



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การศึกษาเอกสาร และคำราที่เกี่ยวข้อง
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างประชากร
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาเอกสารและคำราที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น แบบเรียนคณิตศาสตร์ ค 101 และ ค 102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 การวัดและประเมินผลวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น การฝึก สมรรถภาพทางสมอง และการวัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งต่างประเทศและในประเทศมาประกอบเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างประชากร

ประชากรของการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เขตกรุงเทพมหานคร

ผู้วิจัยได้เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2533 โรงเรียนวัดน้อยใน กรุงเทพมหานคร เป็นกลุ่มตัวอย่างประชากรสำหรับการวิจัยครั้งนี้ โดยที่ผู้วิจัยควบคุมผลกระทบจากตัวแปรแทรกซ้อนที่เกิดจากพื้นฐานทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ก่อนการทดลอง โดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจากกลุ่มประชากรที่มีทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน หรือใกล้เคียงกันมากที่สุด และต้องการตรวจสอบผลในเชิงปฏิบัติเกี่ยวกับการฝึกสมรรถภาพทางสมอง โดยให้มีการฝึกจำนวนชุดแบบฝึกที่มากกว่าจะทำให้การพัฒนาทักษะการคิดดีกว่าการฝึกจากจำนวนแบบฝึกที่น้อยกว่า เพื่อเป็นการยืนยันความเชื่อของผู้วิจัยว่าการฝึกสมรรถภาพทางสมองมาก ยิ่งทำให้ผู้รับการฝึกเกิดทักษะการคิดดีกว่าผู้รับการฝึกน้อย หรือผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกเลย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการเพื่อ เลือกสุ่มกลุ่มตัวอย่างประชากรตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ค 101 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเป็นข้อสอบปลายภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2533 ที่โรงเรียนได้จัดสอบนักเรียนไปแล้ว ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบแบบปรนัย 60 ข้อ และข้อสอบแบบอัตนัย 3 ข้อ ผู้วิจัยได้พิจารณาเฉพาะข้อสอบแบบปรนัย และจำแนกข้อสอบแบบปรนัยตามระดับพฤติกรรมการคิด ปรากฏว่ามีข้อสอบระดับความรู้ความจำ 30 ข้อ และข้อสอบระดับสูงกว่าความรู้ความจำอีก 30 ข้อ แล้วนำมาวิเคราะห์ที่ได้ค่าความเที่ยง 0.89 ค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20-0.77 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-0.70 จากนั้นสุ่มนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างประชากรมา 3 ห้องเรียน ห้องละ 40 คน จากห้องเรียนที่มีมีทศนิยมเลขคณิต (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ระดับความรู้ความจำ และสูงกว่าระดับความรู้ความจำที่ได้จากผลการสอบปลายภาคเรียนที่ 1 ของนักเรียนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ค 101 ที่ใกล้เคียงกัน

2. นำคะแนนทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ของพฤติกรรมการคิดในแต่ละระดับ จากแบบทดสอบ ค 101 มาทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างประชากร โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (F-test) ผลปรากฏว่า ความแปรปรวนของคะแนนทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ทั้งสองระดับพฤติกรรมการคิดของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า นักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม มีพื้นฐานทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์เดิมก่อนการทดลอง ทั้งในระดับความรู้ความจำ และสูงกว่าระดับความรู้ความจำไม่แตกต่างกัน

3. สุ่มห้องเรียนห้องหนึ่งจาก 3 ห้อง เป็นกลุ่มที่ได้รับการฝึกสมรรถภาพทางสมอง ด้วยแบบฝึก 24 ชุด สุ่มห้องเรียนอีกหนึ่งห้อง เป็นกลุ่มที่สอง ซึ่งได้รับการฝึกสมรรถภาพสมองแบบ ปานกลาง เป็นการฝึกสมรรถภาพทางสมองด้วยแบบฝึก 12 ชุด สองกลุ่มแรกนี้เป็นกลุ่มทดลอง และห้องที่เหลืออีกห้องหนึ่ง เป็นกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกสมรรถภาพทางสมอง จัดเป็นกลุ่มควบคุม ที่มีการเรียนตามปกติ รวมจำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยเชิงทดลองครั้งนี้มี 3 กลุ่ม ๆ ละ 40 คน นั่นคือ มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 120 คน ที่เป็นนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ประชากรของการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 3 ชุด คือ แบบฝึกสมรรถภาพทางสมอง บันทึก การสอนรายคาบวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ค 102 ปีการศึกษา 2533 และแบบทดสอบ วัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบฝึกสมรรถภาพทางสมอง เป็นแบบฝึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง ซึ่งมีวิธีการ ดำเนินการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาความหมาย ทฤษฎีเกี่ยวกับสมรรถภาพทางสมอง หน้าที่และ โครงสร้างทาง เซาว์นบัญญัติ ตามแนวความคิดหรือทัศนะของกลุ่มนักการศึกษา และนักจิตวิทยา กลุ่มต่าง ๆ

1.2 ศึกษาเนื้อหาที่กำหนดไว้ในทฤษฎีโครงสร้างทาง เซาว์นบัญญัติของกิลฟอร์ด เพื่อเลือกเนื้อหาที่เหมาะสมสำหรับการนำมาเป็นตัวเราในแบบฝึกสมรรถภาพทางสมอง เนื่องจากการกำหนดกลุ่มประชากร เป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยชี้เฉพาะสำหรับกลุ่มที่จะ นำมาทดลองเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ดังเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วในบทนำ นักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 จะมีระดับอายุอยู่ระหว่าง 12 - 15 ปี ซึ่ง เพียเจท์กล่าวว่า เป็นกลุ่มที่มีระดับ พัฒนาการด้านการคิดอยู่ในช่วงต่อระหว่างระดับของการคิดด้วยรูปธรรม และ เริ่มเข้าสู่ระดับของ การคิดตามแบบแผนทางตรรกวิทยา ฉะนั้นเนื้อหาที่จะนำมาเป็นตัวเราในแบบฝึกสมรรถภาพทาง สมองนั้น ควรเป็นเนื้อหาที่เอื้อต่อการคิดด้วยรูปธรรม และการคิดตามแบบแผนทางตรรกวิทยา

