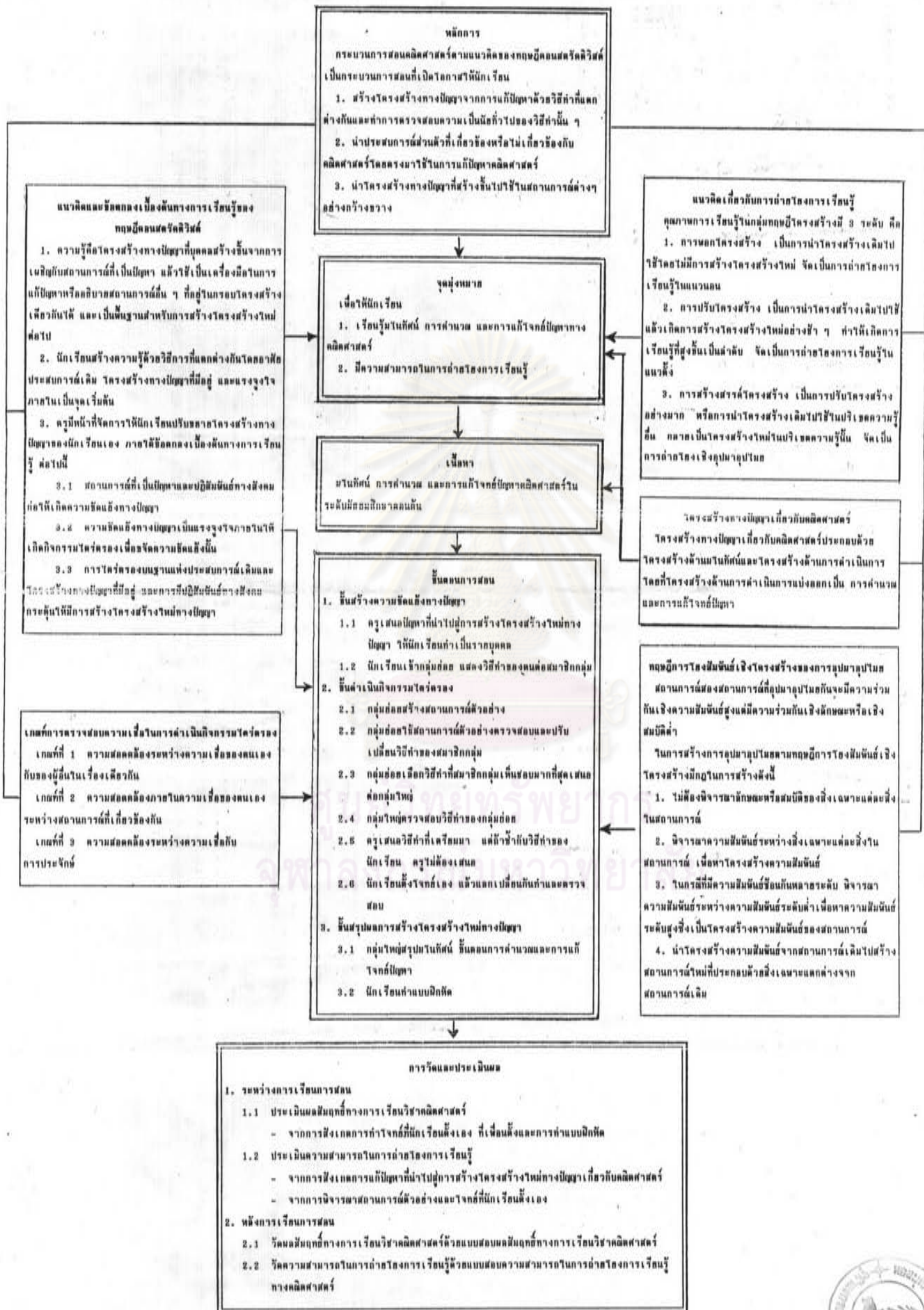
3. การสร้างกระบวนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

ผู้วิจัยใช้ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา แนวคิด ข้อตกลงเบื้องต้นทางการเรียนรู้ และผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์และการถ่ายโอนการเรียนรู้ทางพุทธิปัญญา มาสร้างกระบวนการสอนที่ใช้แนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นพื้นฐานหลัก ในการสร้างกระบวนการสอนที่สนองต่อสภาพปัจจุบันและปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ได้กระบวนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 1 กระบวนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น



