

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่องทศและแผนผัง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนโครงงานคณิตศาสตร์ กับวิธีสอนแบบปกติตามคู่มือครู ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เพื่อให้การศึกษาค้นคว้าเป็นไปตามขั้นตอน ผู้วิจัยจึงกำหนดลำดับหัวข้อเรื่องดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์
  - 1.1 ทำไมต้องเรียนคณิตศาสตร์
  - 1.2 เรียนรู้อะไรในคณิตศาสตร์
  - 1.3 สาระคณิตศาสตร์และมาตรฐานการเรียนรู้
  - 1.4 คุณภาพของผู้เรียน เมื่อจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
  - 1.5 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางสาระที่ 2 การวัดชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
2. วิธีสอนโครงงานคณิตศาสตร์
  - 2.1 ความหมายของโครงงาน
  - 2.2 ความหมายของวิธีสอนโครงงานคณิตศาสตร์
  - 2.3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีสอนโครงงานคณิตศาสตร์
  - 2.4 การประเมินผลวิธีสอนโครงงานคณิตศาสตร์
3. วิธีสอนแบบปกติ
  - 3.1 ความหมายของวิธีสอนแบบปกติ
  - 3.2 ขั้นตอนวิธีสอนแบบปกติ
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 4.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 4.3 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 4.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 4.5 พฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาในการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
5. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
  - 5.1 ความหมายทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

- 5.2 ลักษณะและองค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
- 5.3 แนวการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
- 5.4 การประเมินผลทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
- 6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
  - 6.1 งานวิจัยในประเทศ
  - 6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

**หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์**

### 1. ทำไมต้องเรียนคณิตศาสตร์

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถ่องแท้ รอบคอบ ช่วยให้การคาดการณ์ วางแผน ดัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่นๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข

### 2. เรียนรู้อะไรในคณิตศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มุ่งให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องตามศักยภาพ โดยกำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคนดังนี้

**2.1 จำนวนและการดำเนินการ** ความคิดรวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวน ระบุจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ การแก้ปัญหเกี่ยวกับจำนวน และการใช้จำนวนในชีวิตจริง

**2.2 การวัด** ความยาว ระยะเวลา น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตรและความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่างๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ

**2.3 เรขาคณิต** รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิตหนึ่งมิติ สองมิติ และสามมิติ การนิยามภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิตทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิต(geometric transformation)ในเรื่องการเลื่อนขนาน (translation)การสะท้อน(reflection) และการหมุน (rotation)

**2.4 พีชคณิต** แบบรูป(pattern)ความสัมพันธ์ ฟังก์ชันเซตและการดำเนินการของเซต การให้เหตุผล นิพจน์ สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ลำดับเลขคณิต ลำดับเรขาคณิต อนุกรมเลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิต

**2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น** การกำหนดประเด็นการเขียนข้อคำถาม การกำหนดวิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูลการจัดระบบข้อมูลการนำเสนอข้อมูลค่ากลางและการกระจายของข้อมูล การวิเคราะห์และการแปลความข้อมูล การสำรวจความคิดเห็น ความน่าจะเป็นการใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ และช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินชีวิตประจำวัน

**2.6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์** การแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

### 3. สาระคณิตศาสตร์และมาตรฐานการเรียนรู้

#### สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่าง การดำเนินการต่างๆ และใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำเสนอเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

#### สาระที่ 2 การวัด

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด

#### สาระที่ 3 เรขาคณิต

มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึกภาพ (visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (spatial reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (geometric model) ในการแก้ปัญหา

#### สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.1 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์ และฟังก์ชัน

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) อื่นๆ แทนสถานการณ์ต่างๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา

### สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

### สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

#### 4. คุณภาพของผู้เรียน เมื่อจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

4.1 มีความรู้ความเข้าใจและความรู้สึกเชิงจำนวนเกี่ยวกับจำนวนนับและศูนย์ เศษส่วน ทศนิยมไม่เกินสามตำแหน่ง ร้อยละ การดำเนินการของจำนวน สมบัติเกี่ยวกับจำนวน สามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ เศษส่วน ทศนิยมไม่เกินสามตำแหน่ง และร้อยละ พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ สามารถหาค่าประมาณของจำนวนนับและทศนิยมไม่เกินสามตำแหน่งได้

4.2 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตร ความจุ เวลา เงิน ทิศ แขนง และขนาดของมุม สามารถวัดได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม และนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้

4.3 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม รูปวงกลม ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ทรงกระบอก กรวย ปริซึม พีระมิด มุม และเส้นขนาน

4.4 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบรูปและอธิบายความสัมพันธ์ได้ แก้ปัญหาเกี่ยวกับแบบรูป สามารถวิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหาพร้อมทั้งเขียนให้อยู่ในรูปของสมการเชิงเส้นที่มีตัวไม่ทราบค่าหนึ่งตัวและแก้สมการนั้นได้

4.5 รวบรวมข้อมูล อภิปรายประเด็นต่างๆ จากแผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิแท่ง แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบ แผนภูมิรูปร่างกลม กราฟเส้น และตาราง และนำเสนอข้อมูลในรูปของแผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิแท่ง แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบ และกราฟเส้น ใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นเบื้องต้นในการคาดคะเนการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ต่างๆ ได้

4.6 ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ใน

การสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

## 5. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระที่ 2 การวัดชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

สาระการเรียนรู้แกนกลาง

1. ทิศ
2. การบอกตำแหน่งโดยใช้ทิศ
3. มาตรการส่วน
4. การอ่านแผนผัง
5. การหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้ความยาวของด้าน
6. การหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้สมบัติของเส้นทแยงมุม
7. การหาความยาวรอบรูปวงกลมหรือความยาวรอบวง
8. การหาพื้นที่ของรูปวงกลม

ตัวชี้วัด

1. อธิบายเส้นทางหรือบอกตำแหน่งของสิ่งต่างๆ โดยระบุทิศทาง และ ระยะทางจริง จากรูปภาพ แผนที่ และแผนผัง

2. หาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม
3. หาความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปวงกลม

มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด

สาระการเรียนรู้แกนกลาง

1. แก้ปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่ ความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมและรูปวงกลม
2. แก้ปัญหาเกี่ยวกับปริมาตรและความจุของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก
3. เขียนแผนผังแสดงตำแหน่งของสิ่งต่างๆ และแผนผังแสดงเส้นทางการเดินทาง

เดินทาง

ตัวชี้วัด

1. การคาดคะเนพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม
2. โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม
3. โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปวงกลม
4. โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับปริมาตรหรือความจุของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก
5. การเขียนแผนผังแสดงสิ่งต่างๆ

6. การเขียนแผนผังแสดงเส้นทางการเดินทาง

7. การเขียนแผนผังโดยสังเขป

## วิธีสอนโครงการคณิตศาสตร์

### 1. ความหมายโครงการ

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของโครงการตามบริบทและประสบการณ์ของแต่ละท่านแต่ละความหมายมีความสมบูรณ์เฉพาะในสายงานที่นักการศึกษาแต่ละท่านเกี่ยวข้อง การที่จะได้ความหมายที่ครอบคลุมมากที่สุดจะต้องมีการสังเคราะห์แต่ละความหมายเข้าด้วยกัน มีดังนี้

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ (2542, หน้า 18) กล่าวว่า โครงการเป็นการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ต้องการให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าให้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้นในหัวข้อที่กำลังเรียน การศึกษาค้นคว้านี้อาจทำเป็นรายบุคคลหรือเป็นทีม ลักษณะที่สำคัญของโครงการคือการศึกษามุ่งเพื่อหาคำตอบให้กับข้อสงสัยในเรื่องนั้น ๆ ที่ผู้เรียนหรือกลุ่มเพื่อนตั้งข้อสงสัยขึ้นมา เป้าหมายของโครงการคือให้ได้เรียนรู้มากขึ้นในเรื่องนั้น ๆ มากกว่าที่จะค้นหาคำตอบที่ถูกต้องเพื่อตอบคำถามของผู้สอน

จิราภรณ์ ศิริทวี (2542, หน้า 34) กล่าวว่า โครงการเป็นการสอนให้นักเรียนรู้จักทำโครงการวิจัยเล็ก ๆ ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อพัฒนาความรู้ ทักษะและสร้างผลผลิตที่มีคุณภาพ ระเบียบวิธีดำเนินการเป็นระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์จุดประสงค์หลักของการสอนแบบโครงการต้องกระตุ้นให้นักเรียนรู้จักสังเกต รู้จักการตั้งคำถาม รู้จักการตั้งสมมติฐาน รู้จักวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเองเพื่อตอบคำถามที่ตนเองอยากเรียนรู้จักสรุปและทำความเข้าใจกับสิ่งที่ค้นพบ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, หน้า 1-2) ได้ให้ความหมายว่าโครงการเป็นการศึกษาค้นคว้าตามความสามารถของผู้เรียนเอง ภายใต้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบหรือผลงานซึ่งมีความสมบูรณ์ในตัวโดยนักเรียนเป็นผู้วางแผนการศึกษาค้นคว้า ดำเนินการด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ มีเจตคติที่ดีต่อกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นเพียงผู้ให้คำปรึกษาเท่านั้น

วิมลศรี สุวรรณรัตน์ (2550, หน้า 5) กล่าวว่าโครงการ (project approach) คือ กิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำการศึกษาค้นคว้าและฝึกปฏิบัติด้วยตนเองตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการอื่นๆ ไปใช้ในการศึกษาหาคำตอบ โดยมีครูผู้สอนคอยกระตุ้นแนะนำและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนอย่างใกล้ชิด ตั้งแต่การเลือกหัวข้อที่จะศึกษา ค้นคว้า ดำเนินงานตามแผน กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานและการนำเสนอผลงาน ซึ่งอาจทำเป็นบุคคลหรือเป็นกลุ่ม โครงการ คือ การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือหลายๆสิ่งที่ยากรู้คำตอบให้ลึกซึ้ง

หรือเรียนรู้ในเรื่องนั้นๆให้มากขึ้น โดยใช้กระบวนการ วิธีการที่ศึกษาอย่างมีระบบ เป็นขั้นตอน มีการวางแผนในการศึกษาอย่างละเอียด ปฏิบัติงานตามแผนที่วางไว้ จนได้ข้อสรุปหรือผลสรุปที่เป็นคำตอบในเรื่องนั้นๆ

