

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาผลของการใช้เกมคณิตศาสตร์ในการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสำนึกด้านจำนวนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีรายละเอียดเกี่ยวกับการดำเนินการวิจัยตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น
2. ประชากรและตัวอย่างประชากร
3. การสร้างแผนการสอน
4. การสร้างเกมคณิตศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์
5. การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ
6. การเก็บรวบรวมข้อมูล
7. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

1.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารหลักสูตร คู่มือครู แผนการสอน วิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 นั้นเป็นการศึกษาเพื่อปวงชนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องและตลอดชีวิตตามศักยภาพ เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน 12 ปีแล้ว ผู้เรียนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ ตระหนักในคุณค่าของคณิตศาสตร์ และสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปพัฒนาคุณภาพชีวิต ตลอดจนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และเป็นพื้นฐานในการเรียนระดับสูงขึ้นไป

หลังจากศึกษาหลักสูตร สาระการเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วผู้วิจัยได้เลือกสาระการเรียนรู้เรื่อง จำนวนและตัวเลขไม่เกิน 100,000 ดังนี้

1. การแสดงจำนวนในรูปกระจาย
2. การเปรียบเทียบจำนวน
3. การเรียงลำดับจำนวน
4. การบวกสองจำนวนมีทศและไม่มีทศ
5. การบวกสามจำนวน
6. โจทย์ปัญหาการบวก
7. การลบมีกระจายและไม่มีกระจาย
8. โจทย์ปัญหาการลบ
9. การคูณ

1.2 การศึกษาเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 ศึกษาแนวคิด ข้อตกลงเบื้องต้นทางการเรียนรู้ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยรวบรวมข้อมูลจากหนังสือ ตำรา และเอกสารต่าง ๆ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1.2.1.1 ความรู้คือโครงสร้างทางปัญญาที่บุคคลสร้างขึ้นมาจากการเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา แล้วใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา หรืออธิบายสถานการณ์อื่น ๆ ที่อยู่ในกรอบโครงสร้างเดียวกันได้ และเป็นพื้นฐานสำหรับการสร้างโครงสร้างใหม่ต่อไป

1.2.1.2 นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยวิธีการที่ต่าง ๆ กันโดยอาศัยประสบการณ์เดิม โครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่และแรงจูงใจภายในที่มีอยู่

1.2.1.3 ครูมีหน้าที่จัดการให้นักเรียนได้ปรับขยายโครงสร้างทางปัญญาของตนเองภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นทางการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

- 1) สถานการณ์ที่เป็นปัญหา และปฏิสัมพันธ์ทางสังคมก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา
- 2) ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นแรงจูงใจให้เกิดการกระทำกิจกรรมไตร่ตรองเพื่อขจัดความขัดแย้งนั้น
- 3) การไตร่ตรองบนฐานของประสบการณ์เดิมและโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่ และการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกระตุ้นให้มีการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา

1.2.1.4 ในการกระทำกิจกรรมไตร่ตรองเพื่อขจัดความขัดแย้งมีการตรวจสอบความเชื่อตามเกณฑ์ต่อไปนี้

- 1) ความสอดคล้องระหว่างความเชื่อของตนเองกับความเชื่อของผู้อื่นในเรื่องเดียวกัน
- 2) ความสอดคล้องระหว่างความเชื่อของตนเองระหว่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกัน
- 3) ความสอดคล้องระหว่างความเชื่อกับข้อมูลเชิงประจักษ์

1.2.1.5 ในทฤษฎีของแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ ความรู้ทางคณิตศาสตร์พัฒนาขึ้นมาจากการแลกเปลี่ยนทางวัฒนธรรม นักวิจัยในแนวคอนสตรัคติวิสต์ต้องการคำอธิบายของนักเรียนเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนคิด และความหมายที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยจะไม่ปฏิเสธความเห็นใดๆของนักเรียนก่อนที่จะให้โอกาสนักเรียนได้ตรวจสอบและพบความคลาดเคลื่อนด้วยตนเอง นักวิจัยในแนวคอนสตรัคติวิสต์ตั้งข้อสมมติฐานเกี่ยวกับพัฒนาการของความรู้ทางคณิตศาสตร์ดังนี้

- 1) มนุษย์สร้างมโนทัศน์และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์จากการไตร่ตรอง การสนทนา และการแลกเปลี่ยนกัน เพื่อใช้ในการจัดระเบียบประสบการณ์และแก้ปัญหา
- 2) ในการสอบถามความเข้าใจในมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ครูในแนวคอนสตรัคติวิสต์มุ่งตรวจสอบการใช้จินตนาการ ภาษาคำจำกัดความ ตัวอย่างหรือการอุปมาอุปไมยของนักเรียน โดยคาดหวังในความหลากหลายและ

การให้เหตุผลที่แปลก ซึ่งอาจช่วยให้ตัวครูเองพบแนวทางในการอธิบายในทัศนทางคณิตศาสตร์ ในวิถีทางอย่างง่าย