เนื้อหาต่าง ๆ ที่กิลฟอร์ดกำหนดไว้ในทฤษฎีโครงสร้างทางเชาวน์ปัญญา ประกอบด้วยเนื้อหาที่เป็นรูปภาพ สัญลักษณ์ เสียง ภาษา และพฤติกรรม เนื้อหาที่เป็นเสียงและพฤติกรรมนั้น ไม่เหมาะสมสำหรับการนำมาเป็นตัวเร้าเพื่อฝึกเป็นกลุ่มในช่วงเวลาจำกัด และเป็นเนื้อหาที่เหมาะสมสำหรับการฝึกเป็นรายบุคคลแบบตัวต่อตัวมากกว่าแบบอื่น ๆ สำหรับเนื้อหาที่เป็นภาษานั้น จากความสามารถทางสมองในส่วนที่เป็นอิสระจากการเรียนรู้และประสบการณ์ (fluid ability) ที่มีเนื้อหาเป็นภาษานั้นก็คือ เหตุผลทางภาษา (verbal reasoning) ซึ่งเป็นลักษณะของการคิดเชิงตรรกวิทยา ส่วนเนื้อหาที่เป็นรูปภาพและสัญลักษณ์สามารถปรับให้เข้ากับการคิดด้วยรูปธรรมได้เป็นอย่างดี รวมถึงความสามารถด้านเหตุผลเชิงนามธรรม ซึ่งเป็นความสามารถในการคิดหาเหตุผลในสิ่งที่ไม่ใช่ภาษาด้วย ดังนั้น ลักษณะทั่วไปที่จะใช้ในการสร้างรูปแบบการฝึก ซึ่งมีลักษณะเป็นโปรแกรม เสริมทักษะครั้งนี้ จึงใช้ รูปภาพ สัญลักษณ์ และภาษาเป็นเนื้อหาในการเร้าให้กลุ่มประชากร เป้าหมายได้ฝึกกระบวนการคิด ซึ่งมุ่งฝึกการคิดด้วยรูปธรรม และการคิดตามแบบแผนทางตรรกวิทยา รวมทั้งทำให้สามารถดำเนินการฝึก และสร้างแบบฝึกชนิดให้ผู้รับการฝึก เขียนตอบได้

1.3 ศึกษาองค์ประกอบการคิดที่เป็นพื้นฐานของสมรรถภาพทางสมอง

ซึ่งผู้วิจัยยึดเอาความสามารถในส่วนที่เป็นอิสระจากการเรียนรู้และประสบการณ์ เป็นแนวหลัก ในการพัฒนากรอบทฤษฎีสำหรับการสร้างแบบฝึก เป็นองค์ประกอบที่มีลักษณะ เป็นทักษะการคิด 4 องค์ประกอบหลัก คือ องค์ประกอบด้านการสังเกต องค์ประกอบด้านการประยุกต์ องค์ประกอบด้านการวิเคราะห์ และองค์ประกอบด้านการสังเคราะห์ องค์ประกอบการคิดทั้งสององค์ประกอบนี้เป็นพื้นฐานสำคัญในการแก้ปัญหา และการสืบค้นปัญหาที่บุคคลประสบ ไม่ว่าปัญหานั้นจะเป็นปัญหาสำคัญเชิงวิชาการที่พบได้จากการเรียนรู้ในโรงเรียน หรือปัญหาทั่วไปที่เป็นประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน ถ้าบุคคลใดมีความสามารถในองค์ประกอบการคิด เหล่านี้ในระดับสูงแล้ว จะมีการคิดแก้ปัญหาหรือสืบค้นปัญหาได้ดีกว่าบุคคลที่มีความสามารถในองค์ประกอบการคิด เหล่านี้ในระดับที่ต่ำกว่า และองค์ประกอบการคิดเหล่านี้เป็นทักษะ ฉะนั้นองค์ประกอบการคิดในแต่ละบุคคลจึงมีการเปลี่ยนแปลงหรือตัดแปลงได้ ถ้าองค์ประกอบ เหล่านี้ได้รับการฝึกฝนจากการกำหนดงาน เฉพาะ และวิธีการ ตลอดจนเวลาที่เหมาะสม

ด้วยเหตุนี้ ในการดำเนินการสร้างรูปแบบการฝึกสมรรถภาพทางสมอง
ครั้งนี้ จึงมีหลักการและความเชื่อพื้นฐานในการสร้าง ดังต่อไปนี้

- 1) สมรรถภาพทางสมองในส่วนที่เป็นทักษะหรือยุทธศาสตร์การคิด
มีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงได้
- 2) องค์ประกอบการคิดทั้งสี่องค์ประกอบนี้ เป็นองค์ประกอบหลักที่บุคคล
ใช้ในการคิดแก้ปัญหา ทั้งที่เป็นปัญหาเชิงวิชาการในโรงเรียน และปัญหาทั่วไปที่พบในชีวิต
ประจำวัน
- 3) รูปแบบการฝึกสมรรถภาพสมองนี้เป็นบทเรียน เสริมไม่ใช่บทเรียน
ตามหลักสูตร แต่สามารถใช้ในการเรียนการสอนในห้องเรียนตามปกติได้
- 4) รูปแบบการฝึกจะใช้รูปภาพ สัญลักษณ์ และภาษาเป็นสื่อ
- 5) ลักษณะเฉพาะขององค์ประกอบการคิด สามารถจำแนกเป็นงานย่อย
ที่ชี้เฉพาะ และมีลักษณะที่หลากหลายแตกต่างกัน
- 6) การทำงานที่เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละองค์ประกอบการคิด เป็น
การฝึกทักษะการคิดในแต่ละองค์ประกอบการคตินั้น ๆ
- 7) รูปแบบการฝึกจะประกอบไปด้วยงานที่ใช้การคิดด้วยรูปธรรมและ
การคิดด้วย เหตุผลทางตรรกวิทยาทางสัญลักษณ์และภาษา
- 8) การฝึกสมรรถภาพทางสมองทั้งสี่องค์ประกอบ จะช่วยส่งเสริมและ
พัฒนาการเรียนรู้ และการปฏิบัติงานทั้งในโรงเรียนและนอกโรงเรียน