จากความหมายของโครงการที่นักการศึกษาได้ให้ความหมายไว้สรุปได้ว่า โครงการงาน (project approach) คือ กิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้ทำการศึกษาค้นคว้าและฝึกปฏิบัติด้วยตนเองตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการอื่นๆ ไปใช้ในการศึกษาหาคำตอบ ให้ผู้เรียนมีความลึกซึ้งในเรื่องที่เรียน โดยมีครูผู้สอนคอยกระตุ้นแนะและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนอย่างใกล้ชิด ตั้งแต่การเลือกหัวข้อที่จะศึกษา ค้นคว้า ดำเนินงานตามแผน กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานและการนำเสนอผลงานซึ่งอาจทำเป็นบุคคลหรือเป็นกลุ่มโครงการ คือ การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือหลายๆสิ่งที่ยากรู้คำตอบให้ลึกซึ้งหรือเรียนรู้ในเรื่องนั้นๆให้มากขึ้น โดยใช้กระบวนการ วิธีการที่ศึกษาอย่างมีระบบ เป็นขั้นตอนมีการวางแผนในการศึกษาอย่างละเอียด ปฏิบัติงานตามแผนที่วางไว้ จนได้ข้อสรุปหรือผลสรุปที่เป็นคำตอบในเรื่องนั้นๆ

## 2. ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์

สมวงษ์ แปลงประสพโชค (2547, หน้า13-15) ให้ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ว่า การจัดทำโครงการเป็นการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทาง และให้คำปรึกษาเน้นกระบวนการแสวงหาความรู้หรือการปฏิบัติของผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งอาจเป็นการทดลอง การสำรวจรวบรวมข้อมูล การสร้างทฤษฎีใหม่ หรือคำอธิบาย การพัฒนา หรือประดิษฐ์

ครุคณิต โครงการคณิตศาสตร์ ให้ความหมายว่า หมายถึง กิจกรรมบอกหลักการ วิชาคณิตศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ตามความถนัดและความสนใจด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์อาจทำเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มก็ได้ เป็นการฝึกปฏิบัติงานที่นักเรียนหาข้อสงสัย ตั้งสมมติฐาน ทดลองและสืบสวน แล้วรวบรวมหาข้อสรุปแล้วจัดทำรายงาน และแสดงผลงานเพื่อเผยแพร่ความรู้ จากการทำโครงการได้รับคำแนะนำดูแลจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิอาจทำในเวลาเรียน หรือนอกเวลาเรียนก็ได้

วิชาการต่อทศอม ให้ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ คือ กิจกรรมการฝึกทำวิจัยทางคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียน

ครูธานี โครงการคณิตศาสตร์ คือ กิจกรรมการเรียนรู้ คิดค้น วิเคราะห์ หรือแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีการจัดทำอย่างเป็นกระบวนการ มีการวางแผน การทำเค้าโครงการดำเนินงานตามแผน และนำเสนอผลงาน

ยุพิน พิพิธกุล (2550, หน้า 10) ให้ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ไว้ว่า เป็นงานที่ผู้ทำได้คิดอย่างอิสระ เป็นการฝึกปฏิบัติในข้อที่สงสัย โดยอาศัยความรู้ หลักการแนวคิดหรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหาที่ตนสนใจจะศึกษาและค้นคว้าให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อบรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

การทำโครงการไม่ใช่เป็นการเพิ่มเนื้อหาให้กับนักเรียน แต่จะเป็นการฝึกปฏิบัติงานให้นักเรียน หาข้อสงสัย ตั้งสมมติฐาน รวบรวมข้อมูล หาข้อสรุป และตรวจสอบสมมติฐานด้วยตนเอง แล้วเผยแพร่ข้อค้นพบนั้น การทำโครงการจึงเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการคิดอย่างอิสระ มีการพัฒนาทั้งทางด้านทักษะกระบวนการทำงาน ตลอดจนความคิดสร้างสรรค์

สรุปความหมายของวิธีสอนโครงการคณิตศาสตร์ หมายถึง วิธีสอนหรือกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกี่ยวข้องกันหรืออาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการทำงานหรือแก้ปัญหา นั้น โดยใช้กระบวนการวิธีการที่ศึกษาอย่างมีระบบเป็นขั้นตอน ภายใต้คำแนะนำปรึกษาช่วยเหลือและดูแลของครู

### 3. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีสอนโครงการคณิตศาสตร์

กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีสอนโครงการคณิตศาสตร์ แบ่งเป็น 3 ระยะเวลา คือ สมวงษ์ แปลงประสพโชค (2548, หน้า 48-55)

#### ระยะที่ 1 การเริ่มต้นโครงการ

เป็นระยะที่ครูผู้สอนต้องสังเกตและสร้างความสนใจให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนแล้วตกลงร่วมกันเลือกเรื่องที่จะต้องศึกษาอย่างละเอียด

#### ระยะที่ 2 ขั้นพัฒนาโครงการ

เป็นขั้นที่ผู้เรียนกำหนดหัวข้อคำถาม หรือประเด็นปัญหาที่ผู้สนใจอยากรู้แล้วตั้งสมมติฐานมาตอบคำถามเหล่านั้น ทดสอบสมมติฐานด้วยการลงมือปฏิบัติ จนพบคำตอบด้วยตนเอง ในกรณีผลการตรวจสอบไม่เป็นไปตามสมมติฐานก็ให้อธิบายได้ว่าเป็นเพราะสาเหตุใด

#### ระยะที่ 3 ขั้นสรุป

เป็นระยะสุดท้ายของโครงการที่ผู้เรียนค้นพบคำตอบของปัญหาแล้ว และได้แสดงให้ผู้สอนเห็นว่าได้สิ้นสุดความสนใจในหัวข้อโครงการเดิม แล้วเขียนรายงานเป็นรูปแบบงานวิจัยเล็ก ๆ และนำเสนอผลงาน แสดงเป็นแผนโครงการให้ผู้สนใจรับรู้ สรุปและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

ยุพิน พิพิธกุล (2550, หน้า 15) ได้เสนอแนะวิธีการสอนทำโครงการคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดจุดประสงค์ ก่อนทำโครงการต้องกำหนดจุดประสงค์ก่อนว่าต้องการอะไรจากโครงการนั้น

ขั้นที่ 2 การเลือกหัวข้อหรือปัญหาที่จะศึกษา ควรให้นักเรียนเป็นผู้คิดและเลือกด้วยตนเอง โดยคำนึงถึงระดับความรู้ อุปกรณ์ งบประมาณ ระยะเวลา อาจารย์ที่ปรึกษา ความปลอดภัยและเอกสารอ้างอิง

ขั้นที่ 3 การวางแผนในการทำโครงการ คือการกำหนดขอบเขตของงานว่าจะให้กว้างหรือแคบเพียงใด จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเขียนเค้าโครงของงานก่อน เพื่อวางแผนการทำงาน โดยเค้าโครงได้กำหนดไว้ดังนี้

- ชื่อโครงการ
- ชื่อผู้ทำโครงการ
- ชื่อที่ปรึกษาโครงการ
- ที่มาและความสำคัญของโครงการนี้
- จุดมุ่งหมายของโครงการ
- สมมติฐานทางการศึกษา (ถ้ามี)
- วิธีดำเนินงาน
  - วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้
  - แนวทางการศึกษาค้นคว้า
- แผนการปฏิบัติงาน
- ผลที่คาดว่าจะได้รับ
- เอกสารอ้างอิง

ขั้นที่ 4 การลงมือทำโครงการเป็นโครงสร้างเมื่อเค้าโครงงานผ่านการเห็นชอบของอาจารย์ที่ปรึกษาหรือผู้เชี่ยวชาญแล้ว นักเรียนก็เริ่มลงมือทำตามแผนงาน ในแต่ละช่วง ต้องมีการประเมินการทำงานเป็นระยะๆ เพื่อช่วยกันปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติงานด้วย

ขั้นที่ 5 การเขียนรายงาน เป็นการเสนอผลของการศึกษาค้นคว้าเป็นเอกสาร เพื่อให้ผู้อ่านทราบปัญหาที่ศึกษา วิธีดำเนินการศึกษา ข้อมูลที่ได้ ประโยชน์ที่ได้จากโครงการที่สมควรเขียนในรูปแบบฟอร์ม

ขั้นที่ 6 การแสดงผลงานเป็นการเสนอผลงานต่างๆ ที่ได้ศึกษาค้นคว้ามา เพื่อให้คนอื่นได้รับรู้และเข้าถึงโครงการ ซึ่งอาจเป็นตาราง แผนภูมิแท่ง กราฟวงกลม กราฟสร้างแบบจำลอง ควรเลือกนำเสนอให้เหมาะสมกับโครงการนั้นๆ

วิมลศรี สุวรรณรัตน์ (2550, หน้า 16) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการสอนโครงการวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

ขั้นนำ เป็นขั้นที่ผู้เรียนรับรู้ถึงจุดมุ่งหมายและแรงจูงใจในการเรียนบทเรียน

ขั้นทบทวนความรู้เดิม ผู้เรียนได้แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเดิม ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา

ขั้นปรับเปลี่ยนแนวคิด ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดด้วยวิธีการหลากหลาย  
 ขั้นสร้างความรู้ ผู้เรียนได้เห็นรูปแบบ ดีความปรากฏหรือเหตุการณ์นำไปสู่  
 การสร้างความรู้ใหม่

ขั้นนำความรู้ไปใช้ ผู้เรียนสามารถนำความรู้ความเข้าใจที่ได้เรียนรู้ข้อเท็จจริง  
 วิธีการต่าง ๆ ไปใช้ในสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันได้

จากการศึกษาขั้นตอนการสอนโครงการหลายแบบสามารถนำมาปรับประยุกต์เป็น  
 แนวทางการสอนโครงการคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมแล้วนำไปใช้สอนกับนักเรียนได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดจุดประสงค์ ก่อนจะศึกษาว่าต้องการอะไรจากโครงการ  
 นั้น

ขั้นที่ 2 การเลือกหัวข้อหรือปัญหาที่จะศึกษานักเรียนจะเป็นผู้คิดและเลือก  
 ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 การวางแผนในการทำโครงการ โดยมีขั้นตอนต่างๆ เป็นเค้าโครง