3) ปัญหาที่มีบทบาทที่สำคัญในกระบวนการสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ ปัญหาคือความรู้สึกขัดแย้งและมีอุปสรรค จะเป็นแรงจูงใจให้เกิดการกระทำและการไตร่ตรองเกี่ยวกับผลของการกระทำนั้น

4) การแก้ปัญหาในการเรียนการสอนตามแบบคอนสตรัคติวิสต์เป็นกระบวนการเชิงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับสิ่งแวดล้อม โดยที่นิยามทัศนที่เกี่ยวข้องและคำตอบที่เหมาะสมจะค่อย ๆ เกิดขึ้นในระหว่างดำเนินกระบวนการ

5) คำตอบของนักเรียนซึ่งคลาดเคลื่อนไปจากคำตอบที่ครูกำลังหวัง อาจถูกต้องในฐานะที่เป็นทางเลือกอีกทางหนึ่ง หรืออาจนำไปใช้อย่างได้ผลในขอบเขตที่จำกัด ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายความเชื่อของนักเรียนเองและระลึกอยู่เสมอว่า ความคลาดเคลื่อนให้โอกาสที่มีค่าสำหรับครูในการได้ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน

1.2.2 ศึกษาความสำคัญ ความหมาย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสำนักด้านจำนวน โดยรวบรวมข้อมูลจากหนังสือ ตำรา และเอกสารต่าง ๆ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1.2.2.1 ในปัจจุบันวงการศึกษาคณิตศาสตร์ของหลายประเทศกำลังให้ความสนใจเกี่ยวกับ “สำนักด้านจำนวน” (number sense) กันอย่างแพร่หลาย เพราะนักการศึกษาและนักวิจารณ์ต่าง ๆ ได้ให้การยอมรับว่าสำนักด้านจำนวนสามารถพัฒนาได้และเมื่อผู้เรียนได้รับการพัฒนาสำนักด้านจำนวนแล้วจะช่วยให้เรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น

1.2.2.2 ความหมายของสำนักด้านจำนวนซึ่งมีผู้ให้ความหมายไว้มากมายพอจะสามารถสรุปได้คือ สำนักด้านจำนวนคือ ความเข้าใจโดยสัญชาตญาณเกี่ยวกับจำนวน ความหมาย สมบัติ และการนำไปใช้ ความเข้าใจเกี่ยวกับนัยสำคัญของจำนวนรวมถึงความตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้จากการคำนวณ หรืออีกนัยหนึ่ง สำนักด้านจำนวนก็คือความมีสามัญสำนึกในการใช้จำนวนนั่นเอง

1.2.2.3 การพัฒนาสำนักด้านจำนวนนั้นเป็นหน้าที่ของครูที่ต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เอื้อต่อการพัฒนาสำนักด้านจำนวนของผู้เรียน ซึ่งมีแนวทางดังนี้

1) เชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับสถานการณ์จริงโดยเสนอสถานการณ์ปัญหาที่สัมพันธ์กับประสบการณ์ของนักเรียนทั้งในและนอกห้องเรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ว่าสำนักด้านจำนวนเป็นสิ่งที่มีความหมายสำหรับการแก้ปัญหา

- นักเรียนรู้จักที่จะคิดอย่างยืดหยุ่น
- 2) หาวิธีคิดคำนวณที่หลากหลาย ซึ่งจะช่วยให้
 - 3) ถามคำถามเพื่อให้นักเรียนคิดคำนวณในใจ
 - 4) ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้การประมาณค่าในการ
- แก้ปัญหา
- 5) ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ใช้เหตุผลในการตอบ
 - 6) ใช้กิจกรรมที่หลากหลาย
 - 7) หาวิธีที่จะตรวจสอบความคิดของเขากับการ
- ปฏิบัติจริงมากกว่าที่จะฟังคำตอบจากครู หรือจากหนังสือ ส่งเสริมให้เด็กกล้าคาดเดาและตรวจสอบคำตอบหรือพยายามหาหนทางใหม่ในการแก้ปัญหา

1.2.3 ศึกษาความสำคัญ ความหมาย และงานวิจัยเกี่ยวกับเกมการศึกษา โดยรวบรวมข้อมูลจากหนังสือ ตำรา และเอกสารต่าง ๆ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1) ความหมายของเกมสามารถสรุปได้ดังนี้ เกม คือกิจกรรมที่มีการเล่นหรือการแข่งขัน โดยมีกฎเกณฑ์ หรือกติกาควบคุมให้การเล่นดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง มีการตัดสินผลแพ้ชนะเมื่อเกมจบลง และที่สำคัญมีความสนุกสนานและเกิดการเรียนรู้ขึ้นกับผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ของเกมแต่ละเกม

2) เกมมี 2 ชนิด คือ เกมการศึกษา (academic games) และเกมที่ไม่เกี่ยวกับการศึกษา (non academic games) ซึ่งเกมคณิตศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์จัดเป็นเกมการศึกษา

3) ความสำคัญของเกมตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ คือเกมเป็นการเล่น เป็นกิจกรรมที่เด็กชอบ เนื่องจากให้ความสนุกสนานเพลิดเพลิน แต่ขณะเดียวกันเกมก็เป็นสิ่งที่ช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ได้ ดังเช่นตามทฤษฎีของ Piaget ได้ใช้เกมเป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาสติปัญญาและพัฒนาการทางสังคมสำหรับเด็ก นอกจากนี้ Kamii and DeVries (1981) ได้กล่าวว่าเกมช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้จากการกระทำของตนเอง รู้จักเปรียบเทียบกับเพื่อน และทำให้มีความพยายามที่จะหาวิธีเล่นที่ดีในการเล่นครั้งต่อไป ทำให้เด็กสามารถตัดสินใจในความสำเร็จของตนเองได้เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมการเล่นลง

1.2.4 ศึกษาความสำคัญเกี่ยวกับการเรียนแบบกระบวนการกลุ่ม เนื่องจากวิธีการเรียนแบบกระบวนการกลุ่มเป็นวิธีการหนึ่งที่เกี่ยวข้องการพัฒนาสำนักด้านจำนวนตามแนวคิดของธอร์นตันและทักเกอร์ (Thornton and Tucker, 1989) เพราะวิธีการเรียนในลักษณะ

นี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเป็นอิสระและมีโอกาสได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน เกี่ยวกับการใช้กลวิธีต่าง ๆ อย่างหลากหลายในการคำนวณและ แก้ปัญหา นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการเรียนรู้ที่เน้นตัวผู้เรียนเป็นสำคัญ นั่นคือให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ต่าง ๆ ด้วยตนเองและที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม

2. ประชากรและตัวอย่างประชากร

2.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม ซึ่งเป็นโรงเรียนที่เปิดสอนในระดับอนุบาล – ป.6 ในระดับ ป.1 – ป.6 มีนักเรียนระดับละ 7 ห้อง แต่ละห้องมีนักเรียน 32 – 35 คน นักเรียนส่วนใหญ่มาจากครอบครัวชนชั้นกลาง

2.2 ตัวอย่างประชากรคือนักเรียนห้อง ป. 3/1 และ ห้อง ป. 3/4 ปีการศึกษา 2546 ซึ่งมีวิธีคัดเลือกตัวอย่างประชากรดังนี้

1) คัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (sample random sampling) โดยการจับฉลากได้นักเรียน 2 ห้อง จากนักเรียน 7 ห้อง คือห้อง ป.3/1 จำนวน 32 คน และห้อง ป.3/4 จำนวน 32 คน

2) จับฉลากจากนักเรียน 2 ห้อง เพื่อใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ได้ห้อง ป.3/1 เป็นกลุ่มทดลอง และห้อง ป.3/4 เป็นกลุ่มควบคุม

3) จับคู่คะแนน (match by pair) ของตัวอย่างประชากรที่ได้คะแนนเท่ากัน หรือใกล้เคียงกัน โดยใช้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ภาคปลาย ปีการศึกษา 2545

3. การสร้างเกมคณิตศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

เกมคณิตศาสตร์ มีจำนวน 30 เกม ซึ่งเกมคณิตศาสตร์แต่ละเกมจะต้องสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ในเรื่องจำนวนและตัวเลขไม่เกิน 100,000 เนื่องจากผู้วิจัยใช้การสอนแบบใช้เกมคณิตศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ หรือสร้างความรู้จากการเล่นเกม นั้น ๆ และที่สำคัญ เกมแต่ละเกมจะช่วยพัฒนาสำนึกด้านจำนวนของผู้เรียนด้วยในขณะที่เล่นเกม นั้น ๆ ซึ่งเกมทั้งหมดผู้วิจัยสร้างขึ้นมาเองจากการศึกษาหลักสูตร ตำรา เอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ เกมคณิตศาสตร์ 1 เกมจะให้ความคิดรวบยอดเพียง 1 เรื่องเท่านั้น

ตารางที่ 1 เกมคณิตศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

แผนที่	เกม	สาระการเรียนรู้	สำนึกด้านจำนวน
1	ตัวเลขแสนกล	การเขียนตัวเลข – ตัวหนังสือ แสดงจำนวนไม่เกิน 100,000	1. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน 2. การคิดเรื่องจำนวน อย่างยืดหยุ่น
2	คู่ฉันอยู่ไหน	ค่าของ "สิบ"	1. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน 2. การคิดเรื่องจำนวน อย่างยืดหยุ่น
3	กีบาท	ค่าของตัวเลขตาม ค่าประจำหลัก	1. การอ้างอิง 2. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน 3. เข้าใจจำนวนเชิงการนับ และเชิงอันดับที่
4	เม็ดเลือดขาวแปลงร่าง	การแสดงจำนวนในรูปกระจาย	1. การประมาณค่า 2. ความสัมพันธ์หลากหลาย ระหว่างจำนวน 3. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน
5	ห้ามเปลี่ยนใจ	การเปรียบเทียบจำนวน	1. การประมาณค่า 2. การอ้างอิง 3. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน

ตารางที่ 1 เกมคณิตศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (ต่อ)

แผนที่	เกม	สาระการเรียนรู้	สำนึกด้านจำนวน
6	จัดระเบียบจำนวน	การเรียงลำดับจำนวน	<ol style="list-style-type: none"> 1. การอ้างอิง 2. การคิดเรื่องจำนวนอย่างยืดหยุ่น 3. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน 4. เข้าใจจำนวนเชิงการนับและเชิงอันดับที่
7	สองจำนวนชวนคิด	การบวกจำนวน 2 จำนวน	<ol style="list-style-type: none"> 1. การประมาณค่า 2. ความสัมพันธ์หลากหลายระหว่างจำนวน 3. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน 4. ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินการบวก
8	ปลาสายรุ้ง	สมบัติการสลับที่ของการบวก	<ol style="list-style-type: none"> 1. ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินการบวก 2. ความสัมพันธ์หลากหลายระหว่างจำนวน
9	สัมจุดสมองใส	การบวก 2 จำนวน ผลบวกไม่เกิน 1,000 (3 หลัก ไม่มีทศ)	<ol style="list-style-type: none"> 1. การประมาณค่า 2. คิดในใจอย่างยืดหยุ่น 3. การอ้างอิง 4. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน
10	ปัญหาของสัมจุด	การบวก 2 จำนวน ผลบวกไม่เกิน 1,000 (3 หลัก ทดจากหลักหน่วยไปหลักสิบ)	<ol style="list-style-type: none"> 1. การประมาณค่า 2. คิดในใจอย่างยืดหยุ่น 3. การอ้างอิง 4. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน

ตารางที่ 1 เกมคณิตศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (ต่อ)

แผนที่	เกม	สาระการเรียนรู้	สำนึกด้านจำนวน
11	ตามรอยสัมจุก	การบวก 2 จำนวน ผลบวกไม่เกิน 1,000 (3 หลัก ทดจากหลักสิบไป หลักร้อย)	1. การประมาณค่า 2. คิดในใจอย่างยืดหยุ่น 3. การอ้างอิง 4. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน
12	ปลาสามรส	การบวก 3 จำนวน ที่มีหลักเดียว	1. การคิดคำนวณในใจ อย่างยืดหยุ่น 2. ผลสัมพัทธ์ของการ ดำเนินการบวก 3. ความสัมพันธ์หลาก หลายระหว่างจำนวน
13	สามจำนวนตัวนี้	การบวก 3 จำนวน ผลบวกไม่เกิน 1,000 (3 หลัก มีทด)	1. ผลสัมพัทธ์ของการ ดำเนินการบวก 2. การประมาณค่า 3. การคิดคำนวณในใจ อย่างยืดหยุ่น
14	สามคนอลเวง	การบวก 3 จำนวน ผลบวกไม่เกิน 10,000 (4 หลัก มีทด)	1. ผลสัมพัทธ์ของการ ดำเนินการบวก 2. การประมาณค่า 3. การคิดคำนวณในใจ อย่างยืดหยุ่น
15	ซ่อนหา	โจทย์ปัญหาการบวก	1. การประมาณค่า 2. ผลสัมพัทธ์ของการ ดำเนินการบวก 3. การอ้างอิง

ตารางที่ 1 เกมคณิตศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (ต่อ)

แผนที่	เกม	สาระการเรียนรู้	สำนึกด้านจำนวน
16	ลบลดลง	การลบจำนวน 2 จำนวน	1. การประมาณค่า 2. ความสัมพันธ์หลากหลายระหว่างจำนวน 3. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน 4. ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินการลบ
17	เหลือเท่าไร	การลบ 2 จำนวน ตัวตั้งและผลลัพธ์ไม่เกิน 1,000 (3 หลัก ไม่มีกระจาย)	1. การคิดคำนวณในใจ อย่างยืดหยุ่น 2. ผลสัมพัทธ์ของจำนวน 3. การประมาณค่า
18	แบ่งปัน 1	การลบ 2 จำนวน ตัวตั้งและผลลัพธ์ไม่เกิน 1,000 (3 หลัก กระจายจากหลักสิบให้หลักหน่วย)	1. การคิดคำนวณในใจ อย่างยืดหยุ่น 2. ผลสัมพัทธ์ของจำนวน 3. การประมาณค่า
19	แบ่งปัน 2	การลบ 2 จำนวน ตัวตั้งและผลลัพธ์ไม่เกิน 1,000 (3 หลัก กระจายจากหลักร้อยให้หลักสิบ)	1. การคิดคำนวณในใจ อย่างยืดหยุ่น 2. ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินการลบ 3. การประมาณค่า
20	ช้อนหา 2	โจทย์ปัญหาการลบ	1. การประมาณค่า 2. ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินการลบ 3. การอ้างอิง 4. การคิดคำนวณในใจ อย่างยืดหยุ่น

ตารางที่ 1 เกมคณิตศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (ต่อ)