ตอนที่ 2 การเตรียมการทดลองใช้กระบวนการสอน

1. การสร้างแผนการสอน

1.1 ศึกษาหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) หลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) หนังสือเรียนและคู่มือครูวิชาคณิตศาสตร์ แล้วเลือกตัวอย่างเนื้อหาคณิตศาสตร์มาทดลองสอนด้วยกระบวนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ได้เนื้อหาในรายวิชา ค 102 คณิตศาสตร์ 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 3 เรื่อง รวม 31 คาบ แต่ละเรื่องมีจำนวนคาบที่กำหนดโดยประมาณในหนังสือคู่มือครูวิชาคณิตศาสตร์ ค 102 รายวิชาคณิตศาสตร์ 2 ดังนี้

- 1) คู่อันดับและกราฟ
 - (1) คู่อันดับและกราฟ จำนวน 4 คาบ
 - (2) กราฟของสมการชั้นเดียวสองตัวแปร จำนวน 5 คาบ
- 2) อัตราส่วนและร้อยละ
 - (1) อัตราส่วน จำนวน 1 คาบ
 - (2) อัตราส่วนที่เท่ากัน จำนวน 2 คาบ
 - (3) สัดส่วน จำนวน 3 คาบ
 - (4) ร้อยละ จำนวน 6 คาบ
- 3) จำนวนเต็มลบ
 - (1) จำนวนเต็มลบ จำนวน 2 คาบ
 - (2) การเปรียบเทียบจำนวนเต็มลบ จำนวน 2 คาบ
 - (3) จำนวนเต็ม จำนวน 2 คาบ
 - (4) กราฟบนระนาบจำนวน จำนวน 4 คาบ

1.2 เขียนแผนการสอนซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วย ชื่อแผนการสอน จำนวนคาบ จุดประสงค์ทั่วไป จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม สำระสำคัญ ความรู้พื้นฐาน กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอน การประเมินผล และภาคผนวก (ใบงาน และแบบฝึกหัด) โดยกำหนดขั้นตอนหลักของกิจกรรมการเรียนการสอนตามขั้นตอนการสอนในกระบวนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎี

คอนสตรัคติวิสต์ดังนี้

- 1) **ขั้นสร้างความขัดแย้งทางปัญญา**
 - (1) ครูเสนอปัญหาที่นำไปสู่การสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญาให้นักเรียนทำเป็นรายบุคคล
 - (2) นักเรียนเข้ากลุ่มย่อย แสดงวิธีทำต่อสมาชิกกลุ่ม
- 2) **ขั้นดำเนินกิจกรรมได้ตรง**
 - (1) กลุ่มย่อยสร้างสถานการณ์ตัวอย่าง
 - (2) กลุ่มย่อยใช้สถานการณ์ตัวอย่างตรวจสอบและปรับเปลี่ยนวิธีทำของสมาชิกกลุ่ม
 - (3) กลุ่มย่อยเลือกวิธีทำที่สมาชิกกลุ่มเห็นชอบมากที่สุดเสนอต่อกลุ่มใหญ่
 - (4) กลุ่มใหญ่ตรวจสอบวิธีทำของกลุ่มย่อย
 - (5) ครูเสนอวิธีทำที่เตรียมมา แต่ถ้าเข้ากับวิธีทำของนักเรียนครูไม่ต้องเสนอ
 - (6) นักเรียนตั้งโจทย์เอง แล้วแลกเปลี่ยนกันทำและตรวจสอบ
- 3) **ขั้นสรุปผลการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา**
 - (1) กลุ่มใหญ่สรุปมโนทัศน์ ขั้นตอนการคำนวณและการแก้โจทย์ปัญหา
 - (2) นักเรียนทำแบบฝึกหัด

1.3 นำแผนการสอนเรื่องจำนวนเต็มลบ ไปทดลองสอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมสังคีตวิทยา สังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในสภาพการเรียนการสอนจริง ได้ข้อมูลจากการตรวจสอบดังนี้

- 1) **ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า**
 - (1) นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลจากประสบการณ์ของนักเรียนสร้างตัวอย่างปัญหาที่มีโครงสร้างความสัมพันธ์แบบเดียวกับปัญหาที่กำหนดให้
 - (2) นักเรียนสามารถแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่นำไปสู่การสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญาได้ ด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่กำหนดไว้ในแผนการสอน

(3) จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความพอใจที่ได้พูดคุยกันในกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกัน มีความกระตือรือร้นในการแลกเปลี่ยนกันแก้ปัญหาที่เพื่อนสร้าง และช่วยกันตรวจสอบผลการแก้ปัญหาได้