1.4 อาศัยหลักการและความเชื่อพื้นฐานดังกล่าว เป็นแนวทางในการกำหนดงาน
เฉพาะสำหรับการฝึกสมรรถภาพสมองในแต่ละองค์ประกอบตามทักษะที่ได้เสนอ เป็นกรอบทฤษฎี
ในการวิจัย โดยกำหนดว่างานแต่ละอย่างจะให้ฝึกนั้นอาจใช้มิติการคิดด้านเดียวหรือใช้มากกว่า
หนึ่งมิติในการแก้ปัญหา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนจากน้อยไปมาก และจากการคิดด้วยรูปธรรม
ไปสู่การคิดตามแบบแผนทางตรรกวิทยา สำหรับงานเฉพาะของแต่ละองค์ประกอบการคิดได้มาจาก
การศึกษาทฤษฎีและวิธีการวัด เซาว์นปัญญา ทั้งที่เป็นผลงานของต่างประเทศและที่ได้ทดลองใช้
ในประเทศไทยมาแล้ว โดยเน้นหนักไปที่การวัดโดยใช้รูปภาพเป็นสื่อ ซึ่งได้งานเฉพาะที่จะนำ
มาเป็นแบบฝึกสมรรถภาพทางสมองในแต่ละองค์ประกอบการคิด ดังต่อไปนี้

1) องค์กรประกอบการคิดค้นการสังเกต และการรับรู้เชิงมิติสัมพันธ์ เป็นองค์ประกอบที่มุ่งให้ผู้ได้รับการฝึกมีทักษะการคิดค้นการรู้จักการสังเกตสิ่งแวดล้อมอย่างมีเป้าหมายในการสังเกต อันจะทำให้มีทักษะในการรู้จักวิธีการแสวงหาข้อเท็จจริงมาประกอบการคิดของตนให้มีเหตุผลน่าเชื่อถือ และฝึกความว่องไวในการใช้ประสาทสัมผัสทางสายตามาประกอบกับเหตุผลทั่วไปที่เป็นสามัญสำนึก หรือข้อเท็จจริงที่ผู้เรียนเคยมีประสบการณ์มาแล้ว ซึ่งอาจมีประสบการณ์จากการเรียนรู้ในโรงเรียนหรือจากสังคม สิ่งแวดล้อมนอกโรงเรียน องค์ประกอบการคิดค้นนี้ประกอบด้วยแบบฝึกสมรรถภาพทางสมอง 6 ชุด ดังนี้

1. ชุดการหาภาพที่เหมือนกับภาพที่กำหนดให้
2. ชุดการหาภาพที่แตกต่างจากภาพที่กำหนดให้
3. ชุดการนับลูกบาศก์ เป็นการรับรู้เกี่ยวกับจำนวนลูกบาศก์
4. ชุดการซ้อนภาพ เป็นการหาภาพที่กำหนดให้ในภาพที่ซับซ้อน
5. ชุดการซ้อนภาพ เป็นการรับรู้ความสัมพันธ์ระหว่างภาพสองภาพที่นำมาซ้อนกัน
6. ชุดการหาลำดับตรงข้าม เป็นการหาลำดับตรงข้ามของชุดที่มีตัวอักษร หรือสัญลักษณ์

2) องค์กรประกอบการคิดค้นการประยุกต์ เป็นองค์ประกอบที่มุ่งให้ผู้รับการฝึกทักษะในการขยายความคิดของตนจากข้อเท็จจริงที่มีอยู่ ตลอดจนเป็นการฝึกให้รู้จักวิธีประเมินว่าวิธีการใดที่ขยายความไปแล้วมีโอกาสของความเป็นไปได้มากที่สุด และดีที่สุด องค์ประกอบการคิดค้นนี้ประกอบด้วยแบบฝึกสมรรถภาพทางสมอง 8 ชุด ดังนี้

1. ชุดการหาภาพที่สมบูรณ์ของภาพร่างที่ถูกตัดออกบางส่วน
2. ชุดการต่อภาพให้สมบูรณ์
3. ชุดการเรียงลำดับ เหตุการณ์จากภาพ
4. ชุดการเรียงลำดับแบบอนุกรมสัมพันธ์ด้านตัวเลข
5. ชุดการเรียงลำดับแบบอนุกรมมิติภาพ
6. ชุดการหาความสัมพันธ์ต่อเนื่อง เป็นการหาภาพที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องจากภาพที่กำหนดให้

7. ชุดการหมุนภาพตามทิศทางที่กำหนดให้ เป็นการพิจารณา
ทิศทางของการหมุนของภาพ
8. ชุดการหาภาพตัดกระดาษ เป็นการจินตนาการจากกระดาษ
ที่นำมาพับกลางแล้วตัดส่วนที่พับออก

3) องค์ประกอบการคิดด้านการวิเคราะห์ เป็นองค์ประกอบที่มุ่งให้ผู้รับการฝึกมีทักษะการคิดด้านการใช้เหตุผลแบบอนุมาน เป็นการนำกฎ หลักการที่กำหนดให้ไปใช้ในการแก้ปัญหา องค์ประกอบการคิดด้านนี้ประกอบด้วย แบบฝึกสมรรถภาพทางสมอง 5 ชุด ดังนี้

1. ชุดการหาภาพตรงข้ามกับภาพที่กำหนดให้
2. ชุดการแยกภาพ เป็นการตัดภาพรวมเป็นชิ้นส่วนย่อย
3. ชุดการหาภาพไม่เข้าพวก
4. ชุดการอุปมาอุปไมยภาพทรงเรขาคณิต
5. ชุดความเข้าใจภาพ เป็นการลำดับเหตุการณ์เป็นเรื่องราว
ต่าง ๆ จากภาพที่กำหนดให้