แผนที่	เกม	สาระการเรียนรู้	สำนึกด้านจำนวน
21	ระคนปนเป	โจทย์ปัญหาการบวก ลบ ระคน	<ol style="list-style-type: none"> 1. การประมาณค่า 2. ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินการลบและบวก 3. การอ้างอิง 4. การคิดคำนวณในใจอย่างยืดหยุ่น
22	ลูกหินหรรษา	แนวคิดเกี่ยวกับการคูณ	<ol style="list-style-type: none"> 1. การคิดคำนวณในใจอย่างยืดหยุ่น 2. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน 3. การอ้างอิง
23	ชอปปีงหรรษา	แนวคิดเกี่ยวกับการคูณ (ต่อ)	<ol style="list-style-type: none"> 1. การคิดคำนวณในใจอย่างยืดหยุ่น 2. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน 3. การอ้างอิง
24	ลูกหินหรรษา 2	การคูณจำนวนต่าง ๆ ด้วย 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. การคิดคำนวณในใจอย่างยืดหยุ่น 2. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน 3. การอ้างอิง
25	ลูกหินหรรษา 3	การคูณจำนวนต่าง ๆ ด้วย 0	<ol style="list-style-type: none"> 1. การคิดคำนวณในใจอย่างยืดหยุ่น 2. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน 3. การอ้างอิง

ตารางที่ 1 เกมคณิตศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (ต่อ)

แผนที่	เกม	สาระการเรียนรู้	สำนึกด้านจำนวน
26	คิดไวได้วาง	การคูณจำนวนที่มีหลักเดียวกับ 100 - 900	1. การประมาณค่า 2. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน 3. การคิดคำนวณในใจ อย่างยืดหยุ่น
27	ต่างแต่เหมือน	การคูณจำนวน 3 จำนวน	1. การคิดคำนวณในใจ อย่างยืดหยุ่น 2. ผลสัมพัทธ์ของการ ดำเนินการคูณ 3. การประมาณค่า 4. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน
28	ตัวเลขเข้ารัง	การคูณที่ไม่มีการทด (ตัวตั้งมี 2 หลัก ตัวคูณมี 1 หลัก)	1. การคิดคำนวณในใจ อย่างยืดหยุ่น 2. ผลสัมพัทธ์ของการ ดำเนินการคูณ 3. ความสัมพันธ์หลากหลาย ระหว่างจำนวน
29	ตัวเลขเข้ารัง 2	การคูณที่มีการทด (ตัวตั้งมี 2 หลัก ตัวคูณมี 1 หลัก)	1. การคิดคำนวณในใจ อย่างยืดหยุ่น 2. ความสัมพันธ์หลากหลาย ระหว่างจำนวน 3. การประมาณค่า
30	ตัวเลขเข้ารัง 3	การคูณที่ไม่มีการทด (ตัวตั้งมี 2 หลัก ตัวคูณมี 2 หลัก)	1. การคิดคำนวณในใจ อย่างยืดหยุ่น 2. ความสัมพันธ์หลากหลาย ระหว่างจำนวน 3. การประมาณค่า

4. การสร้างแผนการสอน

จัดทำแผนการสอน ซึ่งมี 2 แบบ คือแผนการสอนที่ใช้เกมคณิตศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และแผนการสอนคณิตศาสตร์ตามปกติ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 แผนการสอนที่ใช้เกมคณิตศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งมีทั้งหมด 30 แผน มีขั้นตอนการจัดทำดังนี้

3.1.1 ศึกษาเอกสาร สิ่งพิมพ์ ตำราวิชาการและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1.2 ศึกษาหลักสูตร คู่มือครู และหนังสือเรียนเพื่อศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

3.1.3 เขียนแผนการสอนที่ใช้เกมคณิตศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ จำนวน 30 แผน ซึ่งมีส่วนประกอบของแผนการศึกษาดังต่อไปนี้

เรื่อง

จุดประสงค์

ความคิดรวบยอด

ความรู้พื้นฐาน

สาระการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนการสอนมี 3 ชั้น ดังนี้

1) ชั้นสร้างความขัดแย้งทางปัญญา

1.1) ครูเสนอปัญหาที่นำไปสู่การสร้างโครงสร้างใหม่ทาง

ปัญญาให้นักเรียนฟังพร้อมกัน

2) ชั้นดำเนินกิจกรรมได้ตรง

2.1) นักเรียนเข้ากลุ่มย่อย

2.2) ครูแจกอุปกรณ์ในการเล่นคณิตศาสตร์

2.3) ครูอธิบายวิธีเล่นเกมคณิตศาสตร์

2.4) นักเรียนเล่นเกมคณิตศาสตร์

3) ชั้นสรุปผลการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา

3.1) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย สรุปมโนทัศน์

3.2) นักเรียนทำแบบฝึกหัด

สื่อการสอน

การประเมินผล

3.2 แผนการสอนคณิตศาสตร์ตามปกติซึ่งมีเนื้อหาเช่นเดียวกันกับแผนการสอนที่ใช้เกมคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ แต่ใช้หลักการจัดกิจกรรมตามปกติคือมีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนต่าง ๆ ที่ละหนึ่งกิจกรรมและมีการร่วมกิจกรรมไปพร้อม ๆ กันทั้งห้อง ส่วนใหญ่เป็นการสาธิตให้ดู นักเรียนมีส่วนร่วมกิจกรรมหรือใช้สื่อการเรียนการสอนเป็นบางส่วน เท่านั้น มีการสรุปสาระการเรียนรู้โดยครู หรือสรุปโดยการถามตอบระหว่างครูกับนักเรียน และ การทำแบบฝึกหัด มีจำนวน 30 แผน ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