ขั้นที่ 4 การลงมือทำโครงการ ตามแผนงานที่ได้วางไว้

ขั้นที่ 5 การเขียนรายงาน เป็นการนำเสนอผลงานในรูปของตัวอักษร

ขั้นที่ 6 การแสดงผลงาน การนำเสนองานโดยการอธิบายให้ผู้อื่นได้รับรู้

ซึ่งนำเอาวิธีการของผู้ที่ทำโครงการคณิตศาสตร์ประสบผลสำเร็จแล้วมาปรับ  
 ประยุกต์เพิ่มเติมในกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย

#### 4. การประเมินผลวิธีสอนโครงการคณิตศาสตร์

โครงการคณิตศาสตร์ (Mathematic project) เป็นกิจกรรมที่ถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่ง  
 ของการประเมินผลการเรียนคณิตศาสตร์

การประเมินผลโครงการ ประเมิน 5 ส่วน คือ

1. พิจารณาตัวโครงการ ในสัดส่วน 1 ส่วนของคะแนนเต็ม ในประเด็น

- ความเหมาะสมของหัวข้อ
- แสดงถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
- ความชัดเจนของวัตถุประสงค์และแผนงาน
- ประโยชน์ของผลที่คาดว่าจะได้รับ

2. ผลงานหรือชิ้นงานจากการทำโครงการ ในสัดส่วน 2 ส่วนของคะแนนเต็ม

3. การเขียนรายงาน ว่าแสดงถึงกระบวนการศึกษาที่ครบถ้วนหรือไม่ เอกสารมี  
 ความสมบูรณ์มากน้อยเพียงใด ในสัดส่วน 2 ส่วนของคะแนนเต็ม

การประเมินผลการทำโครงการ

ครูผู้สอนจะเป็นผู้ประเมินการทำโครงการของนักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยใช้แบบ  
 ประเมินแผนผังโครงการพิจารณาตามรายละเอียดดังนี้

1. ชื่อเรื่องแสดงถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2. ชื่อเรื่องมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาคำถามมีการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิด
3. สมมติฐานมีการแสดงถึงพื้นฐานความรู้เดิม
4. วิธีการ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา เหมาะสมสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายและเนื้อหา

5. แหล่งศึกษาสามารถค้นคว้าคำตอบได้
6. วิธีการนำเสนอชัดเจน เหมาะสมกับเนื้อหาและเวลา

สรุปได้ว่า วิธีสอนโครงงานคณิตศาสตร์นั้นเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้เทคนิคหลากหลายวิธีนำมาผสมผสานกัน ได้แก่ กระบวนการกลุ่ม การฝึกคิด การแก้ปัญหา การเน้นกระบวนการ การสอนแบบปริศนาความคิด และการสอนแบบร่วมกันคิด ทั้งนี้มุ่งหวังให้ผู้เรียนเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งจากความสนใจอยากรู้อยากเรียนของผู้เรียนเอง โดยใช้กระบวนการและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ เพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเอง เป็นการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรงกับแหล่งความรู้เบื้องต้น ผู้เรียนสามารถสรุปความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งความรู้ที่ผู้เรียนได้มาไม่จำเป็นต้องตรงกับตำรา แต่ผู้สอนจะสนับสนุนให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งการเรียนรู้และปรับปรุงความรู้ ที่ได้ให้สมบูรณ์

### วิธีสอนแบบปกติ

#### 1. ความหมายของวิธีสอนแบบปกติ

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของวิธีสอนแบบปกติซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ดังต่อไปนี้

บงกช เสรีตระกูล (2540, หน้า 4) ได้กล่าวว่าวิธีสอนแบบปกติหมายถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคู่มือครูที่จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รัชณี เครือจันทร์ (2547, หน้า 8) ได้กล่าวว่าวิธีสอนแบบปกติ หมายถึงการสอนโดยใช้กิจกรรมตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ดุขฎี จุลสม (2547, หน้า 8) ได้กล่าวว่าวิธีสอนแบบปกติ หมายถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามขั้นตอนคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นิรันดร์ แสงกุหลาบ (2547, หน้า 53) ได้กล่าวว่า วิธีสอนแบบปกติ หมายถึง การสอนตามขั้นตอนคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จากความหมายของวิธีสอนปกติที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ดังนี้

- 1) วิธีสอนแบบปกติ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามกิจกรรมคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2) วิธีสอนแบบปกติ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามขั้นตอนคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนด วิธีสอนแบบปกติ หมายถึง วิธีสอนโดยดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในหนังสือคู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งจะนำเสนอต่อไป

## 2. ขั้นตอนวิธีสอนแบบปกติ

วิธีสอนแบบปกติในที่นี้ (สสวท., 2546, หน้า 30-33 ) หมายถึง วิธีสอนโดยดำเนินกิจกรรม การเรียนการสอน และตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในหนังสือคู่มือครู ซึ่งมีระบุขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ชัดเจน ซึ่งแต่ละขั้นตอนครูสามารถเลือกกิจกรรมการเรียนการสอนมาใช้ได้ตามความเหมาะสมกับวัยของนักเรียนซึ่งขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีดังต่อไปนี้

### ขั้นตอนที่ 1 การทบทวนพื้นฐานความรู้เดิม

ความหมายของการทบทวนพื้นฐานความรู้เดิม เป็นขั้นนำความรู้เดิมที่นักเรียนได้เรียนมาแล้วเป็นพื้นฐานหาความรู้ใหม่ที่กำลังจะสอนเป็นการสร้างความสนใจของผู้เรียน และทบทวนพื้นฐานความรู้เดิม เพื่อให้ผู้เรียนมีความต้องการและพร้อมที่จะเรียน

กิจกรรมเกี่ยวกับการทบทวนความรู้เดิม เป็นกิจกรรมเพื่อสำรวจความรู้พื้นฐานโดยการทำแบบทดสอบ ทำแบบฝึกหัดในหนังสือเรียน หรือปฏิบัติกิจกรรมในบัตรงาน หรืออาจเป็นการสำรวจความรู้เดิมที่ผู้เรียนได้เรียนมาแล้ว มาเป็นพื้นฐานในการศึกษาหาความรู้ใหม่ เป็นการเชื่อมโยงความรู้เก่าและความรู้ใหม่

### ขั้นตอนที่ 2 การสอนเนื้อหาใหม่

ความหมายของการสอนเนื้อหาใหม่ เป็นขั้นเรียนรู้เนื้อหาใหม่ ซึ่งควรเริ่มจาก การจัดกิจกรรม โดยใช้ของจริง โดยใช้รูปภาพ ใช้สัญลักษณ์ ในการดำเนินการสอนซึ่งมีการกำหนดไว้ในคู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

กิจกรรมเกี่ยวกับการสอนเนื้อหาใหม่ ควรจัดกิจกรรมจากรูปธรรมไปหานามธรรม การจัดประสบการณ์รูปธรรมโดยใช้ของจริง ประสบการณ์กึ่งรูปธรรม โดยใช้ภาพ และประสบการณ์นามธรรม โดยใช้สัญลักษณ์ ซึ่งในขั้นตอนการสอนเนื้อหาใหม่ นี้ต้องฝึกให้นักเรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผลทุกครั้งโดยการใช้คำถามประเภท ทำไม เพราะเหตุใด จงยกตัวอย่าง จริงหรือไม่ เป็นต้นนอกจากนี้ควรจัดกิจกรรมโดยเน้นกระบวนการ เช่น กระบวนการสร้างความคิดรวบยอดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งกระบวนการสร้างความคิดรวบยอดช่วยให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการสังเกต สามารถจำแนกความแตกต่างหรือลักษณะร่วมและสรุปหลักการได้อย่างมีเหตุผล สำหรับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลด้วยโดยใช้ความรู้ความเข้าใจหรือความคิดของตนเองสรุปกฎเกณฑ์ตัวอย่าง หาเหตุผลสนับสนุนหรือขัดแย้งได้

### ขั้นตอนที่ 3 การสรุป

ความหมายของการสรุป เป็นขั้นที่ครูกับนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนไปแล้วเป็นวิธีลัด

กิจกรรมเกี่ยวกับการสรุป เป็นกิจกรรมที่ครู นักเรียน ช่วยกันสรุปหาวิธีการคิดที่เร็วกว่าการคิดปกติ ในรูปของสูตร ทฤษฎี ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้ในคราวต่อไป

### ขั้นตอนที่ 4 การฝึกทักษะ

ความหมายของการฝึกทักษะเป็นขั้นที่นักเรียนฝึกความชำนาญโดยนำสูตร ทฤษฎี มาใช้เพื่อการคิดคำนวณ

กิจกรรมเกี่ยวกับการฝึกทักษะ โดยใช้กิจกรรมการฝึกหลายๆ วิธี เช่นการทำแบบฝึกหัดจากแบบเรียน หรือจากบัตรงาน และแบบฝึกหัด หรือเกมที่ครูสร้างขึ้นโดยโจทย์ที่นำมาฝึกทักษะควรเป็นโจทย์ที่เน้นเฉพาะทักษะการคิดคำนวณ และโจทย์ปัญหาควรเป็นโจทย์ที่ง่ายพอเหมาะสำหรับโจทย์ปัญหาที่ยากควรให้เป็นปัญหาชวนคิดที่ผู้เรียนอาจจะทำได้ หรือทำไม่ได้ โดยการฝึกทักษะควรพิจารณาปริมาณของงานที่จะให้ผู้เรียนไปทำเป็นการบ้านด้วย

### ขั้นตอนที่ 5 นำความรู้ไปใช้

ความหมายของการนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นโยงตัวเลขให้สัมพันธ์กับโจทย์ปัญหาเพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน และในวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง

กิจกรรมเกี่ยวกับการนำความรู้ไปใช้ ควรจัดกิจกรรมโดยใช้กระบวนการปฏิบัติเพื่อเชื่อมโยงการใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน โดยให้นักเรียนทำโจทย์ปัญหาที่มักประสบในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์

### ขั้นตอนที่ 6 ประเมินผล

ความหมายของการประเมินผล เป็นขั้นที่ครูประเมินความสามารถของนักเรียนจากบทเรียนนั้นๆ ถ้าผ่านก็ให้เรียนเนื้อหาต่อไป ถ้าไม่ผ่านก็ต้องสอนซ่อมเสริม

กิจกรรมเกี่ยวกับการประเมินผล เป็นกิจกรรมที่ทดสอบว่าผู้เรียนมีความรู้เรื่องที่สอนไปหรือไม่ โดยการประเมินจากแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ

จากขั้นตอนการเรียนการสอนที่จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้วิจัยจึงได้ยึดขั้นตอนการสอนดังกล่าวร่วมกับกิจกรรมที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้จัดทำขึ้นซึ่งได้เสนอไว้ในหนังสือคู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มาเขียนเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ โดยวิธีสอนแบบปกติ

## ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นตัวบ่งชี้ความสำเร็จหรือความล้มเหลวในการจัดการเรียน การสอนของครูและการเรียนรู้ของนักเรียน นักการศึกษาหลายท่านได้หาแนวทางต่างๆ เพื่อที่จะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอน และ พัฒนาศักยภาพของนักเรียนที่มีอยู่ให้ประสบความสำเร็จทางการเรียนให้สูงที่สุด ทั้งภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น ซึ่งจากการศึกษาพบว่า องค์ประกอบที่สำคัญที่มีส่วนช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงหรือต่ำนั้นขึ้นอยู่กับ วิธีการและเทคนิคการสอนของครู

### 1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นสมรรถภาพทางสมองในด้านต่างๆ ที่นักเรียนได้รับ จากประสบการณ์ทั้งทางตรง และทางอ้อมจากครู โดยมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ดังต่อไปนี้

อารีย์ วัชรวราการ (2542, หน้า 143) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นจากการเรียน การสอน การฝึกฝนหรือ ประสบการณ์ต่างๆ ทั้งในโรงเรียน ที่บ้าน และสิ่งแวดล้อมอื่นๆ แต่คนส่วนมากเข้าใจว่า ผลสัมฤทธิ์เกิดขึ้นจากการสอนภายในโรงเรียน และมองในแง่ความรู้ความสามารถทางสมอง เท่านั้น ในทางที่จริงแล้ว ความรู้สึก ค่านิยม จริยธรรมก็เป็นผลจากการฝึก และอบรม ซึ่งก็นับว่าเป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วย

สุนีย์ ลิ้มรสสุคนธ์ (2544, หน้า 42) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จในด้านความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพด้านต่างๆ ของสมองหรือประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน การฝึกฝน หรือประสบการณ์ต่างๆ ของแต่ละบุคคลสามารถวัดได้โดยการทดสอบด้วยวิธีการต่างๆ

ปานใจ ไชยวรศิลป์ (2549, หน้า 16) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลรวมของมวลประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ในด้านของทักษะ ความรู้ ความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกมาและสามารถที่จะวัดได้

กูด (Good, 1973, p.6) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การเข้าถึงความรู้หรือพัฒนาทักษะทางการเรียน ซึ่งโดยปกติจะพิจารณาจากคะแนนสอบ การฝึกอบรมหรือคะแนนที่ได้จากงานที่ครูมอบหมายให้หรือ ทั้งสองอย่าง

จากแนวคิดของนักการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ความสามารถที่เกิดจากการเรียนการสอน การฝึกฝน หรือประสบการณ์ต่างๆ ของบุคคล และสามารถวัดได้โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

## 2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการเรียนการสอน ครูผู้สอนจะต้องวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนว่าเป็นไปตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ วิธีการวัดผลและเครื่องมือที่ใช้มีหลายชนิด ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ล้วน สายยศ, และอังคณา สายยศ (2538, หน้า 171) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนที่ได้เรียนแล้ว ซึ่งมักจะเป็นคำถามให้นักเรียนตอบ หรือให้นักเรียนปฏิบัติจริง

ภัทรา นิคมนนท์ (2540, หน้า 62) ได้กล่าวไว้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดปริมาณความรู้ความสามารถ ทักษะเกี่ยวกับด้านวิชาการที่ได้เรียนรู้มาในอดีตว่ารับรู้ไว้ได้มากน้อยเพียงไร โดยทั่วไปแล้วมักใช้วัดหลังจากทำกิจกรรมเรียบร้อยแล้วเพื่อประเมินการเรียนการสอนว่าได้ผลเพียงไร

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543, หน้า 96) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพสมองด้านต่างๆ ที่ผู้เรียนได้รับจากประสบการณ์ทั้งปวง

บรรพต สุวรรณประเสริฐ (2544, หน้า 124) ได้กล่าวไว้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความก้าวหน้าของผู้เรียนในส่วนที่เป็นมโนคติทั้งหลาย ในเนื้อหาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จะเป็นแบบทดสอบที่แสดงให้เห็นความสามารถของผู้เรียน

พิชิต ฤทธิ์จัญญ (2545, หน้า 96) ได้กล่าวไว้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

วิไล ทองแผ่ (2547, หน้า 142) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ความสามารถทางวิชาการของผู้เรียนที่เกิดจากประสบการณ์การเรียนรู้

ธงชัย ช่อพฤษา (2548, หน้า 300) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบวัดความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการซึ่งเป็นพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจะเกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนว่าบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้เพียงใด

สรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพสมองด้านต่างๆ ที่ผู้เรียนได้รับจากประสบการณ์ทั้งปวง

## 3. ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักการศึกษาหลายท่านได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ดังต่อไปนี้

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545, หน้า 96) ได้แบ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นใช้กันโดยทั่วไปในสถานศึกษามีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1.1 แบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหาให้ แล้วให้ผู้ตอบเขียนโดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติ ได้อย่างเต็มที่

1.2 แบบทดสอบปรนัยหรือแบบทดสอบให้ตอบสั้นๆ เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้สอบเขียนตอบสั้นๆ หรือมีคำตอบให้เลือกตอบแบบจำกัดคำตอบ ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ ความคิดได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบชนิดนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบถูก-ผิด แบบเติมคำ แบบจับคู่ และแบบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่วไป ซึ่งสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการวิเคราะห์ และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพ มีมาตรฐาน กล่าวคือ มีมาตรฐานในการดำเนินการสอบ วิธีการให้คะแนนและแปลความหมายของคะแนน

วิล ทองแผ่ (2547, หน้า 142-147) ได้แบ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น (teacher made test) เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นใช้กันโดยทั่วไปในสถานศึกษา เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์หรือความสามารถทางวิชาการของผู้เรียนที่ได้เรียนรู้ในแต่ละรายวิชา แบบทดสอบประเภทนี้มักสร้างขึ้นใช้เฉพาะคราว เมื่อสอบเสร็จก็มักจะทิ้งไปจะสอบใหม่ก็สร้างกันขึ้นมาใหม่ หรือปรับปรุงจากแบบทดสอบชุดเดิม ไม่ค่อยได้วิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบเพื่อจัดเก็บไว้ใช้ต่อไป ซึ่งถ้าหากมีการหาคุณภาพของข้อสอบและปรับปรุงแก้ไขก็จะช่วยให้ได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพ และนำไปใช้ประโยชน์ได้คุ้มค่ายิ่งขึ้น แบบทดสอบประเภทนี้ยังแบ่งออกได้อีก 2 ชนิด คือ

1.1 แบบทดสอบความเรียง เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหาให้ แล้วผู้ตอบเขียนโดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติได้อย่างเต็มที่

1.2 แบบทดสอบปรนัย หรือแบบให้ตอบสั้นๆ เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้สอบเขียนตอบสั้นๆ หรือมีคำตอบให้เลือกแบบจำกัดคำตอบ ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ ความคิดได้อย่างกว้างขวาง เหมือนแบบทดสอบความเรียง แบบทดสอบชนิดนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่วไป ซึ่งสร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ ด้วยกระบวนการ หรือวิธีการที่เป็นระบบ และใช้เวลามากกว่าแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น มีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพ มีมาตรฐานสามารถ

นำไปวัดได้อย่างกว้างขวาง แบบทดสอบประเภทนี้ถือว่ามีความเป็นมาตรฐานอยู่ 2 ประการ คือ มาตรฐานในการดำเนินการสอบ ซึ่งไม่ว่าผู้ใดจะใช้แบบทดสอบมาตรฐานเมื่อใดก็ตาม การดำเนินการสอบจะปฏิบัติเหมือนกันทุกขั้นตอน และมาตรฐานในการแปลความหมายคะแนน ซึ่งไม่ว่าแบบทดสอบมาตรฐานจะใช้สอบที่ไหน เมื่อไรก็ตาม ก็จะแปลความหมายคะแนน ได้ตรงกันว่า ใครเก่ง อ่อน เพียงไร โดยมีเกณฑ์ปกติ (norm) สำหรับเปรียบเทียบคะแนนให้มี มาตรฐานเดียวกัน

สรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น ประกอบไปด้วย แบบทดสอบอัตนัย หรือแบบทดสอบความเรียง และแบบทดสอบปรนัย
2. แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ ด้วยวิธีการหรือกระบวนการที่เป็นระบบ

#### 4. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สำหรับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้มีนักการศึกษา กล่าวไว้ดังนี้

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545, หน้า 96) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 8 ขั้นตอนดังนี้

- 1) วิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร
- 2) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้
- 3) กำหนดชนิดข้อสอบและศึกษาวิธีสร้าง
- 4) เขียนข้อสอบ
- 5) ตรวจทานข้อสอบ
- 6) การจัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง
- 7) การทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ
- 8) การจัดทำแบบทดสอบฉบับจริง

ซึ่งสอดคล้องกับวิไล ทองแผ่ (2547, หน้า 142-147) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) การวางแผนสร้างข้อสอบ ประกอบไปด้วย วิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ กำหนดชนิดข้อสอบ
- 2) การเขียนข้อสอบ
- 3) การตรวจทานข้อสอบ
- 4) การจัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง
- 5) การทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ
- 6) การจัดทำฉบับจริง

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน คือ

- 1) การวางแผนสร้างข้อสอบ
- 2) การเขียนข้อสอบ
- 3) การตรวจทานข้อสอบ
- 4) การจัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง
- 5) การทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ
- 6) การจัดทำแบบทดสอบฉบับจริง

สรุปแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นิยมใช้ประกอบด้วย แบบทดสอบความเรียง แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ ซึ่งข้อสอบแบบเลือกตอบเป็นข้อสอบที่ผู้วิจัยจะนำมาเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพราะสามารถวัดได้ครอบคลุมเนื้อหา ตรวจสอบให้คะแนนง่าย มีความเป็นปรนัยสูง และสามารถนำผลการสอบมาวิเคราะห์ และปรับปรุงให้ข้อสอบมีคุณภาพดีขึ้นได้ง่ายกว่าแบบทดสอบชนิดอื่น