4) องค์ประกอบการคิดด้านการสังเคราะห์ เป็นองค์ประกอบที่มุ่งให้ผู้รับการฝึกมีทักษะการคิดด้านการใช้เหตุผลแบบอุปมาน เป็นการนำข้อเท็จจริงย่อยมาสร้างเป็นสิ่งใหม่ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ องค์ประกอบการคิดด้านนี้ประกอบด้วยแบบฝึกสมรรถภาพทางสมอง 5 ชุด ดังนี้

1. ชุดการประกอบส่วนย่อย เป็นการสร้างภาพจากชิ้นส่วนที่
กำหนดให้
2. ชุดการพับกล่อง เป็นการประกอบภาพสามมิติ
3. ชุดการประกอบชิ้นส่วน เป็นการสร้างภาพจากวัสดุที่กำหนดให้
4. ชุดการสรุปความ เป็นการรวบรวมสาเหตุหรือข้อเท็จจริงต่าง ๆ
มาเป็นข้อยุติอย่างมีเหตุผลตามเงื่อนไขที่กำหนดให้
5. ชุดการค้นหาด้านตรงข้ามของลูกบาศก์

1.5 การสร้างแบบฝึกสมรรถภาพสมอง เมื่อกำหนดงานเฉพาะที่สอดคล้องกับนิยามขององค์ประกอบการคิดด้านต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว จึงนำงานเฉพาะเหล่านั้นมากำหนดสร้างชุดการฝึกสมรรถภาพสมองต่อไปโดยยึดหลักการว่าต้องเป็นแบบฝึกชนิดเลือกตอบ และใช้เวลาในการฝึกแต่ละชุดเบ็ดเสร็จ ประมาณ 15 นาที สามารถใช้ฝึกได้ทั้ง เป็นรายบุคคลและเป็นกลุ่ม ซึ่งได้จำนวนแบบฝึกในแต่ละองค์ประกอบการคิดดังนี้

- 1) องค์ประกอบการคิดด้านการสังเกต อันเป็นองค์ประกอบพื้นฐานขององค์ประกอบการคิดด้านอื่น ๆ มี 6 ชุด
- 2) องค์ประกอบการคิดด้านการประยุกต์ 8 ชุด
- 3) องค์ประกอบการคิดด้านการวิเคราะห์ 5 ชุด
- 4) องค์ประกอบการคิดด้านการสังเคราะห์ 5 ชุด

แบบฝึกแต่ละชุดประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการอธิบายลักษณะของงานหรือข้อปัญหาให้ผู้รับการฝึกเข้าใจวิธีการแก้ปัญหาหรือทำงานเฉพาะที่ได้กำหนดไว้ให้ ในส่วนที่สองจะเป็นตัวปัญหาหรืองานที่ให้ทำ เป็นงานแบบเดียวกัน 6 ข้อ ในแต่ละชุดของการฝึก โดยผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นเองตามความเหมาะสมของเวลาที่ใช้สำหรับการทำงานในแต่ละชั้น ซึ่งในแต่ละข้อปัญหาก็จะมีตัวเลือกตอบมาให้ข้อละ 5 ตัวเลือก ดังนั้น จึงมีจำนวนแบบฝึกทั้งหมด 24 ชุด ซึ่งประกอบด้วย 144 ข้อคำถาม

แบบฝึกแต่ละชุดที่สร้างขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะของงานเฉพาะของแต่ละองค์ประกอบของสมรรถภาพสมองทั้งสี่ด้านที่ต้องการฝึก ผู้วิจัยใช้รูปแบบของแบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญา หรือความถนัดทางการเรียนทั้งที่เป็นของไทยและต่างประเทศที่คู่มือของแบบทดสอบนั้น ๆ ได้ระบุถึงเป้าหมายในการวัดองค์ประกอบด้านนั้น ๆ ด้วยประเภทของงานเฉพาะนั้นจริง จึงเชื่อได้ว่าแบบฝึกสมรรถภาพสมองที่สร้างขึ้นมีลักษณะของงานเฉพาะที่สามารถฝึกสมรรถภาพสมองได้ตามที่ได้มุ่งหวังได้จริง และในการกำหนดใช้รูปภาพสำหรับการฝึกการคิดด้วยรูปธรรมนั้น จะใช้รูปภาพที่เป็นภาพเหมือนธรรมชาติเป็นสื่อ โดยจะคัดเลือกภาพที่นักเรียนเคยมีประสบการณ์ตรงมาแล้วเป็นส่วนใหญ่ ส่วนการฝึกการคิดด้วยเหตุผลทางตรรกวิทยาหรือการคิดด้วยนามธรรมนั้น จะใช้ภาพรูปทรงเรขาคณิต หรือภาพที่ไม่มีมีความหมายโดยตรงมาเป็นสื่อในการสร้างแบบฝึก

1.6 นำแบบฝึกสมรรถภาพทางสมองที่สร้างขึ้นทั้ง 24 ชุด ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน (ดูรายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิในภาคผนวก ก หน้า 133) ตรวจสอบให้คำแนะนำและแก้ไข เพื่อปรับปรุง เป็นแบบฝึกสมรรถภาพทางสมองที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ในการปรับปรุงแก้ไข แบบฝึกสมรรถภาพทางสมอง จากความคิดเห็นที่สอดคล้องกันของผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 2 ท่าน ผลการตรวจสอบพบว่า สิ่งที่ต้องปรับปรุงแก้ไข คือ การเรียงลำดับงานเฉพาะที่นำมา เป็นแบบฝึกสมรรถภาพทางสมองในแต่ละองค์ประกอบการคิด โดยยึดหลักการเรียงตามลำดับของความซับซ้อนจากน้อยไปมาก และจากการคิดด้วยรูปธรรมไปสู่การคิดตามแบบแผนทางตรรกวิทยา และมีการจัดงานเฉพาะที่เป็นแบบฝึกสมรรถภาพทางสมองบางชุดไปไว้ในองค์ประกอบการคิด ด้านอื่น ดังต่อไปนี้