1) ด้านเวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า การดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนตามขั้นตอนหลัก อันได้แก่ ขั้นสร้างความขัดแย้งทางปัญญาระดับต้นขั้นดำเนินการไตร่ตรองและขั้นสรุปผลการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญาให้ครบทั้งสามขั้นตอนนี้ ไม่สามารถทำได้ภายในเวลา 50 นาทีหรือ 1 คาบ จำเป็นต้องใช้เวลามากน้อย 2 คาบขึ้นไป ตามความยากง่ายของการบรรลุจุดประสงค์ และตามลักษณะความต่อเนื่องของเนื้อหาในแต่ละเรื่อง และถึงแม้ว่าโรงเรียนมัธยมศึกษาโดยทั่วไปจะจัดให้นักเรียนเรียนวิชาคณิตศาสตร์ครั้งละ 1 คาบเท่านั้น เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสพบกับวิชาคณิตศาสตร์อย่างสม่ำเสมอสัปดาห์ละหลายครั้ง (หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้นกำหนดให้นักเรียนได้มีเวลาเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในกลุ่มวิชาบังคับแกน สัปดาห์ละ 3 คาบ) การใช้เวลาหลายคาบซึ่งไม่ติดต่อกันในแผนการสอนหนึ่ง ๆ ก็ยังมีผลดีในแง่ที่สามารถใช้เวลาที่เหลือให้เป็นประโยชน์โดยครูสามารถมอบหมายกิจกรรมบางอย่างให้นักเรียนทำเป็นการบ้านก่อนถึงเวลาเรียนคาบต่อไปของแผนการสอนนั้น ทำให้การดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนเป็นไปอย่างราบรื่น ไม่เร่งรีบบีบรัดจนเกินไป

ผู้วิจัยนำข้อค้นพบจากการทดลองมาทำการปรับปรุงแผนการสอนที่สร้างไว้ ได้แผนการสอนจำนวน 8 แผน รวม 30 คาบ คาบละ 50 นาที ดังต่อไปนี้

แผนการสอนที่ 1	คู่อันดับและกราฟ	จำนวน 4 คาบ
แผนการสอนที่ 2	กราฟของสมการเส้นเคียวสองตัวแปร	จำนวน 5 คาบ
แผนการสอนที่ 3	อัตราส่วน	จำนวน 3 คาบ
แผนการสอนที่ 4	สัดส่วน	จำนวน 3 คาบ
แผนการสอนที่ 5	ร้อยละ	จำนวน 6 คาบ
แผนการสอนที่ 6	จำนวนเต็มลบ	จำนวน 4 คาบ
แผนการสอนที่ 7	จำนวนเต็ม	จำนวน 2 คาบ
แผนการสอนที่ 8	กราฟบนระนาบจำนวน	จำนวน 3 คาบ

แผนการสอนทั้ง 8 แผนได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข

2. การสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 สร้างแบบสอบถามสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องคู่อันดับและกราฟ อัตราส่วนและร้อยละ และจำนวนเต็มลบ ในรายวิชา ค 102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

- 1) ศึกษาวิธีสร้างข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ
- 2) ศึกษาจุดประสงค์ที่จะนำมาสร้างแบบสอบจากแหล่งต่อไปนี้
 - (1) จุดประสงค์ทั่วไปของวิชาคณิตศาสตร์ จากหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) (กรมวิชาการ, 2533)
 - (2) จุดประสงค์การเรียนรู้เรื่องคู่อันดับและกราฟ อัตราส่วนและร้อยละ และจำนวนเต็มลบ จากหนังสือคู่มือครูวิชาคณิตศาสตร์ รายวิชา ค 102 คณิตศาสตร์ 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งจัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2536)
 - (3) การแบ่งกลุ่มลักษณะของจุดประสงค์การเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ จากคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการ วิชาคณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 และตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2534 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) (หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา, 2534)
 - (4) ระดับความสามารถทางพุทธิพิสัยในวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา จากการจำแนกของวิลสัน (Wilson, 1971)
- 3) ทำตารางวิเคราะห์โครงสร้างของแบบสอบถามสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องคู่อันดับและกราฟ อัตราส่วนและร้อยละ และจำนวนเต็มลบ ตามกลุ่มลักษณะของจุดประสงค์การเรียนรู้และตามระดับความสามารถทางพุทธิพิสัย และกำหนดอัตราส่วนจำนวนข้อสอบในแต่ละเรื่อง ให้เหมาะสมกับจำนวนคาบเวลาสอน แล้วกระจายจำนวนข้อสอบในแต่ละเรื่องไปตามกลุ่มลักษณะของจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับความสามารถทางพุทธิพิสัย ได้ตารางวิเคราะห์โครงสร้างของแบบสอบถามดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข
- 4) สร้างข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ตามตารางวิเคราะห์โครงสร้างของแบบสอบถาม ได้ข้อสอบเรื่องคู่อันดับและกราฟ จำนวน 13 ข้อ

เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ จำนวน 20 ข้อ และเรื่องจำนวนเต็มลบ จำนวน 17 ข้อ โดยเป็นข้อสอบที่วัดความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ ระดับความรู้ความจำ จำนวน 5 ข้อ และระดับความเข้าใจ จำนวน 17 ข้อ วัดความสามารถในการคำนวณ ระดับความเข้าใจ จำนวน 12 ข้อ และวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ระดับการนำไปใช้ จำนวน 16 ข้อ

5) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 คน ตรวจสอบความตรง ความสอดคล้องตามจุดประสงค์ และให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแบบสอบ ผู้ทรงคุณวุฒิได้แนะนำให้ปรับปรุงตัวเลือกของข้อสอบบางข้อ และปรับปรุงภาษาที่ใช้ในบางแห่ง ผู้วิจัยได้ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

6) นำแบบสอบที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2537 ของโรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม สังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร โดยทดลองใช้กับนักเรียนที่เรียนรายวิชาเลือกเสรีเน้นหนักในกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ 1 ห้องเรียน และนักเรียนที่เรียนรายวิชาเลือกเสรีในกลุ่มวิชาสามัญผสมผสานกับกลุ่มวิชาการงานและอาชีพ 1 ห้องเรียน รวมจำนวนนักเรียนที่ใช้ทดลอง 104 คน

7) นำคำตอบของนักเรียนมาตรวจให้คะแนนโดยใช้ zero-one method คือ ข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิด ไม่ตอบหรือตอบเกิน 1 คำตอบในข้อเดียวกันให้ 0 คะแนน

8) นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ และหาความเที่ยงของแบบสอบโดยใช้สูตร Kuder-Richardson 20 ได้ค่าความยากรายข้อ 0.27 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ 0.21 - 0.86 และค่าความเที่ยงของแบบสอบ 0.91

แบบสอบและคุณภาพของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข

2.2 สร้างแบบสอบความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

- 1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการถ่ายโอนการเรียนรู้
- 2) ศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างข้อสอบที่นักเรียนต้องอาศัยเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เรื่องคู่อันดับและกราฟ อัตราส่วนและร้อยละ และเรื่องจำนวนเต็มลบ ที่ได้มีการเรียนการสอนมาแล้วเป็นฐานสำหรับการถ่ายโอนไปสู่มโนทัศน์ใหม่ การคำนวณในระดับที่สูงขึ้น และการแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีใหม่
- 3) สร้างแบบสอบความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่อาศัยเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เรื่องคู่อันดับและกราฟ อัตราส่วนและร้อยละ และจำนวนเต็มลบ ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นฐานในการถ่ายโอน จำนวน 1 ฉบับ ประกอบด้วยข้อสอบที่วัดความสามารถในการสร้างมโนทัศน์ใหม่ การคำนวณในระดับที่สูงขึ้น และการแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีใหม่ โดยแบบสอบแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 วัดความสามารถในการสร้างมโนทัศน์ใหม่ ข้อสอบในตอนนี้มีจำนวน 10 ข้อ เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ มี 5 ตัวเลือก นักเรียนจะต้องเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อละ 1 คำตอบเท่านั้น ข้อที่เลือกเกิน 1 คำตอบ จะไม่ได้คะแนน

ตอนที่ 2 วัดความสามารถในการคำนวณในระดับที่สูงขึ้น ข้อสอบในตอนนี้มีจำนวน 3 ข้อ เป็นข้อสอบแบบกึ่งปรนัย แต่ละข้อจะประกอบด้วยข้อย่อยที่มีความเกี่ยวข้องกัน

ตอนที่ 3 วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีใหม่ ข้อสอบในตอนนี้มีจำนวน 2 ข้อ เป็นข้อสอบแบบกึ่งปรนัย แต่ละข้อจะประกอบด้วยข้อย่อยที่มีความเกี่ยวข้องกัน

4) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ให้คะแนนข้อที่ตอบถูกข้อละ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบเกิน ข้อละ 0 คะแนน

ตอนที่ 2 และตอนที่ 3 ให้คะแนนข้อย่อยที่ตอบถูก ข้อละ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบ ข้อละ 0 คะแนน

5) นำแบบสอบความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน ตรวจสอบความตรงตามโครงสร้าง ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน และให้คำแนะนำในการปรับปรุงแบบสอบ ผู้วิจัยได้นำแบบสอบมาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ และปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนในตอนที่ 2 ใหม่ดังนี้

ตอนที่ 1 ให้คะแนนข้อที่ตอบถูกข้อละ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิด ไม่ตอบหรือตอบเกิน ข้อละ 0 คะแนน

ตอนที่ 2 ให้คะแนนดังนี้

ข้อ 1.1 - 1.4 และข้อ 2.1 - 2.4 ให้คะแนนข้อที่ตอบถูกข้อละ 0.5 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบ ข้อละ 0 คะแนน

ข้อ 3.1 - 3.6 ให้คะแนนข้อที่ตอบถูกข้อละ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบข้อละ 0 คะแนน

ตอนที่ 3 ให้คะแนนข้อข้อที่ตอบถูก ข้อละ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบ ข้อละ 0 คะแนน

6) นำแบบสอบที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย สังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร โดยทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนรายวิชาเลือกเสรีเน้นหนักในกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน และที่เรียนรายวิชาเลือกเสรีในกลุ่มวิชาสามัญผสมผสานกับกลุ่มวิชาการงานและอาชีพ จำนวน 1 ห้องเรียน รวมจำนวนนักเรียนที่ใช้ทดลอง 81 คน

7) นำค่าตอบมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด แล้ววิเคราะห์หาค่าความฮากรยข้อ (p) ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) และค่าความเที่ยงของแบบสอบ โดยใช้สูตร Kuder-Richardson 20 ในการหาค่าความเที่ยงของแบบสอบตอนที่ 1 และใช้สูตร coefficient alpha ของ Cronbach ในการหาค่าความเที่ยงของแบบสอบตอนที่ 2, 3 แบบสอบตอนที่ 1 มีค่าความฮากรยข้อ 0.29 - 0.79 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ 0.23 - 0.82 และมีค่าความเที่ยง 0.62 แบบสอบตอนที่ 2, 3 มีค่าความฮากรยข้อ 0.47 - 0.71 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ 0.26 - 0.64 และมีค่าความเที่ยง 0.71

แบบสอบและคุณภาพของแบบสอบความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข

3. การสร้างคู่มือการใช้กระบวนการสอน

เพื่อให้การดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน การวัดและประเมินผลตามกระบวนการสอนในสถานการณ์การทดลองดำเนินไปอย่างเคร่งครัดตรงตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ และเพื่อให้ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ต้องการนำกระบวนการสอนนี้ไปทดลองใช้ มีความเข้าใจในความเป็นมา สัพท์เฉพาะ และองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบของกระบวนการสอน สามารถดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน การวัดและประเมินผลตามกระบวนการสอนได้อย่างราบรื่นและบรรลุจุดมุ่งหมายของกระบวนการสอน ผู้วิจัยจึงได้สร้างคู่มือการใช้กระบวนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ขึ้น คู่มือดังกล่าวประกอบด้วย

- 1) คำชี้แจงการใช้กระบวนการสอน
- 2) ความเป็นมาของกระบวนการสอน
- 3) ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานที่รองรับกระบวนการสอน
- 4) องค์ประกอบของกระบวนการสอน
- 5) ตัวอย่างการสอนตามกระบวนการสอน
- 6) ตัวอย่างแบบสอบถามจุดมุ่งหมายของกระบวนการสอนและคู่มือการใช้แบบสอบถาม

คู่มือการใช้กระบวนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ แสดงไว้

ในภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 3 การศึกษาผลการทดลองใช้กระบวนการสอน

1. การจัดกลุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษาผลของการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ผู้วิจัยกำหนดให้ประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2537 ของโรงเรียนพุทธจักรวิทยา เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร สังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 470 คน จัดเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 145 คน โดยมีขั้นตอนในการจัดกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

- 1.1 การเลือกโรงเรียน ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนพุทธจักรวิทยา เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร สังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เป็นโรงเรียนที่ใช้ในการทดลองสอนคณิตศาสตร์ด้วยกระบวนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โรงเรียนพุทธจักรวิทยามีลักษณะดังนี้
 - 1.1.1 เป็นโรงเรียนสหศึกษาขนาดใหญ่ มีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในปีการศึกษา 2537 รวมจำนวน 2,065 คน
 - 1.1.2 เป็นโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรในสภาพปกติ ไม่ได้มีการจัดการเรียนการสอนในลักษณะกวดวิชาให้นักเรียนบางกลุ่มเป็นพิเศษ
 - 1.1.3 เป็นโรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียนสมัครเข้าเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในรอบแรกของการรับสมัคร ไม่เต็มตามจำนวนที่โรงเรียนเปิดรับ ต้องมีการรับสมัครเพิ่มเติมในรอบสอง ดังนั้น นักเรียนจึงมีผลการเรียนและลักษณะนิสัยทางการเรียนแตกต่างกันอย่างหลากหลาย
 - 1.1.4 เป็นโรงเรียนที่นักเรียนส่วนใหญ่มาจากครอบครัวซึ่งมีสถานภาพทางสังคมและทางเศรษฐกิจในระดับปานกลางและต่ำ ผู้ปกครองนักเรียนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพรับจ้าง และค้าขาย