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง มวลประสบการณ์ที่เกิดจากการเรียนการสอน การฝึกฝนหรือประสบการณ์ต่างๆ ของบุคคล และสามารถวัดได้โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะประกอบไปด้วย แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น และแบบทดสอบมาตรฐาน สำหรับในการวิจัยครั้งนี้จะใช้แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ปรับปรุงแก้ไข และทดลองใช้จนเป็นแบบทดสอบมาตรฐาน

##### 5. พฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาในการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

วิลสัน (Willson, 1971, pp.643-696) ได้จำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาในการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยอิงลำดับชั้นพฤติกรรมของบลูม ไว้เป็น 4 ระดับ คือ

1. ความรู้ความจำด้านการคิดคำนวณ (computation) พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมที่อยู่ในระดับต่ำที่สุด แบ่งออกได้เป็น 3 ชั้นดังนี้

1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (knowledge of specific facts) คำถาม ที่วัดความสามารถในระดับนี้จะเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ตลอดจนความรู้พื้นฐานซึ่งนักเรียน ได้สั่งสมมาเป็นระยะเวลาอันแล้วด้วย

1.2 ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (knowledge of terminology) เป็นความสามารถในการระลึกหรือจำศัพท์และนิยามต่างๆ ได้ โดยคำถามอาจจะถามโดยตรงหรือโดยอ้อมก็ได้ แต่ไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณ

1.3 ความสามารถเกี่ยวกับกระบวนการคิดคำนวณ (ability to carry out algorithms) เป็นความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริงหรือนิยาม และกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้ว มาคิดคำนวณตามลำดับขั้นตอนที่เคยเรียนรู้มาแล้ว ข้อสอบวัดความสามารถด้านนี้ต้องเป็น โจทย์ง่าย ๆ คล้ายคลึงกับตัวอย่าง นักเรียนไม่ต้องพบกับความยุ่งยากในการตัดสินใจเลือกใช้ กระบวนการ

2. ความเข้าใจ (comprehension) เป็นพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมระดับ ความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ แต่ซับซ้อนกว่า แบ่งได้เป็น 6 ชั้น ดังนี้

2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติ (knowledge of concepts) ซึ่งเป็น ความสามารถที่ซับซ้อนกว่าความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง เพราะมโนคติเป็นนามธรรม ซึ่ง ประมวลจากข้อเท็จจริงต่าง ๆ ต้องอาศัยการตัดสินใจในการตีความหรือยกตัวอย่างของมโนคติ นั้น โดยใช้คำพูดของตนหรือเลือกความหมายที่กำหนดได้ ซึ่งเขียนในรูปแบบหรือยกตัวอย่าง ใหม่ที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียน

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎทางคณิตศาสตร์ และการสรุปอ้างอิง เป็นกรณีทั่วไป (knowledge of principles rules and generalization) เป็นความสามารถในการ นำเอาหลักการ กฎ และความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติ ไปสัมพันธ์กับโจทย์ปัญหา จนได้แนวทาง ในการแก้ปัญหาได้ ถ้าคำถามนั้นเป็นคำถามเกี่ยวกับหลักการและกฎที่นักเรียนเพิ่งเคยพบเป็น ครั้งแรกอาจจัดเป็นพฤติกรรมในระดับวิเคราะห์ก็ได้

2.3 ความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (knowledge of mathematical structure) คำถามที่วัดพฤติกรรมนี้ เป็นคำถามที่วัดเกี่ยวกับคุณสมบัติของระบบจำนวนและ โครงสร้างทางพีชคณิต

2.4 ความสามารถในการเปลี่ยนรูปแบบปัญหา จากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบ หนึ่ง (ability to transform problem element from one mode to another) เป็นความสามารถ ในการแปลข้อความที่กำหนดให้เป็นข้อความใหม่หรือภาษาใหม่ เช่น แปลจากภาษาพูดให้เป็น สมการ ซึ่งมีความหมายคงเดิม โดยไม่รวมถึงกระบวนการแก้ปัญหา (algorithms) หลังจากแปล แล้ว อาจกล่าวได้ว่าเป็นพฤติกรรมที่ง่ายที่สุดของพฤติกรรมระดับความเข้าใจ

2.5 ความสามารถในการติดตามแนวของเหตุผล (ability to follow a line of reasoning) เป็นความสามารถในการอ่านและเข้าใจข้อความทางคณิตศาสตร์ซึ่งแตกต่างไปจาก ความสามารถในการอ่านทั่ว ๆ ไป

2.6 ความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ability to read and interpret a problem) ข้อสอบที่วัดความสามารถในชั้นนี้อาจจัดแปลงมาจาก ข้อสอบ ที่วัดความสามารถในชั้นอื่น ๆ โดยให้นักเรียนอ่านและตีความโจทย์ปัญหาซึ่งอาจจะอยู่ใน รูปข้อความ ตัดเลข ข้อมูลทางสถิติ หรือกราฟ

3. การนำไปใช้ (application) เป็นความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคย เพราะคล้ายกับปัญหาที่นักเรียนประสบอยู่ในระหว่างเรียน คือ แบบฝึกหัดที่นักเรียนต้องเลือกกระบวนการแก้ปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาได้โดยไม่ยาก พฤติกรรมในระดับนี้ แบ่งออกเป็น 4 ชั้น คือ

3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหา ที่คล้ายกับปัญหาที่ประสบอยู่ในระหว่างเรียน (ability to solve routine problem) นักเรียนต้องอาศัยความสามารถในระดับความเข้าใจ และเลือกกระบวนการปัญหาจนได้คำตอบออกมา

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ (ability to make comparisons) เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด เพื่อสรุปการตัดสินใจ ซึ่งในการแก้ปัญหาขั้นนี้ อาจต้องใช้วิธีการคิดคำนวณและจำเป็นต้องอาศัยความรู้ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งใช้ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล (ability to analyze data) เป็นความสามารถในการตัดสินใจอย่างต่อเนื่องในการหาคำตอบจากข้อมูลที่กำหนดให้ ซึ่งอาจต้องอาศัยการแยกข้อมูลที่เกี่ยวข้องออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องมาพิจารณาว่าอะไรคือข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม มีปัญหาอื่นใดบ้าง ที่อาจเป็นตัวอย่างในการหาคำตอบของปัญหาที่กำลังประสบอยู่หรือต้องแยกโจทย์ปัญหาออกพิจารณาเป็นส่วน มีกรตัดสินใจหลายครั้งอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ต้นจนได้คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ต้องการ

3.4 ความสามารถในการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกันและการสมมาตร (ability to recognize patterns isomorphism and symmetries) เป็นความสามารถที่ต้องอาศัยพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่การระลึกถึงข้อมูลที่กำหนดให้การเปลี่ยนรูปปัญหา การจัดกระทำกับข้อมูล และการระลึกถึงความสัมพันธ์ นักเรียนต้องสำรวจหาสิ่งที่คุ้นเคยกันจากข้อมูลหรือสิ่งที่กำหนดจากโจทย์ปัญหาให้พบ

4. การวิเคราะห์ (analysis) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาที่นักเรียนไม่เคยเห็นหรือไม่เคยทำแบบฝึกหัดมาก่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโจทย์พลิกแพลง แต่ก็อยู่ในขอบเขตเนื้อหาวิชาที่เรียน การแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวต้องอาศัยความรู้ที่ได้มารวมกับความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกัน เพื่อแก้ปัญหา พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุดของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องใช้สมรรถภาพสมองระดับสูงแบ่งเป็น 4 ชั้น ดังนี้

4.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่เคยประสบมาก่อน (ability to solve nonroutine problem) คำถามในขั้นนี้เป็นคำถามที่ซับซ้อน ไม่มีในแบบฝึกหัดหรือตัวอย่างไม่เคยเห็นมาก่อน นักเรียนต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกับความเข้าใจ มโนคติ นิยาม ตลอดจนทฤษฎีต่าง ๆ ที่เรียนมาแล้วเป็นอย่างดี

4.2 ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ (ability to discover relationships) เป็นความสามารถในการจัดการส่วนต่างๆ ที่โจทย์กำหนดใหม่ แล้วสร้าง

ความสัมพันธ์ที่ใหม่ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาแทนการจำความสัมพันธ์ที่เคยพบมาแล้วมาใช้กับข้อมูลชุดใหม่

4.3 ความสามารถในการตรวจสอบข้อพิสูจน์ (ability to construct proofs) เป็นความสามารถที่ควบคู่กับความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ อาจเป็นพฤติกรรมที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าพฤติกรรมในการสร้างข้อพิสูจน์ พฤติกรรมในขั้นนี้ต้องการให้นักเรียนสามารถตรวจสอบข้อพิสูจน์ว่าถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดบ้าง

4.4 ความสามารถในการสร้างสูตรและทดสอบความถูกต้องให้มีผลใช้ได้เป็นกรณีทั่วไป (ability to formulate and validate generalizations) เป็นความสามารถในการค้นพบสูตรหรือกระบวนการแก้ปัญหาและพิสูจน์ว่าใช้เป็นกรณีทั่วไปได้

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์จะเห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาในการเรียนรู้ การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาโดยใช้เกณฑ์ของวิลสัน ซึ่งจำแนกไว้ 4 ระดับ คือ ความรู้ความจำด้านการคิดคำนวณ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์

## ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

### 1. ความหมายทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical skill and process) อัมพร ม้าคะนอง, และพร้อมพรรณ อุดมสิน (2547, หน้า 94) กล่าวว่า เป็นความสามารถของบุคคลที่จะนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ จึงเป็นเครื่องมือ (tool) ของผู้เรียนในการทำให้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มีความหมายและมีคุณค่ามากกว่าเป็นเพียงวิชาที่ประกอบด้วยสัญลักษณ์และขั้นตอนการแก้ปัญหาในห้องเรียน

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (สสวท., 2550, หน้า 10) ความหมายความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และประยุกต์ใช้ในชีวิตรประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เน้นที่ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คือการแก้ปัญหา การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น การแสดงเหตุผล การนำเสนอและการสื่อสาร ความคิดสร้างสรรค์

จะเห็นได้ว่า ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จึงเป็นของคู่กัน และเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตจริง จึงมีการส่งเสริมให้มีการพัฒนาทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ในขณะที่สอนเนื้อหาคณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่อง ในทุกระดับของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้ทั้งความรู้และทักษะกระบวนการควบคู่กันไป