- 1) แบบฝึกขององค์ประกอบการคิดด้านการสังเกต และการรับรู้เชิง มิติสัมพันธ์เดิมมี 7 ชุด ให้เหลือแบบฝึก 6 ชุด โดยเอาแบบฝึกชุดการหาภาพที่มีความสัมพันธ์ ต่อเนื่องจากภาพที่กำหนดให้ ไปเป็นแบบฝึกขององค์ประกอบด้านการประยุกต์ ดังนั้น แบบฝึก ขององค์ประกอบด้านการประยุกต์ ซึ่งเดิมมี 7 ชุด จึงมีแบบฝึกเป็น 8 ชุด
- 2) แบบฝึกขององค์ประกอบการคิดด้านการวิเคราะห์ ซึ่งเดิมมีแบบ ฝึก 4 ชุด ให้เพิ่มเอาแบบฝึกชุดการลำดับเหตุการณ์เป็นเรื่องราวต่าง ๆ จากภาพที่กำหนดให้ ในองค์ประกอบ ด้านการสังเคราะห์มา ดังนั้น แบบฝึกขององค์ประกอบการคิดด้านการวิเคราะห์ จึงมี 5 ชุด และแบบฝึกขององค์ประกอบการคิดด้านการสังเคราะห์ เหลือ 5 ชุด

จากการนำแบบฝึกสมรรถภาพทางสมองที่สร้างขึ้นทั้ง 24 ชุด ไปให้ ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบพบว่า ลักษณะของงานที่นำมา เป็นแบบฝึกสมรรถภาพทางสมองเหมาะสมดี แล้วทุกชุด เพียงแต่ต้องจัดเรียงลำดับตามองค์ประกอบการคิดทั้ง 4 ด้านใหม่เท่านั้น

1.7 นำแบบฝึกสมรรถภาพทางสมองทั้ง 24 ชุด ที่ได้รับการตรวจสอบจาก ผู้ทรงคุณวุฒิแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบว่าการกำหนดเวลา ในการฝึกแต่ละชุดแบบฝึกจะเหมาะสมหรือไม่ โดยนำแบบฝึก จำนวน 4 ชุด ไปทดลองกับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2533 จำนวน 40 คน เป็นนักเรียน 1 ห้องเรียน ของโรงเรียนวัดสังเวช กรุงเทพมหานคร ปรากฏว่าเวลาที่กำหนดไว้ในแบบฝึก แต่ละชุดเป็นเวลาที่เหมาะสมดีแล้ว จึงนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างประชากรต่อไป

2. บันทึกการสอนรายคาบวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ค 102

ปีการศึกษา 2533 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตร จุดประสงค์ของวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากนั้นก็ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ของแต่ละบทเรียน โดยศึกษาจากคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และศึกษาเนื้อหาในแต่ละบทเรียนแล้วนำมาแบ่งเป็นรายคาบ (50 นาที) เพื่อสะดวกต่อการสอน

2.2 เขียนบันทึกการสอน 24 คาบ โดยทำความเข้าใจในหัวข้อเรื่องเกี่ยวกับจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งประกอบด้วยขั้นนำ ขั้นสอน และขั้นสรุป

2.3 นำบันทึกการสอนรายคาบที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข ซึ่งผลจากการตรวจพิจารณาของอาจารย์ที่ปรึกษา ส่วนใหญ่เป็นการปรับปรุงในส่วนที่เป็นกิจกรรมการเรียนการสอน โดยเพิ่มเติมรายละเอียดในส่วนนี้ ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญจึงต้องเขียนรายละเอียดให้ชัดเจน ในส่วนอื่น ๆ เช่น จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม สื่อการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล นั้น ถูกปรับปรุงแก้ไขเล็กน้อย สำหรับส่วนที่เป็นเนื้อหานั้น ถูกปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่เป็นแบบฝึกหัดท้ายชั่วโมง ซึ่งบางข้อยากเกินไป หรือจำนวนข้อแบบฝึกหัดมากเกินไป อาจจะไม่ทันเวลาภายใน 1 คาบ ของการสอน

บันทึกการสอนรายคาบที่สร้างขึ้นเองนี้ เมื่อได้รับการตรวจพิจารณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข จากนั้นก็นำไปให้อาจารย์ประจำวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดน้อยในได้ตรวจพิจารณาความเหมาะสมของบันทึกการสอนฉบับนี้อีกครั้งหนึ่ง ก่อนจะนำมาเป็นคู่มือการสอน ซึ่งได้ตรวจพิจารณาแล้วเห็นว่าเหมาะสม จึงนำไปใช้เป็นคู่มือการสอนรายคาบของวิชานี้ หรือเป็นเครื่องมือชุดที่สองของการวิจัยครั้งนี้

3. แบบทดสอบวัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อวัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ โดยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

3.1 กำหนดงานเฉพาะที่ใช้เป็นเครื่องมือวัดทักษะการคิด ผู้วิจัยใช้เนื้อหาความรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่ง พอล (Paul 1984 : 4) ได้กล่าวถึงวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชา

ในกลุ่มทักษะที่หลักสูตรเห็นว่า เป็นกลุ่มวิชาพื้นฐานที่จำเป็น และสำคัญในการที่จะเรียนรู้ในรายวิชาอื่น ๆ และยังช่วยให้ผู้เรียนที่มีพื้นฐานความรู้ในกลุ่มวิชาทักษะนี้เป็นอย่างดีแล้ว จะสามารถบรรลุเป้าหมายหลักสูตร ทั้งในด้านความคิด อารมณ์ และจริยธรรม คุณธรรม ตามที่สังคมต้องการได้อย่างสมบูรณ์ ฉะนั้นในการวัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ครั้งนี้ จึงใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นแนวทาง

3.2 ศึกษาวิธีวัดและประเมินผลวิชาคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยศึกษาหลักสูตร เนื้อหาวิชา จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ระดับของพฤติกรรมที่ต้องการวัด ตลอดจนวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

3.3 สร้างแบบทดสอบวัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ โดยใช้เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ค 102 ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 ของกระทรวงศึกษาธิการ ในบทที่ 8 เรื่อง เส้นตรงและมุม และบทที่ 10 เรื่อง ความยาวพื้นที่ และปริมาตร ตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และระดับพฤติกรรมการคิด จำนวนทั้งสิ้น 40 ข้อ เป็นแบบปรนัย ข้อทดสอบนี้มุ่งวัดพฤติกรรมระดับความรู้ความจำ 10 ข้อ และอีก 30 ข้อ มุ่งวัดพฤติกรรมที่สูงกว่าระดับความรู้ความจำ โดยข้อทดสอบแต่ละข้อประกอบด้วยข้อคำถาม และคำตอบ 4 ตัวเลือก ผู้ได้รับการทดสอบต้องเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด ดีที่สุด หรือเหมาะสมที่สุด เพียงคำตอบเดียวตามลักษณะของข้อคำถาม