1.2 การเลือกห้องเรียน โรงเรียนพุทธจักรวิทยามีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2537 จำนวน 12 ห้องเรียน ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 (กลุ่มการเรียนวิชาการ) มีจำนวน 2 ห้องเรียน ได้แก่ห้อง ม. 1/1 และ ม. 1/2 นักเรียนในกลุ่มนี้เป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง มีความสนใจและความถนัดทางด้านวิชาสามัญ และมีความประสงค์ที่จะศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา นักเรียนกลุ่มนี้จึงเรียนรายวิชาเลือกเสรีในกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ และภาษาอังกฤษ

กลุ่มที่ 2 (กลุ่มการเรียนวิชาการ-วิชาชีพ) มีจำนวน 10 ห้องเรียน ได้แก่ ห้อง ม.1/3 ถึง ม.1/12 นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนมากมีความประสงค์ที่จะศึกษาต่อทางด้านวิชาชีพ ส่วนน้อยยังไม่แน่ใจว่าจะศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาหรือด้านวิชาชีพ หรือไปประกอบอาชีพช่วยเหลือครอบครัว โรงเรียนจึงจัดนักเรียนแต่ละกันไปทั้ง 10 ห้อง ให้เรียนรายวิชาเลือกเสรีในกลุ่มวิชาการงาน-อาชีพ และกลุ่มวิชาสามัญผสมผสานกัน

ผู้วิจัยนำห้อง ม. 1/1 และ ม. 1/2 ซึ่งเป็นห้องเรียนในกลุ่มที่ 1 มาเป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งสองห้องเรียน และสุ่มห้องเรียนในกลุ่มที่ 2 มาจำนวน 2 ห้องเรียน ได้ห้อง ม. 1/9 และ ม.1/12 รวมจำนวนห้องเรียนที่นำมาใช้ในการทดลองสอน 4 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนรวมทั้งสิ้น 145 คน

1.3 การจัดกลุ่มทดลอง ดำเนินการดังนี้

1.3.1 นำห้อง ม. 1/1 และ ม. 1/2 มาสุ่มแยกเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้อง และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง และนำห้อง ม. 1/9 และ ม. 1/12 มาสุ่มแยกเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้อง และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง (random assignment) ได้กลุ่มทดลองจำนวน 2 ห้อง คือ ม.1/2 และ ม. 1/9 กลุ่มควบคุมจำนวน 2 ห้อง คือ ม. 1/1 และ ม. 1/12 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ห้องเรียนและจำนวนนักเรียนที่ใช้ในการทดลองสอน

กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
ม. 1/2	39 คน	ม. 1/1	39 คน
ม. 1/9	36 คน	ม. 1/12	31 คน
รวม	75 คน	รวม	70 คน

1.3.2 แบ่งนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมออกเป็น 3 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยการนำคะแนนรวมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จากการสอบกลางภาคและการสอบปลายภาค ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2537 ของนักเรียนแต่ละคน ซึ่งวัดด้วยแบบสอบของโรงเรียนฉบับเดียวกันทุกห้องเรียน มาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วกำหนดให้นักเรียนที่ได้คะแนนมากกว่า "ค่าเฉลี่ยบวก 0.5 ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน" เป็นนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูง นักเรียนที่ได้คะแนนน้อยกว่า "ค่าเฉลี่ยลบด้วย 0.5 ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน" เป็นนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่ำ ที่เหลือเป็นนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ปานกลาง ได้จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ดังแสดงในตารางที่ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

		กลุ่มทดลอง (ม.1/2, ม.1/9)	กลุ่มควบคุม (ม.1/1, ม.1/12)
ระดับ ผลสัมฤทธิ์ ทางการ เรียนวิชา คณิตศาสตร์	สูง	18	21
	ปานกลาง	33	18
	ต่ำ	24	31
	รวม	75	70