## 2. ลักษณะและองค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

อัมพร ม้าคะนอง, และพร้อมพรรณ อุดมสิน (2547, หน้า 94–107) ได้กล่าวถึงลักษณะและองค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

ทักษะการแก้ปัญหา (problem solving) เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับความรู้ทักษะและความสามารถหลายอย่าง เช่น ความรู้ในเนื้อหา ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการทำงาน ทักษะการคิดและความสามารถในการประเมินการทำงานของตนเอง นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับประสบการณ์ เจตคติ และความเชื่อของผู้แก้ปัญหา การแก้ปัญหาที่ดีมักรวมถึงการวิเคราะห์และอภิปรายเกี่ยวกับคำตอบและวิธีการที่ใช้ว่าถูกต้องเหมาะสมหรือไม่

ทักษะการให้เหตุผล (reasoning) การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นการโยนความสัมพันธ์เชิงตรรกศาสตร์ในทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลมีความสำคัญมาก เนื่องจากในกระบวนการให้เหตุผล ผู้เรียนต้องใช้การคิดหลายลักษณะ เช่น การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ คิดไตร่ตรอง คิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้อง การฝึกให้ผู้เรียนใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ควรทำในบริบททางคณิตศาสตร์ เช่น ขณะเรียนเนื้อหาคณิตศาสตร์ ในขณะที่ทำกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ จะเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญ สิ่งสำคัญผู้สอนไม่ควรคำนึงถึงคำตอบสุดท้ายที่ถูกต้องเท่านั้นแต่ควรให้ความสำคัญกับเหตุผลว่า ทำไมผู้เรียนจึงได้คำตอบเหล่านั้น และคำตอบเหล่านั้นน่าจะถูกต้องหรือผิดเพราะเหตุใด

ทักษะการเชื่อมโยง (connections) การเชื่อมโยงมีความสำคัญและจำเป็นสำหรับการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย เนื่องจากการเชื่อมโยงจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจคณิตศาสตร์ที่เรียนในห้องเรียนได้ดีขึ้น และมองเห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์ในแง่ของการเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ที่สามารถนำไปใช้กับคณิตศาสตร์สาขาอื่นได้ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถของผู้เรียนในการสัมพันธ์ความรู้หรือปัญหาคณิตศาสตร์ที่เรียนมา กับความรู้ ปัญหา หรือสถานการณ์อื่นที่ตนเองพบ การเชื่อมโยงในห้องเรียนมี 3 ประเภทคือ

- 1) การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน
- 2) การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์หรือสาขาวิชาอื่น ๆ
- 3) การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ที่เรียนกับเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่น ๆ

ทักษะการสื่อสาร (communication) เป็นความสามารถของผู้เรียนในการอธิบายชี้แจง แสดงความเข้าใจหรือความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นรับรู้ เช่น การใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อความหมายการอธิบายลำดับขั้นตอนการทำงาน การแสดงเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อมูลที่สรุปได้ การใช้ตาราง กราฟ หรือค่าสถิติในการอธิบายหรือนำเสนอข้อมูล การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ช่วยให้ผู้สอนมองเห็นความเข้าใจของผู้เรียน ทำให้วางแผนการเรียนรู้อย่างเหมาะสม

ทักษะการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (creative thinking) เป็นความสามารถของผู้เรียนในการคิดออกนอกกรอบความคิดเดิมที่มีอยู่ทำให้ได้แนวทางใหม่ ๆ ที่ไม่เคยมีมาก่อน

การสังเคราะห์แนวคิด สร้างแนวคิดแปลกใหม่ การคิดริเริ่มสร้างสรรค์รวมถึงความสามารถในการตัดสินใจและมักเกี่ยวข้องกับการสร้างผลงานสุดท้ายที่แปลกใหม่ การพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ผู้สอนไม่ควรจบเพียงคำตอบเท่านั้น

จากลักษณะของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 5 ทักษะนี้จะเห็นได้ว่าเป็นการพัฒนาทักษะการคิดที่ผู้สอนต้องจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยในแต่ละทักษะเมื่อพิจารณาแล้วถ้าครูสามารถพัฒนาให้ครบทุกทักษะก็จะพัฒนาความสามารถด้านการเรียนคณิตศาสตร์ให้ดีขึ้นไปด้วย

### 3. แนวทางการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานสาระการเรียนรู้ได้กำหนดมาตรฐานด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไว้ ครูผู้สอนต้องสอนให้ผู้เรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ทั้ง 5 ทักษะ คือ (สสวท., 2550, หน้า 14–26)

- 1) ทักษะกระบวนการแก้ปัญหา
- 2) ทักษะกระบวนการให้เหตุผล
- 3) ทักษะกระบวนการสื่อสารและสื่อความหมาย การนำเสนอ
- 4) ทักษะกระบวนการเชื่อมโยง
- 5) ทักษะกระบวนการพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

(สสวท., 2550, หน้า 15) ได้เสนอแนวทางในการพัฒนากระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

1) ทักษะกระบวนการแก้ปัญหา ต้องให้โอกาสผู้เรียนได้คิดด้วยตนเองอย่างสม่ำเสมอ จัดสถานการณ์หรือปัญหา หรือเกมที่น่าสนใจ ทำท่ายให้อายักคิด เริ่มด้วยปัญหาที่เหมาะสมกับศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคนหรือผู้เรียนแต่ละกลุ่ม โดยเริ่มจากปัญหาที่ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้ที่เรียนแล้วมาประยุกต์ จากนั้นจึงให้สถานการณ์หรือปัญหาที่แตกต่างออกไปเรื่อยๆ ในกรณีผู้เรียนมีความสามารถสูงให้ปัญหาที่ยากซับซ้อน ต้องใช้ความรู้เพิ่มเติม นอกเหนือจากที่กำหนดไว้ในหลักสูตร โดยที่ สสวท. ได้เสนอแนวทางสำหรับกระบวนการแก้ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน คือ

- ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา
- ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา
- ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา
- ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ

โดยการจัดกิจกรรมให้เรียนรู้อย่างค่อยเป็นค่อยไป เริ่มจากปัญหาที่ง่ายใกล้ตัวผู้เรียนก่อน จึงให้ตอบปัญหาที่ซับซ้อนขึ้นตามลำดับ

2) ทักษะกระบวนการให้เหตุผล การเริ่มต้นสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ และเกิดทักษะในการให้เหตุผล ผู้สอนควรจัดสถานการณ์หรือปัญหาที่น่าสนใจให้ผู้เรียนได้ลงมือ

ปฏิบัติ ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนและคอยช่วยเหลือ โดยกระตุ้นและชี้แนะอย่างกว้างๆ โดยใช้คำถามกระตุ้นด้วยคำว่า ทำไม อย่างไร เพราะเหตุใด เป็นต้น พร้อมทั้งให้ข้อคิดเพิ่มเติมอีก เช่น ถ้า.....แล้ว ผู้เรียนคิดว่า...จะเป็นอย่างไร ผู้เรียนที่ให้เหตุผลได้ไม่สมบูรณ์ ผู้สอนจะต้องไม่ตัดสินด้วยคำว่า “ไม่ถูกต้อง” แต่อาจใช้คำพูดเสริมแรงและให้กำลังใจว่าคำตอบของผู้เรียนตอบมา มีบางส่วนถูกต้องผู้เรียนคนใดจะอธิบายหรือให้เหตุผลเพิ่มเติมของเพื่อนได้อีกบ้าง เพื่อให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ร่วมกันมากยิ่งขึ้น

การเรียนการสอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดอย่างหลากหลาย โจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ควรเป็นปัญหาปลายเปิด (open-ended problem) ที่ผู้เรียนสามารถแสดงความคิดเห็นหรือให้เหตุผลที่แตกต่างกันได้

3) ทักษะกระบวนการสื่อสาร สื่อความหมายและการนำเสนอ ต้องให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ใช้สื่อที่เป็นรูปธรรมเพื่อนำไปสู่เรื่องที่เป็นนามธรรม การสอนให้เกิดทักษะให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ปัญหา สามารถเขียนเป็นรูปแบบของจำนวนในรูป ตาราง กราฟ ข้อความ โดยการสอนมีแนวทางในการดำเนินการดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดสถานการณ์ปัญหาหรือโจทย์ที่น่าสนใจ และไม่ยากเกินกว่าที่ผู้เรียนจะตอบได้

ขั้นที่ 2 ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติและแสดงความคิดเห็นด้วยตนเอง โดยผู้สอนช่วยชี้แนะแนวทางในการให้เหตุผลของผู้เรียนให้ถูกต้อง

ทักษะกระบวนการสื่อสารต้องทำอย่างต่อเนื่อง โดยแทรกอยู่ทุกขั้นตอนของการสอนคณิตศาสตร์ โดยให้ผู้เรียนคิดตลอดเวลาที่เห็นปัญหาว่า ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น มีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร จะใช้ภาพ ตาราง หรือกราฟช่วยในการสื่อความหมาย เขียนรูปแบบของปัญหาได้อย่างไร และใช้วิธีใดหาคำตอบ

4) ทักษะกระบวนการเชื่อมโยง การที่จะเรียนคณิตศาสตร์ให้เกิดความรู้และเป็นพื้นฐานในการที่จะนำไปศึกษาต่อจำเป็นต้องบูรณาการเนื้อหาต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เช่น การใช้ความรู้เรื่องการวัดนำไปใช้ในการหาความยาวรอบรูปและพื้นที่ ตลอดจนการเขียนแผนผัง เป็นต้น

นอกจากการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาต่างๆ ในคณิตศาสตร์ด้วยกันแล้วยังมีการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ โดยใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ และใช้ในการแก้ปัญหา เช่น งานศิลปะและการออกแบบบางชนิดก็ใช้ความรู้เกี่ยวกับรูปเรขาคณิต และยังสามารถนำความรู้คณิตศาสตร์ไปประยุกต์วิชาชีพบางอย่างโดยตรง เช่น การซื้อ การขาย การชั่ง ตวง วัด การคำนวณระยะทาง

5) การพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ได้แก่ การจัดบรรยากาศให้ผู้เรียนคิดและนำเสนอแนวคิดของตนเองอย่างอิสระ ภายใต้การให้คำปรึกษาแนะนำของผู้สอน การจัดกิจกรรม

การเรียนการสอนสามารถเริ่มต้นจากการนำเสนอปัญหาที่ท้าทาย น่าสนใจ เหมาะกับวัยของผู้เรียนและเป็นปัญหาที่ผู้เรียนสามารถนำความรู้พื้นฐานที่มีอยู่มาใช้แก้ปัญหาได้

จากการศึกษาแนวทางพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่าในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ครูผู้สอนจำเป็นต้องให้โอกาสผู้เรียนได้ฝึกคิดด้วยตนเองมากๆ รู้จักให้เหตุผลและสื่อความหมายจากการคิดและเหตุผลโดยการนำเสนอและเชื่อมโยงความรู้ไปสู่สถานการณ์อื่นๆ ได้ในลักษณะบูรณาการความรู้ด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการและการเสริมสร้างเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์

#### 4. การประเมินผลทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

การประเมินผลทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (อัมพร ม้าคะนอง, และพร้อมพรรณ อุดมสิน, 2547, หน้า 137-152) ได้เสนอว่าการประเมินผลคณิตศาสตร์ต้องประเมินทั้งความรู้ในเชิงเนื้อหา และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนด้วยการประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีวิธีการประเมินดังนี้

**มาตรฐานที่ 1** ความสามารถในการแก้ปัญหา ระบุว่าผู้เรียนควรมีความสามารถดังนี้

- 1) สร้างโจทย์ปัญหาได้
- 2) ใช้วิธีการหลากหลายในการแก้ปัญหา
- 3) แก้ปัญหาได้
- 4) ตรวจสอบผลลัพธ์ได้
- 5) สร้างผลเฉลยในรูปทั่วไปได้

การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหของผู้เรียน ควรประเมิน จากวิธีการหลากหลาย เช่น การสังเกตการแก้ปัญหของผู้เรียนเป็นรายบุคคล การแก้ปัญหาจากการทำงานเป็นกลุ่ม การอภิปรายประเด็นความคิดเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ผล การแก้ปัญหาจากการทำโจทย์แบบฝึกหัด การทำข้อสอบ วิธีการดังกล่าวอาจพัฒนาจากการให้ผลย้อนกลับในรูปข้อวิจารณ์หรือข้อสังเกตจากการทำงาน หรือการให้ระดับคะแนนที่พิจารณาทั้งคำตอบและวิธีการหาคำตอบ

**มาตรฐานที่ 2** ความสามารถในการใช้เหตุผล ระบุว่าผู้เรียนควรมีความสามารถดังนี้

- 1) ใช้เหตุผลแบบอุปนัย เพื่อสร้างแบบรูปและข้อคาดเดา
- 2) ใช้เหตุผลแบบนิรนัย ในการตรวจสอบข้อสรุปและสร้างเหตุผลสนับสนุนที่นำเชื่อถือ
- 3) ใช้เหตุผลเชิงสัดส่วน ในการแก้ปัญหา
- 4) ใช้เหตุผลเชิงปริภูมิ

การประเมินผลความสามารถในการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนสามารถประเมินจากการสังเกต จากการพูดคุย การเขียนและประเมินจากการกระทำทางคณิตศาสตร์ โดยปกติแล้วผู้เรียนสามารถสร้างข้อาคตเดาจากตัวอย่างต่าง ๆ ที่ผู้เรียนได้เห็นหรือลงมือกระทำ แล้วพัฒนาข้อโต้แย้งซึ่งขึ้นอยู่กับข้อมูลที่คุณเรียนมีความรู้ว่าเป็นข้อเท็จจริงหรือไม่

**มาตรฐานที่ 3** ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ ได้ระบุว่าผู้เรียนควรมีความสามารถดังนี้

- 1) บรรยายความคิดทางคณิตศาสตร์ โดยการพูด เขียน สานิต ให้เห็นภาพได้
- 2) เข้าใจ แปลความหมาย และประเมินความคิดทางคณิตศาสตร์ จากข้อมูลที่พบเห็นจากสิ่งที่มีการนำเสนอในรูปแบบการเขียน หรือจากสิ่งที่มีการนำเสนอในรูปแบบปากเปล่าได้
- 3) ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ เครื่องหมาย สัญลักษณ์ ในการนำเสนอความคิดที่แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลได้

ความสามารถในการสื่อสาร สามารถประเมินได้จากการแสดงความหมาย และ มโนทัศน์ที่ผู้เรียนพูดออกมา การประเมินความรู้ในรูปแบบต่างๆ ของการสื่อสาร เช่น การสื่อสารระหว่างบุคคล และการสื่อสารระหว่างการใช้เทคโนโลยีต่างๆ และจากการที่ การสื่อสาร หมายถึง การแสดงออกในการใช้คำศัพท์ เครื่องหมาย โครงสร้างที่แสดงออกมาถึงความเข้าใจในสิ่งนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นการผสมผสาน กลมกลืนระหว่างความรู้และการกระทำทางคณิตศาสตร์

**มาตรฐานที่ 4** ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ระบุว่าผู้เรียนควรมีความสามารถดังนี้

- 1) สามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างคณิตศาสตร์สาขาต่างๆ
- 2) สามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ ในโลกแห่งความเป็นจริง

การมีความรู้และเข้าใจทางคณิตศาสตร์อย่างซาบซึ้งนั้นต้องประกอบด้วย การมีความรู้ในเนื้อหาและการนำความรู้ไปใช้ได้ ดังนั้นการบูรณาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ระหว่างคณิตศาสตร์สาขาต่างๆ หรือระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ จะช่วยให้ผู้เรียนมีความชัดเจนในแนวคิดและเกิดความลึกซึ้งกับเรื่องที่เรียน ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ นั้น สามารถประเมินได้จากการทำกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียน เช่น การถามตอบ การทำงานภาคปฏิบัติของผู้เรียน และการทำโครงงานทางคณิตศาสตร์

**มาตรฐานที่ 5** ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ พิจารณาจากองค์ประกอบของความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่นักจิตวิทยาที่มีชื่อเสียง 2 ท่าน คือ กิลฟอร์ด (Guildford, 1967, pp. 145–147) และทอร์เรนซ์ (Torrance, 1962, pp. 91–95) ; (อัมพร ม้าคะนอง, และพร้อมพรรณ อุดมสิน,

2547, หน้า 149–150) ได้เสนอองค์ประกอบความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่มีลักษณะร่วมกัน 3 ลักษณะคือ

1) ความคล่องในการคิด เป็นความสามารถในการคิดอย่างหลากหลายในปริมาณมาก เพื่อสนองต่อสถานการณ์ปัญหาหรือคำถามอื่นๆ

2) ความยืดหยุ่นในการคิด เป็นความสามารถในการกระทำต่อปัญหาในหลายประเภทและหลายทิศทาง

3) ความคิดริเริ่ม เป็นความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างไปจากความคิดดั้งเดิมหรือแตกต่างไปจากความคิดของผู้อื่น หรือเป็นการรวมกันของความคิดที่ไม่มีความสัมพันธ์กันมาก่อนในความคิดหรือการกระทำ

การประเมินผลความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ควรประเมินจากหลักฐานที่แสดงถึงการกระทำทางคณิตศาสตร์ตามองค์ประกอบ ซึ่งผู้สอนสามารถสังเกตได้จากการตอบคำถามของผู้เรียน การทำแบบฝึกหัด การทำงานภาคปฏิบัติ การทำโครงการคณิตศาสตร์ ตลอดจนการทดสอบจากเครื่องมือวัดความคิดริเริ่มทางคณิตศาสตร์

สรุปได้ว่าการประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่หลากหลาย ซึ่งนับเป็นทางเลือกใหม่ในการประเมินผลนอกเหนือจากการทดสอบเพียงอย่างเดียว ครูผู้สอนควรนำแนวทางการประเมินไปสร้างข้อทดสอบที่มีความครอบคลุมและเป็นปรนัยมาใช้ทดสอบนักเรียนที่สอนจะก่อให้เกิดประโยชน์ในการเรียนคณิตศาสตร์เป็นอย่างมาก

## เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 1. งานวิจัยในประเทศ

จิตาภา คัทเลอร์ (2546, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเทศบาล 3 ศรีทรายมูล ที่เรียนแบบร่วมมือ ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของที่เรียนแบบร่วมมือสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) เจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากทุกข้อความพึงพอใจมากเป็นอันดับหนึ่งมี 2 เรื่อง คือ วิธีเรียนส่งเสริมกระบวนการกลุ่ม และวิธีเรียนส่งเสริมให้มีส่วนร่วมในการทำงาน ความพึงพอใจมากเป็นอันดับสองคือ วิธีเรียนทำให้เข้าใจบทเรียนมากขึ้น และความพึงพอใจมากอันดับสุดท้ายคือ วิธีเรียนช่วยให้ประเมินผลการเรียนของตนเองได้

ชัยรัตน์ สุอำนาจ (2547, บทคัดย่อ) ศึกษาผลการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และมีความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 45 คน โดยใช้เวลาในการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ 2 ชั่วโมง ผลการวิจัยครั้งนี้

พบว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังปฏิบัติการโครงการคณิตศาสตร์ สูงกว่าก่อนปฏิบัติการโครงการคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ปฏิบัติการโครงการคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับดี

ราตรี ทองสามสี (2547, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนาผลการเรียนรู้ เรื่อง โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยวิธีสอนแบบโครงการ เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ ศึกษาความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์และสำรวจความเห็นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อวิธีสอนแบบโครงการโดยเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ เรื่อง โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้เรื่อง โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยวิธีสอนแบบโครงการก่อนเรียนและหลังเรียน แตกต่างกัน นักเรียนมีความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับคุณภาพพอใช้ และเห็นด้วยต่อวิธีสอนแบบโครงการอยู่ในระดับมาก โดยมีความคิดเห็นว่ วิธีสอนแบบโครงการช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ นักเรียนสามารถ ดำเนินงานตามขั้นตอนที่วางไว้ ฝึกความเป็นผู้นำ แสดงความคิดเห็นและสามารถนำเสนอข้อมูล ได้ มีการบูรณาการความรู้ และสามารถนำไปใช้ในชีวิตรจริง และเกิดความภาคภูมิใจในผลงาน ของตนเอง

นิรันดร์ แสงกุหลาบ (2547, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้เรื่อง โจทย์ปัญหาทศนิยมและร้อยละของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค K-W-D-L และตามแนว สสวท. ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการเรียนรู้เรื่อง โจทย์ปัญหาทศนิยม และร้อยละของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค K-W-D-L สูงกว่า ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามแนว สสวท. 2) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เห็นด้วยในระดับมากต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค K-W-D-L และนักเรียนเห็นด้วยในระดับ ปานกลางต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนว สสวท.