3.2.1 ศึกษาหลักสูตร คู่มือครู แผนการสอน และหนังสือเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

3.2.2 สังเกต สัมภาษณ์ ครูผู้สอนในชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เกี่ยวกับแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในเรื่องจำนวนและตัวเลข รวมทั้งจากประสบการณ์ของผู้วิจัยเองที่เคยสอนในชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มาก่อน

3.2.3 เขียนแผนการสอนตามปกติ จำนวน 30 แผน ซึ่งแผนการสอนตามปกติประกอบด้วย

เรื่อง

จุดประสงค์

ความคิดรวบยอด

สาระการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนการสอน ประกอบด้วย

1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมเพื่อเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้เรื่องใหม่หรือ

1.2 ครูจัดกิจกรรมเพื่อดึงดูดให้นักเรียนสนใจเรื่องที่จะเรียนใหม่

2. ชี้นำจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2.1 ครูยกตัวอย่างโจทย์เพื่อสาธิตให้นักเรียนดู

2.2 ครูอธิบาย – สาธิต ให้นักเรียนดู

2.3 นักเรียนบางคนออกมาอธิบาย – สาธิตให้เพื่อนดู

3. ชี้นำสรุปบทเรียน

3.1 ครูและนักเรียนถามตอบเพื่อสรุปมโนทัศน์

3.2 นักเรียนทำแบบฝึกหัด

สื่อการสอน

ประเมินผล

หลังจากผู้วิจัยสร้างแผนการสอนทั้ง 2 แบบแล้วเสร็จ ดำเนินการดังนี้

1) นำไปเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านเพื่อตรวจสอบความเหมาะสม และความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรม สื่อการสอน การประเมินผล

- 1) นำไปเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านเพื่อตรวจสอบความเหมาะสม และความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรม สื่อการสอน การประเมินผล
- 2) หลังจากนั้นนำแผนการสอนทั้ง 2 แบบมาแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำให้ถูกต้องเหมาะสมมากขึ้น
- 3) นำแผนการสอนเรื่องการแสดงจำนวนในรูปกระจายไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถมฯ จำนวน 1 ห้องเรียน (จำนวน 30 คน) เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในสภาพการเรียนการสอนจริง และนำปัญหาที่พบมาแก้ไขปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบขั้นตอนการสอนระหว่างการสอนโดยใช้เกมคณิตศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์กับการสอนตามปกติ

การสอนโดยใช้เกมคณิตศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์	การสอนคณิตศาสตร์ตามปกติ
<ol style="list-style-type: none"> 1. ขั้นสร้างความขัดแย้งทางปัญญา <ol style="list-style-type: none"> 1.1) ครูเสนอปัญหาที่นำไปสู่การสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญาให้นักเรียนฟัง 2. ขั้นดำเนินกิจกรรมไตร่ตรอง <ol style="list-style-type: none"> 2.1) นักเรียนเข้ากลุ่มย่อย และใช้กระบวนการกลุ่มในการเล่นเกมคณิตศาสตร์ 2.2) ครูแจกอุปกรณ์ในการเล่นเกมคณิตศาสตร์ 2.3) ครูอธิบายวิธีเล่นเกมคณิตศาสตร์ 2.4) นักเรียนเล่นเกมคณิตศาสตร์ 3. ขั้นสรุปผลการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา <ol style="list-style-type: none"> 3.1) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปมโนทัศน์ 3.2) นักเรียนทำแบบฝึกหัด 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน <ol style="list-style-type: none"> 1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมเพื่อเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้เรื่องใหม่หรือ 1.2 ครูจัดกิจกรรมเพื่อดึงดูดให้นักเรียนสนใจเรื่องที่จะเรียนใหม่ 2. ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ <ol style="list-style-type: none"> 2.1 ครูยกตัวอย่างโจทย์เพื่อสาธิตให้นักเรียนดู 2.2 ครูอธิบาย - สาธิต ให้นักเรียนดู 2.3 นักเรียนบางคนออกมาอธิบาย - สาธิตให้เพื่อนดู 3. ขั้นสรุปบทเรียน <ol style="list-style-type: none"> 3.1 ครูและนักเรียนถามตอบเพื่อสรุปมโนทัศน์ 3.2 นักเรียนทำแบบฝึกหัด

5. การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้
แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
แบบสอบสำนึกด้านจำนวน

5.1 สร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยดำเนินการดังนี้

- 1) ศึกษาจุดประสงค์การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องจำนวนและตัวเลขไม่เกิน 100,000
- 2) สร้างผังแบบสอบ (table of specification) ซึ่งมีเนื้อหาในเรื่องการกระจาย การเปรียบเทียบจำนวน การเรียงลำดับจำนวน การบวก การลบ และการคูณ จำนวน 40 ข้อ ลักษณะของแบบสอบผลสัมฤทธิ์มีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ โดยแต่ละข้อมี 3 ตัวเลือก มีเพียงตัวเลือกเดียวที่ถูกต้อง เมื่อนำไปทดสอบกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถมฯ จำนวน 1 ห้องเรียน (จำนวน 32 คน) เป็นรอบแรกแล้วคัดเลือกข้อที่มีระดับความยากและค่าอำนาจจำแนกไม่เหมาะสมออกไป ทำให้เหลือแบบสอบจำนวน 30 ข้อ ซึ่งแบ่งเป็น
 - 1) วัดความคิดรวบยอด จำนวน 11 ข้อ
 - 2) วัดทักษะการคิดคำนวณ จำนวน 9 ข้อ
 - 3) วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาจำนวน 10 ข้อ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ
 - 3.1) วัดกระบวนการในการแก้โจทย์ปัญหาจำนวน 5 ข้อ
 - วัดความถูกต้องของคำตอบ จำนวน 5 ข้อ

ตารางที่ 3 ผังแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องจำนวนและตัวเลข

เนื้อหา	น้ำหนัก (%)	จำนวนข้อสอบ
1. การกระจาย	10	3
2. การเปรียบเทียบจำนวน	10	3
3. การเรียงลำดับจำนวน	10	3
4. การบวก	30	9
5. การลบ	30	9
6. การคูณ	10	3
รวม	100	30

3) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ไปเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) และความถูกต้องเหมาะสมของตัวเลือก แล้วจึงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำเพื่อความสมบูรณ์

4) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถมฯ จำนวน 1 ห้องเรียน (จำนวน 32 คน) แล้วจึงวิเคราะห์รายข้อเพื่อหาค่าอำนาจจำแนก (discrimination power) หา ระดับความยากของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (level of difficulty) และหาความเที่ยงของแบบสอบ โดยใช้สูตร Kuder – Richardson 20 ซึ่งได้ระดับความยากรายข้อ 0.34 – 0.65 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ 0.43 – 0.69 และความเที่ยงของแบบสอบ 0.90

5.2 การสร้างแบบสอบสำนึกด้านจำนวน ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1) ผู้วิจัยกำหนดจุดมุ่งหมายของแบบสอบสำนึกทางด้านจำนวน คือ เพื่อวัดสำนึกด้านจำนวนของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยมีความสอดคล้องกับเนื้อหาเรื่องจำนวนและตัวเลข

2) ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสำนึกทางด้านจำนวนทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ รวมทั้งศึกษาหลักการประเมินผลความสามารถทางสำนึกด้านจำนวนของผู้เรียนว่าหากผู้เรียนมีความสามารถด้านสำนึกด้านจำนวนควรจะสามารถอย่างไรบ้าง แล้วนำมาประกอบในการสร้างข้อสอบเพื่อวัดสำนึกด้านจำนวนของผู้เรียน

3) สร้างแบบสอบสำนึกทางด้านจำนวนให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์สาระการเรียนรู้ และระดับชั้นซึ่งมีลักษณะเป็นทั้งแบบปรนัยและแบบอัตนัยพร้อมทั้งสร้างเกณฑ์การประเมินแบบวัดสำนึกทางด้านจำนวน

4) สร้างผังข้อสอบแสดงในตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 ผังแบบสอบสำนึกด้านจำนวน

เนื้อหา	น้ำหนัก (%)	จำนวนข้อสอบ
1. ความเข้าใจจำนวนเชิงการนับและเชิงอันดับที่	10	2
2. ความเข้าใจความสัมพันธ์หลากหลายระหว่างจำนวน	20	4
3. ความเข้าใจขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน	10	2
4. การรู้ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินการ	10	2
5. ความสามารถในการอ้างอิงการวัดและสถานการณ์ต่าง ๆ	10	2
6. ความสามารถในการคิดคำนวณในใจได้อย่างยืดหยุ่น	20	4
7. ความสามารถในการประมาณค่า	20	4
รวม	100	20

ลักษณะของแบบสอบสำนึกด้านจำนวนมี 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 จำนวน 8 ข้อ (ข้อที่ 1–8) (16 คะแนน)

ตอนที่ 2 จำนวน 4 ข้อ (ข้อที่ 9–12) (8 คะแนน)

ตอนที่ 3 จำนวน 8 ข้อ (ข้อ 13–20) (22 คะแนน)

รวม 3 ตอน มีแบบสอบ 20 ข้อ 46 คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้