3.4 นำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน (ดูรายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิในภาคผนวก ก หน้า 133) ตรวจสอบความตรง (content Validity) แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ใช้เกณฑ์ในการกำหนดพฤติกรรมของแต่ละคำถาม จากความเห็นที่สอดคล้องของผู้ประเมินหรือผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 2 ท่าน โดยผู้วิจัยได้จัดกลุ่มพฤติกรรมเป็น 2 ระดับ คือ ระดับความรู้ความจำ และระดับสูงกว่าความรู้ความจำ ผลการประเมินตรวจสอบแบบทดสอบวัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ทั้งสามท่านมีความเห็นสอดคล้องกันว่า ควรปรับปรุงแก้ไขในบางส่วน เช่น การใช้สัญลักษณ์ ควรใช้ให้เหมือนกันตลอดทั้งฉบับของข้อสอบชุดนี้ และการเรียกชื่อด้วยอักษรภาษาอังกฤษควรระบุให้ชัดเจนว่าหมายถึงอะไร เนื่องจากนักเรียนมีความเข้าใจสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่มากนัก ไม่ควรใช้คำย่อมากเกินไป โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นหน่วยของความยาว พื้นที่ ปริมาตร และไม่ควรนำเนื้อหาบางตอนในหลักสูตรที่ไม่ชัดเจนมาเป็นข้อคำถาม ได้แก่ การให้ความหมายหรือ

นิยามของลูกบาศก์ เมื่อปรับปรุงแก้ไขแล้วก็จะได้แบบทดสอบทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีความตรงตามเนื้อหาวิชา

3.5 นำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านการตรวจแก้ไขจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านแล้วนั้น ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2533 ที่ไม่ใช่ตัวอย่างประชากร จำนวน 43 คน จากโรงเรียนมทรพาราม กรุงเทพมหานคร แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยง ค่าอำนาจจำแนก และความยากง่าย โดยมีเกณฑ์ว่าค่าความเที่ยงต้องได้มากกว่า 0.60 ค่าความยากง่ายมีค่าตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป หากข้อสอบดังกล่าวไม่ได้ตามนั้น ต้องนำมาปรับปรุงแก้ไข ซึ่งผลการวิเคราะห์ได้ค่าความเที่ยง 0.84 ค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.16-0.76 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.05-0.55 จากข้อสอบทั้งหมดจำนวน 60 ข้อ มีข้อสอบที่ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ตามที่กำหนด จำนวน 44 ข้อ เลือกข้อสอบที่ดีที่สุดเพียง 40 ข้อ ไปทดลองใช้อีกครั้งหนึ่งเพื่อหาค่าความเที่ยงของข้อสอบทั้งหมดจำนวน 40 ข้อ

3.6 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้ครั้งที่สองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2533 โรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม จำนวน 45 คน นำผลมาวิเคราะห์ได้ค่าความเที่ยง 0.90 ค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20-0.75 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22-0.65 จึงได้แบบทดสอบวัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ตามเกณฑ์ที่ต้องการ

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองและสอนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยตัวเอง โดยการจัดให้สภาพของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีสภาพการเรียนการสอนตามหลักสูตรปกติ ซึ่งผู้วิจัยใช้บันทึกการสอนรายคาบวิชาคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น และผ่านการตรวจแก้ไขแล้วมาเป็นคู่มือประกอบการสอน การฝึกสมรรถภาพทางสมองจะดำเนินการกับกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ติดต่อกันทุกวันที่มีการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนปกติ โดยจะทำการฝึกวันละ 1 แบบฝึก แต่ละแบบฝึกใช้เวลา 15 นาที ซึ่งใช้เป็นกิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน กลุ่มควบคุมใช้เวลาในช่วงเดียวกันนี้เป็นการทบทวนบทเรียนของคาบที่แล้ว หรือเฉลยการบ้าน แบบฝึกหัด เป็นกิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองสอนนักเรียนทั้ง 3 กลุ่มดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่ 1 ได้รับการฝึกสมรรถภาพทางสมองแบบ เข้ม 24 คาบ เป็นการฝึกสมรรถภาพทางสมอง โดยใช้แบบฝึก 24 ชุด แบบฝึกแต่ละชุดใช้เวลา 15 นาที ก่อนการเรียนคณิตศาสตร์แบบปกติทุกคาบ

2. นักเรียนในกลุ่มที่ 2 ได้รับการฝึกสมรรถภาพทางสมองแบบปานกลาง เป็นการฝึกโดยใช้แบบฝึก 12 ชุด ซึ่งแบบฝึกเหล่านั้น ประกอบด้วย 4 ชุดแรกของแบบฝึกตามองค์ประกอบด้านการสังเกตและการรับรู้เชิงมิติสัมพันธ์ 4 ชุดแรก ของแบบฝึกตามองค์ประกอบด้านการประยุกต์ 2 ชุดแรก ของแบบฝึกตามองค์ประกอบด้านการวิเคราะห์ และ 2 ชุดแรกของแบบฝึกตามองค์ประกอบด้านการสังเคราะห์ ดังนั้นการฝึกแบบปานกลางใช้เวลาในการฝึกสมรรถภาพทางสมอง 12 คาบ และสอนแบบปกติต่อมาอีก 12 คาบ

3. นักเรียนในกลุ่มที่ 3 ได้รับการสอนแบบปกติ 24 คาบ โดยไม่มีการฝึกสมรรถภาพทางสมองโดยใช้แบบฝึกสมรรถภาพทางสมองของการวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยเป็นผู้ฝึกสมรรถภาพทางสมองให้แก่ นักเรียนกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่ม โดยมีวิธีดำเนินการโดยทั่วไปดังนี้

- 1) เมื่อครูแจกแบบฝึกให้แก่ นักเรียนเป็นรายบุคคลแล้ว ครูอธิบายวิธีการปฏิบัติตามคำชี้แจงของแบบฝึก เมื่อนักเรียนเข้าใจวิธีการแล้ว ให้นักเรียนลงมือทำ ใช้เวลา 5 นาที
- 2) เมื่อนักเรียนทำแบบฝึกเสร็จทุกคน หรือหมดเวลาที่กำหนดให้แล้ว แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ 4 - 6 คน เพื่อทำการตรวจสอบคำตอบของตนเองกับเพื่อนในกลุ่ม แล้วหาคำตอบของกลุ่มที่ได้จากการตกลงร่วมกัน ใช้เวลาประมาณ 5 นาที
- 3) เมื่อได้คำตอบของกลุ่มครบถ้วนแล้ว ตรวจสอบคำตอบทั้งของกลุ่มและของตนเองกับเฉลย โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการ อาจมีการอภิปรายในกรณีที่คำตอบระหว่างกลุ่มมีความแตกต่างกัน หรือไม่ตรงกับเฉลย เพื่อหาแนวทางในการหาคำตอบที่ถูกต้องหรือหาวิธีการคิดที่ดีที่สุด ใช้เวลาประมาณ 5 นาที
- 4) ถ้ามีเวลามากพอ ครูอาจแนะนำการนำแนวคิด หลักการ และเหตุผลที่ได้จากการทำแบบฝึกนั้น ๆ ไปใช้ในสถานการณ์อื่น เช่น เปรียบเทียบกับหลักวิชาที่เรียนรู้ในชั้นเรียน หรือใช้กับเหตุการณ์ทั่วไป เป็นต้นว่า ระหว่างเดินทางจากบ้านมาโรงเรียน นักเรียนได้พบเห็นสิ่งใดบ้าง มีเหตุการณ์อะไรที่ผิดปกติไปหรือไม่

การดำเนินการฝึกมีหลักการทั่วไปสำหรับดำเนินการดังกล่าว เว้นแต่บางแบบฝึกที่ไม่อาจนำมาอภิปรายได้ เช่น การให้สังเกตความแตกต่างระหว่างภาพสองภาพ แต่อาจเสนอแนะวิธีการตรวจสอบคำตอบที่ถูกต้องว่าควรทำเช่นไร โดยกิจกรรมดังกล่าวนี้จะเสนอแนะไว้ในคู่มือการฝึกสำหรับครู ซึ่งเป็นการทดลองใช้แบบฝึกโดยอาศัยคู่มือประจำแบบฝึกแต่ละแบบ เพื่อให้ครูทั่วไปสามารถนำแบบการฝึกนี้ไปใช้ได้ ถ้ามีคู่มือ แม้ว่าจะไม่เคยฝึกทักษะในการใช้แบบฝึกมาก่อนก็ตาม

จากผลการดำเนินการทดลองพบว่า ในช่วงแรก ๆ ของดำเนินการทดลองไม่เป็นไปตามที่ผู้วิจัยคาดหวังไว้ แต่พอดำเนินการทดลองไปได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง การทดลองก็สามารถดำเนินการไปตามที่คาดหวังได้ ซึ่งข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นและการแก้ไขในขณะดำเนินการทดลองมีดังนี้

- 1) เวลาที่ใช้ในการฝึก 15 นาที นั้น ไม่เพียงพอ เนื่องจากไปเสียเวลากับการจัดกลุ่มและการอภิปรายกลุ่มมาก เพราะเวลานักเรียนไม่คุ้นเคยกับการอภิปรายกลุ่ม และยังทำงานเป็นกลุ่มไม่เป็น จึงใช้เวลาเกิน 15 นาที ประมาณ 20 นาที และต่อมานักเรียนเริ่มจัดกลุ่มได้เร็วขึ้น โดยการจัดกลุ่มไว้ก่อนที่ผู้วิจัยจะเข้าสอน ตลอดจนเริ่มทำงานกลุ่มเป็น เพราะได้มีการฝึกหัดหลายครั้ง สามารถอภิปรายกลุ่มได้ แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนก็ยังชอบและภูมิใจกับงานเดี่ยวมากกว่างานกลุ่ม
- 2) นักเรียนบางคนไม่ชอบคิด จึงรู้สึกว่ายากและไม่สนใจที่จะฝึก เกิดความท้อถอย แต่ภายหลังก็สนใจ เนื่องจากเริ่มเข้าใจวิธีการคิด และแนวการฝึกการคิดมากขึ้น
- 3) บางครั้งนักเรียนไม่สามารถอธิบายถึงวิธีการหาคำตอบจากแบบฝึกได้ ผู้วิจัยก็จะให้นักเรียนทั้งกลุ่ม และกลุ่มอื่น ๆ ช่วยกันหาเหตุผลของการตอบแบบฝึกข้อนั้น และถ้าหาเหตุผลไม่ได้จริง ๆ ก็ให้นักเรียนหาวิธีการตรวจสอบคำตอบที่ถูกต้องร่วมกัน
- 4) นักเรียนบางคนชอบหาคำตอบร่วมกับเพื่อนมากกว่าที่จะทำคนเดียว เพราะขาดความมั่นใจ และมักจะตอบว่าทำไม่ได้ ผู้วิจัยจึงต้องให้หัดทำคนเดียวเป็นรายบุคคลก่อนที่จะให้หัดทำงานกลุ่ม

5) นักเรียนส่วนใหญ่สนใจทำแบบฝึกทุกครั้ง เหมือนกับต้องการแข่งขันกัน และ ทวงถามถึงแบบฝึกทุกครั้งที่มีผู้วิจัยเข้าสอน บางครั้งก็ไปรอหน้าห้องพักครูเพื่อรอรับ ผู้วิจัยให้ เข้าห้องสอน บางคนก็มาขอทำแบบฝึกนอกเวลาเรียน เนื่องจากขาดเรียนในวันที่มีการฝึก

เมื่อดำเนินการทดลองสอนและฝึกสมรรถภาพสมองครบตามกำหนดแล้ว ผู้วิจัย ดำเนินการทดสอบวัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างประชากรทั้ง 3 กลุ่ม ทันทีเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง แล้วนำคะแนนจากแบบทดสอบวัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ มาวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

1. นำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนได้ทำแล้วมาตรวจให้ คะแนน ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 คำตอบให้ 0 คะแนน รวมคะแนนจากแบบทดสอบวัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน โดยแยกตาม พฤติกรรมการคิดระดับความรู้ความจำและระดับสูงกว่าความรู้ความจำ

2. นำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ในแต่ละระดับพฤติกรรมการคิดมาคำนวณหาค่ามัธยิมเลขคณิต (\bar{X}) ค่ามัธยิมเลขคณิตที่คิดเป็นร้อยละ ค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.) และค่าความแปรปรวน (S^2) เนื่องจากผู้วิจัยต้องการศึกษาผลการ พัฒนาทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นจากการฝึกสมรรถภาพทางสมองครั้งนี้ จึงได้นำค่ามัธยิม เลขคณิตที่คิดเป็นร้อยละมาแปลผลตามเกณฑ์การประเมินผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ในระดับ ชั้นมัธยมศึกษาตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 กระทรวงศึกษาธิการ กำหนด ให้มีการตัดสินผลการเรียน ดังนี้

ระดับคะแนนจากผลการเรียน	ความหมาย	ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ
4	ผลการเรียนดีมาก	80 - 100
3	ผลการเรียนดี	70 - 79
2	ผลการเรียนปานกลาง	60 - 69
1	ผลการเรียนผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ที่สุด กำหนดไว้	50 - 59
0	ผลการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ ขั้นต่ำ	0 - 49

3. นำคะแนนของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม มาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างมัชฌิม เลขคณิตของคะแนนแบบทดสอบทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ระดับความรู้ความจำ และเปรียบเทียบมัชฌิม เลขคณิตของคะแนนแบบทดสอบทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ระดับสูงกว่าความรู้ความจำ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (F-test) เนื่องจากทั้ง 3 กลุ่ม มีความแปรปรวนของคะแนนทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ค 101 ในภาคเรียนที่ 1 ก่อนการทดลอง ทั้งระดับความรู้ความจำ และสูงกว่าความรู้ความจำไม่แตกต่างกัน ถ้าผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (F-test) จากคะแนนทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ทั้งสองระดับพฤติกรรมการคิดของกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ได้รับการฝึกสมรรถภาพทางสมองในแต่ละแบบพบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่ามัชฌิม เลขคณิต เป็นรายคู่ โดยวิธีของเซฟเฟ (Sheffé method)

สถิติที่ใช้ทดสอบ

1. การหาคุณภาพของแบบทดสอบ

1) หาค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตร

$$P = \frac{R_u + R_L}{N_u + N_L}$$

$$r = \frac{R_u - R_L}{N_u}$$

P แทน ค่าระดับความยาก

r แทน ค่าอำนาจจำแนก

R_u แทน จำนวนคนที่ทำข้อทดสอบถูกในกลุ่มสูง

R_L แทน จำนวนคนที่ทำข้อสอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_u แทน จำนวนคนในกลุ่มสูง

N_L แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำ

(Beggs 1975 : 195-197)

2) หาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ โดยใช้
สูตรหาความเที่ยงของแบบทดสอบ Kuder Richardson ที่ 20 : KR-20

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{s^2} \right]$$

r_{tt} แทน ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับ

k แทน จำนวนข้อสอบ

s^2 แทน ค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ

p แทน สัดส่วนของคนที่ทำถูกในแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนของคนที่ทำผิดในแต่ละข้อ

(Ebel 1965 : 318-319)

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) คำนวณค่ามัธยฐานเลขคณิต (Arithmetic) ของคะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

\bar{X} แทน มัธยฐานเลขคณิต

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนน

n แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

(Freund 1981 : 61)

2) หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S) และความแปรปรวน (S^2) ของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร

$$S = \sqrt{\frac{n(\sum X)^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนน

n แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

(Freund 1981 : 61)

3) การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way analysis of variance) เพื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ใช้สูตรดังตารางข้างล่างนี้

แหล่งของความแปรปรวน (Source of Variation)	SS	df	MS	F
ระหว่างกลุ่ม (between groups)	SS_b	$J - 1$	$MS_b = SS_b / (J-1)$	$\frac{MS_b}{MS_w}$
ภายในกลุ่ม (within groups)	SS_w	$N - J$	$MS_w = SS_w / (N-J)$	
รวม	SS_t	$N - 1$		

$$SS_b = \sum_j n_j (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2$$

$$\bar{x}_{..} = \frac{\sum_j n_j \bar{x}_{.j}}{N}$$

$$SS_w = \sum_j (n_j - 1) S_j^2$$

$$SS_t = SS_b + SS_w$$

เมื่อ n_j คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

J คือ จำนวนกลุ่ม

S_j^2 คือ ความแปรปรวนของแต่ละกลุ่ม

N คือ จำนวนสมาชิกทั้งหมด

(บุญเรียง ขจรศิลป์ 2525 : 23-25)

4) การเปรียบเทียบภายหลังสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ
ทางเดียว (post-hoc comparison in one-way analysis of variance)

การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่ามัชฌิม เลขคณิต เป็นคู่
(paired comparison) โดยวิธีของเซฟเฟ (Scheffé method) สามารถใช้กับกลุ่ม
ตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากันหรือแตกต่างกันได้

โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$F = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^2}{MS_w (n_1 + n_2) / n_1 n_2}$$

เมื่อ F แทน ความแตกต่างระหว่างมัชฌิม เลขคณิต

\bar{X}_1 แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนในกลุ่มที่ 1

\bar{X}_2 แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนในกลุ่มที่ 2

n_1 แทน จำนวนคนในกลุ่มที่ 1

n_2 แทน จำนวนคนในกลุ่มที่ 2

MS_w แทน ส่วนเบี่ยงเบนยกกำลังเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม

(Downie and Heath 1970 : 221)