สุลีพร สุภธีระ (2549, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอน วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการสอนที่เน้นทักษะกระบวนการ ทางคณิตศาสตร์ พบว่าการจัดการเรียนการสอนที่เน้นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จะทำให้คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

อรุณ โยธสิงห์ (2549, บทคัดย่อ) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนการสอนโครงการ คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม การเรียนการสอนโครงการคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วย ชุดกิจกรรมการเรียนการสอนโครงการคณิตศาสตร์และประเมินว่าโครงการคณิตศาสตร์ ที่นักเรียนทำอยู่ในระดับใด ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนและ ก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 เจตคติของนักเรียนต่อวิชาคณิตศาสตร์

หลังการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโครงงานคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี การทำโครงงานของนักเรียนอยู่ในระดับดี

ชาญ วังลึก (2550, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการสอนคณิตศาสตร์แบบแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติการ พัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วยวิธีการแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติการและเปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติการใช้เครื่องมือ คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสำรวจเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ และแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าการใช้วิธีแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติการมีระดับเฉลี่ยหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในระดับดีมาก เจตคติหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนด้วยวิธีแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติการทุกคุณลักษณะอย่างมีนัยสำคัญที่ .05

ปาริชาติ ดวงพระจันทร์ (2551, บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาความสามารถในการอ่าน คิดวิเคราะห์และเขียนข้อความโดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดบึงบัว กรุงเทพฯ พบว่าความสามารถในการอ่าน คิดวิเคราะห์และเขียนข้อความของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่สะสม .01

## 2. งานวิจัยต่างประเทศ

ซิลเดรสส์ (Childress, 1983, pp.3280-A) ศึกษาผลของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ต่อการพัฒนาทางสติปัญญาของเด็กวัยรุ่นตามทฤษฎีของเพียเจต์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาจำนวน 73 คน จาก 12 กลุ่มที่เรียนวิชาเคมี โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่ต้องทำโครงงาน กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่จะเลือกทำโครงงานหรือไม่ก็ได้ และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่ไม่ต้องทำโครงงาน ผลการศึกษาพบว่านักเรียนทั้ง 3 กลุ่มที่ผ่านการทดลองเป็นเวลา 9 สัปดาห์ มีระดับพัฒนาการเรียนรู้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดสอบความคิดเชิงตรรกพบว่านักเรียนที่ทำโครงงานจะมีพัฒนาการเรียนรู้ตามทฤษฎีของเพียเจต์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ทำโครงงาน

โฮวิก (Howick, 1992, pp.4283-A) ศึกษาเฉพาะกรณีของเด็กนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ทางทะเล เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์และเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเลกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน 19 คน ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่ผ่านกิจกรรมโครงงานเป็นเวลา 22 วัน มีความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมทางทะเลสูงขึ้น หลังการทำกิจกรรมนักเรียนเปลี่ยนเจตคติจากการมองสิ่งแวดล้อมด้านความงามทางทัศนียภาพเป็นปัญหาด้านมลภาวะ และกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ทางทะเลส่งเสริมเจตคติในทางบวกต่อแนวคิดด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

คราจคิก (Krajcik, 1994, pp. 483-497) ได้ศึกษารูปแบบความช่วยเหลือของครูมัธยมศึกษาตอนต้นในการดำเนินงานโครงการของนักเรียน ผลการศึกษาพบว่าการสอนโครงการได้มีการนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ในสภาพห้องเรียนที่แตกต่างกัน โดยนักเรียนจะเป็นผู้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าจากเรื่องที่ตนเองสนใจ ซึ่งส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับบทเรียนและดำเนินการค้นคว้า ปรัชญาและใช้เทคโนโลยี เนื่องจากการสอนโดยโครงการมีการดำเนินการที่แตกต่างจากการสอนวิธีอื่น ๆ ผู้สอนจำเป็นต้องช่วยเหลือนักเรียนที่เรียนอ่อน และต้องประสานงานเพื่อขอความร่วมมือความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญทั้งในด้านเนื้อหาและเทคโนโลยี เพื่อใช้เป็นข้อมูลพิจารณาโครงการของนักเรียน สำหรับนักเรียนจะวางแผนโครงการตามความคิดและประสบการณ์ ซึ่งจะมีการร่วมมือกันเองเมื่อประสบปัญหา หรือเมื่อโครงการมีความสัมพันธ์กับโครงการของผู้อื่น ลักษณะการสอนโครงการ ความร่วมมือ การให้ความช่วยเหลือ การดำเนินงานและผลที่ได้รับจากโครงการ เป็นการพัฒนาความคิดรวบยอดและมนุษยสัมพันธ์ทางวิชาการของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

แรมซีย์ (Ramsey, 1997, pp.786-A) ศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนวิชาแคลคูลัส 1 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาแบบดั้งเดิมและโดยวิธีโครงการ ผลการศึกษาพบว่าผลการสอบปลายภาค ไม่แตกต่างกัน จากการสัมภาษณ์โดยผู้วิจัยและครูผู้สอนเพื่อหาเหตุผลที่นักเรียนเลือกที่จะเสี่ยงเรียนวิชาแคลคูลัส 1 โดยวิธีโครงการมากกว่าการเรียนแบบดั้งเดิม พบว่านักเรียนมีความปรารถนาที่จะได้เห็นการเปลี่ยนแปลงในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ นักเรียนที่เรียนรู้โดยวิธีโครงการชอบการทำท่ายในห้องเรียน มีความสนุกสนานกับโครงการและการได้ลงมือทำเอง ประกอบกับการใช้เทคโนโลยีใหม่ ซึ่งตรงข้ามกับวิธีการเรียนรู้แบบดั้งเดิม นักเรียนมีความสามารถในการเรียนรู้วิชาแคลคูลัสแบบปฏิบัติจริง และแสดงการรับรู้ด้วยการปรับปรุงวิธีแก้ปัญหาและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ โครงการจะเป็นสิ่งเร้าภายนอกและพัฒนาทักษะการทำงานของนักเรียน

กาจ, แบร์โร, โรจาร์, พาส, และเมาร์เรอ (Garc, Berro, Rojas, Prats, & Montlaur, 2007, abstract) กล่าวถึงลักษณะการประเมินงานของนักเรียนจากการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน ซึ่งกล่าวถึงประโยชน์ในการประเมินว่าเป็นการประเมินสภาพจริงที่ ช่วยให้นักเรียนได้รู้ว่าเขากำลังทำอะไร และทำอย่างไร และได้ตรวจสอบงานของตนเอง ครูและนักเรียนเกิดความสัมพันธ์ที่ดี เกิดความต่อเนื่องและชัดเจน ในเนื้อหาที่เรียน และทำให้ครูและนักเรียน สามารถวางแผนขั้นต่อไป ของการเรียนการสอนได้ และลักษณะโครงการที่ประเมินต้องแสดงให้เห็นถึง นักเรียนได้เรียนรู้ทักษะในสภาพจริงของชีวิต มีการเรียนรู้ตลอดเวลาและในบริบทที่ใกล้เคียงความเป็นจริงของชีวิต มีความสอดคล้องกับมาตรฐาน และทำงานร่วมกับกลุ่มที่เป็นการดำรงชีวิตจริงในชุมชน ครูควรวางแผนในการประเมินโดย วางแผนและเตรียมเอกสารที่จะต้องให้พร้อม กำหนดให้ชัดเจนว่ากิจกรรมอะไรบ้างที่จะต้องประเมิน ระบุให้ชัดเจนว่าอะไรคือคุณค่าของโครงการที่มีที่จะต้องประเมิน และการประเมินควรมีหลากหลายรูปแบบ เช่น

ประเมินโดย ผู้ประเมินหลายกลุ่ม ประเมินหลายแบบ เช่น งานเดี่ยว งานกลุ่ม และงานที่ต้องประเมินทั้งชั้นเรียน และนอกจากนี้ ต้องมีการประเมินหลายรูปแบบ เช่น การเขียนรายงาน สังเกตการทำงาน การนำเสนอ การอภิปราย การตอบคำถาม การออกแบบโครงการและตรวจผลงานที่เกิดจากการทำงาน

David Morano (2007, p. 16) การทำโครงการวิทยาศาสตร์แบบทดลอง มีขั้นตอน คือ เริ่มที่การสังเกต การรวบรวมข้อมูล การกำหนดหัวข้อเรื่องของโครงการ การกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการ การกำหนดตัวแปร การตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน กำหนดและเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ทำการทดลอง บันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ผลและสรุปผล พร้อมด้วยตัวอย่างโครงการวิทยาศาสตร์แบบทดลอง

งานวิจัยเกี่ยวกับการสอนโดยวิธีสอนโครงการคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ทั้งในประเทศและต่างประเทศ จะเป็นงานวิจัยในด้านการหาประสิทธิภาพของแผนการสอนโดยวิธีสอนโครงการคณิตศาสตร์และการเปรียบเทียบการสอนโดยวิธีสอนโครงการคณิตศาสตร์กับวิธีสอนโดยใช้คู่มือครู ซึ่งส่วนใหญ่ผลการวิจัยพบว่าการสอนโดยวิธีสอนโครงการคณิตศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ต่อผู้เรียนสูงกว่า เมื่อพิจารณาทฤษฎีและหลักการ รวมถึงแนวทางต่าง ๆ ในการสอนโดยวิธีสอนโครงการคณิตศาสตร์ จึงได้กำหนดขั้นตอนวิธีสอนโครงการไว้ 6 ขั้นตอน คือขั้นที่ 1 การกำหนดจุดประสงค์ก่อนจะศึกษาว่าต้องการอะไรจากโครงการนั้น ขั้นที่ 2 การเลือกหัวข้อหรือปัญหาที่จะศึกษานักเรียนจะเป็นผู้คิดและเลือกด้วยตนเอง ขั้นที่ 3 การวางแผนในการทำโครงการ โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ เป็นเค้าโครง ขั้นที่ 4 การลงมือทำโครงการ ตามแผนงานที่ได้วางไว้ ขั้นที่ 5 การเขียนรายงาน เป็นการนำเสนอผลงานในรูปของตัวอักษร ขั้นที่ 6 การแสดงผลงาน การนำเสนองานโดยการอธิบายให้ผู้อื่นได้รับรู้ นำมาสร้างเครื่องมือในการวิจัยนี้