ตอนที่ 1 และตอนที่ 2 จะมีลักษณะเป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบพร้อมให้เหตุผลประกอบการเลือกตอบ โดยมีการให้คะแนนทั้งสองส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการให้คะแนนจากการเลือกตอบจากตัวเลือกที่กำหนดให้ ถ้าตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือไม่ได้ตอบ ได้ 0 คะแนน ส่วนที่สองเป็นการให้คะแนนในส่วนที่เป็นการอธิบายเหตุผล ถ้าอธิบายได้ถูกต้อง ได้ 1 คะแนน ถ้าอธิบายผิด หรือ ไม่ได้อธิบาย จะได้ 0 คะแนน

ตอนที่ 3 แบบสอบจะมีลักษณะเป็นแบบอัตนัย ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ข้อที่ 13, 15, 18, และ 19 ถ้าตอบได้ถูกต้อง ได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือ ไม่ได้ตอบ ได้ 0 คะแนน

ข้อที่ 14 มีคำตอบสองคำตอบ ถ้าตอบถูกทั้งสองคำตอบได้ 2 คะแนน ถ้าตอบเพียงคำตอบเดียวได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดทั้งสองคำตอบ หรือไม่ได้ตอบได้ 0 คะแนน

ข้อที่ 16, 17 มีคะแนนข้อละ 5 คะแนน ซึ่งแต่ละข้อมีคำตอบได้มากมายไม่จำกัด คำตอบ มีเกณฑ์การให้คะแนน คือ ในแต่ละข้อถ้าตอบมากกว่าห้าคำตอบที่แตกต่างกันขึ้นไป จะได้คะแนนข้อละ 5 คะแนน แต่ถ้าตอบเพียงข้อละ 1-4 คำตอบที่แตกต่างกัน จะได้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน

ข้อที่ 20 มีคำตอบ 6 คำตอบ คำตอบละ 1 คะแนน

5) นำแบบสอบสำนึกด้านจำนวนไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านตรวจสอบพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) และความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

6) นำแบบสอบสำนึกด้านจำนวนที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถมฯ จำนวน 32 คน

7) นำแบบสอบสำนึกด้านจำนวนมาปรับปรุงข้อบกพร่อง ด้านการกำหนดเวลาในการทำแบบสอบให้มากขึ้นจากที่กำหนดไว้ 30 นาที เพิ่มเป็น 40 นาที หลังจากนั้นจึงนำแบบสอบสำนึกด้านจำนวนไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/6 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถมฯ จำนวน 30 คน แล้วจึงวิเคราะห์รายข้อเพื่อหาค่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถมฯ จำนวน 30 คน แล้วจึงวิเคราะห์รายข้อเพื่อหาค่าอำนาจจำแนก (discrimination power) หาค่าระดับความยากของแบบสอบสำนึกด้านจำนวน (level of difficulty) และหาความเที่ยงของแบบสอบ โดยใช้สูตร Kuder–Richardson 20 ซึ่งได้ค่าความยากรายข้อ 0.44 – 0.76 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ 0.30 – 0.60 และค่าความเที่ยงของแบบสอบ 0.91

6. การเก็บรวบรวมข้อมูล

6.1 ผู้วิจัยนำแบบสอบสำนึกด้านจำนวนและแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดสอบกับตัวอย่างประชากรทั้ง 2 กลุ่มก่อนการทดลอง (pre-test)

6.2 ผู้วิจัยดำเนินการทดลอง เป็นเวลา 10 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง ผู้วิจัยเป็นผู้สอนเองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

6.3 ผู้วิจัยนำแบบสอบสำนึกด้านจำนวนและแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดสอบกับตัวอย่างประชากรทั้ง 2 กลุ่ม หลังการทดลอง (post-test)

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำคะแนนที่ได้จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และคะแนนที่ได้จากแบบสอบสำนึกด้านจำนวนก่อนการทดลองของทั้งสองกลุ่มมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของคะแนน (\bar{X}) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนโดยการทดสอบค่าที่ t-test (t - independent) โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. นำคะแนนที่ได้จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังสิ้นสุดการเรียนของทั้งสองกลุ่มมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของคะแนน (\bar{X}) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนโดยการทดสอบค่าที่ t-test (t - dependent) โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. นำคะแนนที่ได้จากแบบสอบสำนึกด้านจำนวน หลังสิ้นสุดการเรียนของทั้งสองกลุ่มมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของคะแนน (\bar{X}) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนโดยการทดสอบค่าที่ t-test (t - dependent) โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. นำเวลา (นาที) ที่นักเรียนทั้งสองกลุ่มใช้ทำแบบสอบสำนึกด้านจำนวนมาวิเคราะห์ หาค่าเฉลี่ยของเวลาที่แต่ละกลุ่มใช้ในการทำแบบสอบ (\bar{X}) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และเปรียบเทียบความแตกต่างของเวลา (นาที) โดยการทดสอบค่าที่ t-test (t - dependent) โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01