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การดำเนินการทดลองใช้กระบวนการสอน

2.1 แบบแผนการทดลอง การทดลองใช้กระบวนการสอนของงานวิจัยนี้เป็นแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental design) ประเภท nonrandomized control-group pretest-posttest design ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดังนี้

$$\begin{array}{ccc} O_1 & X & O_2 \\ O_1 & & O_2 \end{array}$$

X หมายถึง การสอนคณิตศาสตร์ด้วยกระบวนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

O_1 หมายถึง การสอบก่อนสอนด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องคู่อันดับและกราฟ อัตราส่วนและร้อยละ และจำนวนเต็มลบ และแบบสอบแมทริซีสี่กัวหน้าชุดมาตรฐานของเรเวน

O_2 หมายถึง การสอบหลังสอนด้วย (1) แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ฉบับเดียวกับที่ใช้สอบก่อนสอน โดยสอบทันทีหลังการสอนแต่ละเรื่อง และสอบหลังการสอนแต่ละเรื่องแล้ว 3 สัปดาห์ และ (2) แบบสอบความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาผลของการทดลองใช้กระบวนการสอนในการวิจัยครั้งนี้ ใช้แบบสอบจำนวน 3 ฉบับ ได้แก่

2.2.1 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องคู่อันดับและกราฟ อัตราส่วนและร้อยละ และเรื่องจำนวนเต็มลบ ในรายวิชา ค 102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.2.2 แบบสอบความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.2.3 แบบสอบแมทริซีสี่กัวหน้าชุดมาตรฐานของเรเวน (Raven⁷ Standard Progressive Matrices Test: SPM) ซึ่งเป็นแบบสอบวัดคุณธรรมเสมอภาค

(cultural-fair test) ที่ใช้วัดความสามารถทางสมองโดยทั่วไป อัมพร ลิขิตปัญญาวัฒน์ (2521) ได้ศึกษาผลของการใช้แบบสอบนี้กับนักเรียนอายุ 12-16 ปี จากโรงเรียนต่าง ๆ ในกรุงเทพมหานคร พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง 0.88-0.89 ส่วนพจมาน แสงรุ่งโรจน์ (2521) ได้นำแบบสอบนี้ไปใช้กับนักเรียนอายุ 12-16 ปี ในเขตการศึกษา 12 พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง 0.85-0.93 และจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบสอบนี้กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมวดวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ภาษาไทย และคะแนนรวมทุกหมวดวิชา พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดได้แก่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบสอบนี้กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมวดวิชาคณิตศาสตร์ รองลงมาได้แก่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบสอบนี้กับคะแนนรวมทุกหมวดวิชา ผู้วิจัยได้ขอความอนุเคราะห์จากภาควิชาจิตวิทยา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการใช้แบบสอบนี้สอบนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนทำการสอน เพื่อนำคะแนนที่ได้มาเป็นตัวแปรร่วมในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังทำการสอน

2.3 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล มีขั้นตอนดังนี้

2.3.1 การดำเนินการก่อนเริ่มการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังนี้

1) ทดสอบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้คะแนนจากการสอบด้วยแบบสอบนี้เป็นตัวแปรร่วมในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยกระบวนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์และตามปกติ

2) ทดสอบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยแบบสอบแมทริซส์ก้าวหน้าชุดมาตรฐานของเรเวน (Raven's Standard Progressive Matrices Test) เพื่อใช้คะแนนจากการสอบด้วยแบบสอบนี้เป็นตัวแปรร่วมในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยกระบวนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์และตามปกติ

2.3.2 การดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยเป็นผู้สอนนักเรียนทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม รวม 4 ห้อง (กลุ่มทดลอง 2 ห้อง และกลุ่มควบคุม 2 ห้อง) ห้องละ 30 คาบ คาบละ 50 นาที เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2537 ตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2537 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2538 เรื่องที่ใช้ในการทดลองสอนคือ เรื่องคู่อันดับและกราฟ อัตราส่วนและร้อยละ และจำนวนเต็มลบ ในรายวิชา ค 102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยกลุ่มทดลองได้รับการสอนด้วยกระบวนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามแนวคู่มือครู วิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งจัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ แนวการสอนที่ใช้ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 5



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 ความแตกต่างระหว่างแนวการสอนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
<p>1. สร้างความขัดแย้งทางปัญญาดัวยการให้นักเรียนแก้ปัญหาที่ไม่เข้ากับโครงสร้างทางปัญญาที่นักเรียนมีอยู่เดิม แต่มีบางส่วนร่วมอยู่ในโครงสร้างทางปัญญาที่นักเรียนมีอยู่ และให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนเกี่ยวกับวิธีแก้ปัญหานั้น</p>	<p>1. ให้นักเรียนได้เรียนรู้โมดัลส์ กฏ หรือ ทฤษฎี และแนวทางการนำไปใช้ ก่อนที่จะให้นักเรียนนำไปใช้ในการฝึกทักษะการคำนวณและแก้โจทย์ปัญหา</p>
<p>2. นักเรียนเป็นผู้สร้างตัวอย่างที่มีโครงสร้างความสัมพันธ์แบบเดียวกับปัญหาขึ้นมาตรวจสอบสมมติฐานที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหา</p>	<p>2 ครูเป็นผู้กำหนดชุดของตัวอย่างสำหรับให้นักเรียนเรียนรู้โมดัลส์ ฝึกทักษะการคำนวณและฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหา</p>
<p>3. โครงสร้างใหม่ทางปัญญาเกิดขึ้นกับนักเรียนเองในระหว่างดำเนินกิจกรรมโดยตรงเพื่อแก้ปัญหา</p>	<p>3. นักเรียนได้รับการสอนให้เกิดโครงสร้างใหม่ทางปัญญาสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาก่อนที่จะได้แก้ปัญหา</p>

2.3.3 การดำเนินการหลังการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบนักเรียน ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังนี้

- 1) วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องคู่อันดับ และกราฟ อัตราส่วนและร้อยละ และจำนวนเต็มลบ ด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยทำการสอบทันทีหลังการสอนแต่ละเรื่อง
- 2) วัดความคงทนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องคู่อันดับและกราฟ อัตราส่วนและร้อยละ และจำนวนเต็มลบ โดยทำการสอบหลังการสอนแต่ละเรื่องไปแล้ว 3 สัปดาห์ ด้วยแบบสอบฉบับเดียวกับที่ใช้ในการสอบทันทีหลังการสอน
- 3) วัดความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้ ด้วยแบบสอบความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของเรโนลด์ และวอลเบอร์ก (Reynolds and Walberg, 1992) ซึ่งศึกษากับนักเรียนจำนวน 3,116 คน ตั้งแต่ชั้นเรียนยังเรียนอยู่ในเกรด 7 จนถึง เกรด 8 พบว่า ตัวแปรที่ส่งผลโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในเกรด 8 ประกอบด้วย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในเกรด 7 สื่อมวลชน และเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน โดยที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในเกรด 7 มีอิทธิพลสูงสุด ผลจากการศึกษานี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ความสามารถในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนขึ้นอยู่กับผลการเรียนเดิมในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ทำให้ผู้วิจัยมีความเชื่อมั่นว่า ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนที่จะได้รับการสอนส่งผลต่อตัวแปรตามในการวิจัยครั้งนี้อย่างแน่นอน ผู้วิจัยจึงเปรียบเทียบเทียบตัวแปรตามระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยแยกเปรียบเทียบในแต่ละระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

3.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมแยกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (analysis of covariance) โดยใช้คะแนนจากการสอบก่อนสอนด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นตัวแปรร่วม และคะแนนจากการสอบหลังสอนด้วยแบบสอบฉบับเดิมเป็นตัวแปรตาม

3.2 เปรียบเทียบขนาดของความแตกต่างระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่เนื่องมาจากการสอนด้วยกระบวนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์และตามปกติระหว่างนักเรียนระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงปานกลาง และต่ำ ด้วยการนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ปรับแล้วจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม มาหาค่าสถิติ t แล้วคำนวณค่า ω^2 (omega squared)

3.3 เปรียบเทียบความคงทนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แยกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ด้วยการทดสอบค่าสถิติ t ในรูป difference-scores

3.4 เปรียบเทียบความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแยกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม โดยใช้คะแนนที่ได้จากการสอบก่อนสอนด้วยแบบสอบแมทริชส์ก้าวหน้าชุดมาตรฐานของเรเวนเป็นตัวแปรร่วม และคะแนนที่ได้จากการสอบหลังสอนด้วยแบบสอบความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นตัวแปรตาม

ในการเปรียบเทียบตัวแปรตามด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมนั้น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบลักษณะของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ดังนี้

- 1) ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรตามในประชากร ด้วยค่าสถิติ F
- 2) ทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความชันของสมการถดถอยของตัวแปรตามบนตัวแปรร่วมภายในประชากรทุกกลุ่ม ด้วยค่าสถิติ F

สูตรการคำนวณค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก