

## บทที่ 2

### วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

#### แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยขอนำเสนอกรอบแนวคิดที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการศึกษาในครั้งนี้ โดยแบ่งเนื้อหาเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การเรียนเพื่อรอบรู้ (Mastery Learning)

ตอนที่ 2 หลักสูตรและการประเมินผลเพื่อตรวจสอบความรอบรู้ตามจุดประสงค์  
ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ตอนที่ 3 ทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย (Gagne') กับการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์

ตอนที่ 4 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางการศึกษา

#### ตอนที่ 1 การเรียนเพื่อรอบรู้ (Mastery Learning)

##### หลักการเรียนเพื่อรอบรู้

วอทเบิร์น (Washburne, 1922 อ้างถึงใน วิชา รัชงาม, 2535) และมอริสัน (Morrison, 1926 อ้างถึงใน วิชา รัชงาม, 2535) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับหลักการเรียนเพื่อรอบรู้ว่ามีหลักการโดยทั่วไปดังนี้

1. การให้นิยามคำว่า รอบรู้ (mastery) ในลักษณะของวัตถุประสงค์ คือ เรียนแล้วบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน

2. เนื้อหาหรือประสบการณ์การสอนจัดในรูปของหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งแต่ละหน่วยจะประกอบด้วยเนื้อหา ประสบการณ์ อุปกรณ์ และกิจกรรมที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการเรียนเมื่อจบหน่วยการเรียนรู้แล้ว

3. นักเรียนต้องรอบรู้ในแต่ละตอน คือ ทำคะแนนได้ถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้ก่อนที่จะเริ่มเรียนเนื้อหาต่อไป เพราะถือว่าเนื้อหามีลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้ (hierarchy of learning) ซึ่งการเรียนตอนต่อไปต้องใช้ความรู้ในตอนต้นๆ ด้วย

4. มีการทดสอบเพื่อวินิจฉัยปัญหาการเรียนภายหลังจบกระบวนการเรียนในแต่ละหน่วยการเรียน ผลการสอบจะแจ้งให้นักเรียนรับรู้ว่านักเรียนมีความรอบรู้ในเนื้อหาแต่ละหน่วยหรือไม่ คะแนนจากการสอบจะเป็นสิ่งเสริมแรงในการเรียนไม่นำมาคิดระดับคะแนน

5. นำผลการทดสอบมาวินิจฉัยปัญหาของนักเรียน และให้คำแนะนำนักเรียนในการปรับปรุงตนเอง สอนใหม่เป็นกลุ่ม หรือเป็นรายบุคคล

6. เวลาของการเรียนไม่กำหนดตายตัว

### ความหมายของการเรียนเพื่อรอบรู้

บลูม (Bloom, 1976 อ้างถึงใน วิชา รักษาาม, 2535) ได้ให้ความหมายของการเรียนเพื่อรอบรู้ว่าเป็นระบบการเรียนการสอนที่พยายามปรับให้เหมาะสมกับความแตกต่างระหว่างบุคคล เพื่อให้ให้นักเรียนทุกคนได้พัฒนาอย่างเต็มที่ตามจุดประสงค์การสอนที่กำหนดไว้ มีการแก้ไขข้อบกพร่องระหว่างที่เรียน เมื่อสิ้นสุดการสอนแล้วนักเรียนทุกคนจะต้องมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับสูงโดยไม่คำนึงถึงความรู้หรือสติปัญญาที่แตกต่างกัน

ส่วน รุจิรี ภูสวระ (2530 อ้างถึงใน วิชา รักษาาม, 2535) ให้ความหมายของการเรียนเพื่อรอบรู้ได้ว่าเป็นวิธีการเรียนที่คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลเป็นสำคัญ โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะช่วยให้ผู้เรียนทุกคนหรือเกือบทุกคนประสบความสำเร็จตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และ วิชา รักษาาม (2535) ก็ได้สรุปความหมายของการเรียนเพื่อรอบรู้ไว้ว่า การเรียนเพื่อรอบรู้ หมายถึง กระบวนการเรียนการสอนที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการเรียนของนักเรียนให้มีความรู้ ความสามารถในการเรียนการสอนที่เรียนถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้ให้มากที่สุด โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล การปรับปรุงการเรียนการสอน และการใช้เวลาเรียนอย่างเพียงพอกับความต้องการของผู้เรียน

### รูปแบบการเรียนเพื่อรอบรู้ของบลูม

บลูม (Bloom, 1972 อ้างถึงใน วิชา รักษาาม, 2535) ได้เสนอวิธีการดำเนินการสอนตามกระบวนการเรียนเพื่อรอบรู้ โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นเตรียม ดำเนินการดังนี้

1. กำหนดหน่วยที่จะทำการสอน แล้วแบ่งเป็นหน่วยย่อยๆ ให้ใช้เวลาเรียนที่น้อยที่สุด ซึ่งจะช่วยให้การจัดการเรียนการสอนง่ายขึ้น

2. เขียนจุดมุ่งหมายของการเรียนในแต่ละหน่วย ในรูปของจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

3. เขียนข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของแต่ละหน่วยการเรียนรู้
4. เลือกวิธีการสอน
5. เลือกวิธีการสอนซ่อมเสริมเพื่อเตรียมไว้สำหรับแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นดำเนินการสอน ดำเนินการดังนี้

1. บอกผู้เรียนให้ทราบถึงจุดมุ่งหมายของการเรียนและวิธีการเรียนพร้อมกับตั้งเกณฑ์ที่ผู้เรียนต้องผ่าน
2. ตรวจสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียน โดยใช้แบบสอบวัดพื้นฐานความรู้ถ้ามีผู้ไม่ผ่านเกณฑ์ต้องเสริมสร้างพื้นฐานก่อนเริ่มเรียน
3. ดำเนินการสอนตามวิธีการที่เลือกไว้
4. เมื่อจบหน่วยการเรียนรู้หนึ่งๆ ทดสอบโดยใช้แบบทดสอบในแต่ละหน่วยการเรียนรู้
5. ถ้ามีผู้ไม่ผ่านเกณฑ์ต้องสอนซ่อมเสริมตามวิธีการที่เลือกไว้
6. หลังจากการสอนซ่อมเสริมแล้ว เริ่มบทเรียนใหม่ต่อไปจนจบ แล้วทดสอบด้วยแบบทดสอบรวม

### เกณฑ์การรอบรู้ (Mastery Level)

ขั้นตอนที่สำคัญตอนหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการเรียนเพื่อรอบรู้คือการกำหนดเกณฑ์ของสัมฤทธิ์ผลในการเรียนการสอนตามจุดมุ่งหมายของการเรียน ซึ่งเรียกว่าเกณฑ์การรอบรู้ (mastery level)

เกณฑ์การรอบรู้ (mastery level) หมายถึง ระดับผลสัมฤทธิ์ในการเรียนที่จะบอกว่าคุณเรียนคนใดมีความรอบรู้ในสิ่งที่เรียนแล้ว เช่น ในเนื้อหาหนึ่งถ้ากำหนดเกณฑ์การรอบรู้ไว้ 80% หลังจากเรียนจบแล้ว เมื่อมีการทดสอบนักเรียนจะต้องทำข้อสอบซึ่งมาจากจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมได้อย่างน้อย ร้อยละ 80 ของจำนวนข้อสอบทั้งหมด จึงจะถือว่านักเรียนคนดังกล่าวมีความรอบรู้ในเนื้อหาที่เรียนนั้นแล้ว

ในการกำหนดเกณฑ์การรอบรู้นั้น บลูม (Bloom, 1972 อ้างถึงใน วิภา รัชงาม, 2535) ได้เสนอแนะไว้ว่า เกณฑ์การรอบรู้ในการประเมินผลการเรียนการสอนอาจจะเป็น 80-90 เปอร์เซ็นต์

และจากผลการวิจัยเกี่ยวกับการกำหนดเกณฑ์การรอบรู้ของ สวีณา ออบสุวรรณ (2526) และระเบียบ กุศลอน (2527) (อ้างถึงใน วิภา รักษาม, 2535) พบว่า เกณฑ์การรอบรู้ที่เหมาะสมสมควรเป็น 70 เปอร์เซนต์

เกณฑ์การรอบรู้เกี่ยวข้องกับขั้นตอนของการจัดกระบวนการเรียนการสอนเพื่อรอบรู้ 2 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นการทดสอบ เมื่อนักเรียนทำแบบสอบหลังจากเรียนจบหน่วยแล้ว คะแนนของแบบทดสอบจากหน่วยการเรียนนั้นจะชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีความรอบรู้ในหน่วยการเรียนนั้นหรือยัง โดยเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้
2. ขั้นของการสอนซ่อมเสริม เมื่อนักเรียนทำแบบสอบแล้วพบว่าได้คะแนนไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดก็ต้องได้รับการสอนซ่อมเสริมด้วยวิธีการต่างๆ จนนักเรียนมีความรอบรู้ในเนื้อหาที่เรียนถึงเกณฑ์ที่กำหนด

## ตอนที่ 2 หลักสูตรและภาพประเมินผลเพื่อตรวจสอบความรู้ตามจุดประสงค์ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

### หลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา

เนื้อหาของหลักสูตรคณิตศาสตร์มีโครงสร้างอันประกอบด้วยพื้นฐานด้านต่างๆ 5 พื้นฐาน คือ

1. พื้นฐานทางจำนวน เป็นพื้นฐานที่มีขอบข่ายเนื้อหาเกี่ยวข้องกับเรื่องจำนวนนับ เศษส่วน ทศนิยม เป็นต้น
2. พื้นฐานทางพีชคณิต เป็นพื้นฐานที่มีขอบข่ายเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับพื้นฐานทางจำนวน เช่น สมการ
3. พื้นฐานทางการวัด เป็นพื้นฐานที่มีขอบข่ายเนื้อหาเกี่ยวข้องกับเรื่องการวัด ความยาว การชั่ง การตวง การหาพื้นที่ การหาปริมาตร ทิศ แผนที่ เวลา วัน เดือน ปี และเงิน เป็นต้น
4. พื้นฐานทางเรขาคณิต เป็นพื้นฐานที่มีขอบข่ายเนื้อหาเกี่ยวข้องกับเรื่องรูปเรขาคณิต และรูปทรงเรขาคณิต
5. พื้นฐานทางสถิติ เป็นพื้นฐานที่มีขอบข่ายเนื้อหาเกี่ยวข้องกับเรื่องการนำเสนอข้อมูลในรูปแผนภูมิและกราฟ

การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับนี้เน้นในด้านการพัฒนาความคิด ความเข้าใจ โดยใช้กิจกรรมของจริงหรืออุปกรณ์ ทั้งนี้การจัดประสบการณ์ในการเรียนการสอนคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาและการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

### ความมุ่งหวังที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน

หลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิด การคำนวณ สามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ และในการดำรงชีวิตให้มีคุณภาพ จึงต้องปลูกฝังให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีความรู้ ความเข้าใจ ในคณิตศาสตร์พื้นฐานและมีทักษะในการคิดคำนวณ
2. รู้จักคิดอย่างมีเหตุผลและแสดงความคิดออกมาอย่างมีระเบียบ ชัดเจน และรัดกุม
3. รู้คุณค่าของคณิตศาสตร์และมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์
4. สามารถนำประสบการณ์ทางด้านความรู้ ความคิด และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ และใช้ในชีวิตประจำวัน

### การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนกลุ่มคณิตศาสตร์

ในการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของหลักสูตรนั้น ครูควรต้องคำนึงถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้คณิตศาสตร์พื้นฐานที่กำหนดไว้ในหลักสูตร โดยพยายามให้ผู้เรียนได้เข้าใจในหลักการของคณิตศาสตร์ควบคู่กันไปด้วย เพราะความเข้าใจในหลักการจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นต่อไปได้

เมื่อผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้ว ครูควรจัดให้ฝึกทักษะให้เกิดความชำนาญ ถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว การฝึกทักษะมีความจำเป็นต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ครูจึงจำเป็นที่จะต้องให้ผู้เรียนฝึกให้มากพอ แบบฝึกหัดที่นำมาให้ผู้เรียนทำควรเป็นแบบฝึกหัดที่เริ่มจากง่ายไปหายากเพื่อให้ผู้เรียนอยากทำและอยากฝึกต่อไป นอกจากนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนควรเป็นกิจกรรมที่สร้างความสนใจของผู้เรียน เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดตามลำดับเหตุผล ให้โอกาสผู้เรียนในการแสดงความสามารถในการคิดและอธิบายตามลำดับเหตุผลของผู้เรียนด้วย กิจกรรมการเรียนการสอนที่จัดขึ้นควรมีความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาในหลักสูตรกับการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกการนำคณิตศาสตร์ไปใช้และเห็นคุณค่าของ

คณิตศาสตร์ ตลอดจนมีเจตคติที่ดีต่อวิชานี้ ครูควรจัดกิจกรรมโดยให้ปฏิบัติจริงหรือนำเหตุการณ์ที่ผู้เรียนประสบในชีวิตประจำวันมาเป็นแนวในการจัดกิจกรรม

นอกจากแนวทางดังกล่าว ในการจัดการเรียนการสอนของครูควรคำนึงถึงขั้นตอนการเรียนการสอนเนื้อหาคณิตศาสตร์ซึ่งสรุปได้ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2535)

1) ทบทวนพื้นฐานความรู้เดิมที่ต้องใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ ถ้าผู้เรียนยังไม่มีพื้นฐานความรู้เรื่องใด ควรจัดสอนทบทวนก่อน

2) สอนเนื้อหาใหม่ โดยพิจารณาจัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับเนื้อหาและวัยของผู้เรียน

3) ฝึกทักษะ เมื่อผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่สอนใหม่แล้ว ควรจัดให้ฝึกทักษะโดยให้โจทย์แบบฝึกหัด บัตรงาน หรือโจทย์ที่ครูสร้างขึ้นเอง โจทย์ที่นำมาฝึกทักษะควรเป็นโจทย์ที่เน้นเฉพาะทักษะการคิดคำนวณ และโจทย์ปัญหา ควรเป็นโจทย์ที่มีความยากง่ายพอเหมาะ

4) การประเมินผล การทดสอบว่าผู้เรียนมีความรู้ในเรื่องที่สอนไปหรือไม่นั้น ครูอาจทดสอบโดยให้ผู้เรียนปฏิบัติ หรืออาจใช้ข้อสอบก็ได้ ทั้งนี้ให้พิจารณาตามความเหมาะสมของเนื้อหา ในกรณีที่ทดสอบโดยใช้ข้อสอบควรสร้างข้อสอบให้วัดตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ทั้งนี้เพราะจุดประสงค์ในการวัดเพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาตามจุดประสงค์การเรียนรู้แล้วหรือไม่ ไม่ได้ต้องการทดสอบเพื่อวัดความเก่งของผู้เรียน

5) การสอนซ่อมเสริม ในกรณีที่ผู้เรียนสอบไม่ผ่านตามเกณฑ์การประเมินผลรายจุดประสงค์ ครูต้องจัดการสอนซ่อมเสริมสำหรับจุดประสงค์ที่ไม่ผ่านนั้น

### หลักการในการประเมินผลการเรียน

ในการประเมินผลการเรียนของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาชั้นนั้นมีหลักการดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2534)

1. ให้โรงเรียนมีหน้าที่ประเมินผล ดัดสน และอนุมัติผลการเรียนทุกชั้น

หลักสูตรประถมศึกษาฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2533 มีจุดหมายที่จะต้องพัฒนาผู้เรียนในด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย และด้านกระบวนการ ฉะนั้นในการตรวจสอบว่าผู้เรียนได้พัฒนาไปตามที่หลักสูตรกำหนดไว้หรือไม่ ผู้ตรวจสอบจำเป็นต้องอยู่ใกล้ชิดกับผู้เรียนและศึกษาพฤติกรรมของผู้เรียนมาโดยตลอด รู้จักและเข้าใจผู้เรียนในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี สามารถวัดและ

ประเมินผลได้ครอบคลุมตามจุดประสงค์ ดังนั้นผู้ที่ทำหน้าที่ได้ดีที่สุดก็คือ ครูผู้สอน ดังนั้น  
ระเบียบนี้จึงได้มอบอำนาจให้โรงเรียนทำหน้าที่ประเมินผลตัดสินและอนุมัติผลการเรียนทุกชั้น

ตามระเบียบนี้โรงเรียนมีหน้าที่ดังนี้

(1) วัดและประเมินผลการเรียนของผู้เรียนทุกประเภท ทั้งการประเมินผลก่อนเรียน การ  
ประเมินผลการผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนปลายภาคหรือปลายปี  
ทุกกลุ่มประสบการณ์ ทุกชั้นเรียน

(2) ตัดสินผลการเรียนโดยพิจารณาจากเกณฑ์การตัดสินในเรื่องเวลาเรียน การผ่านจุด  
ประสงค์การเรียนรู้และการประเมินผลการเรียนปลายปี

(3) อนุมัติผลการเรียนในแต่ละกลุ่มประสบการณ์ อนุมัติการเลื่อนชั้นเรียนและอนุมัติให้ผู้  
เรียนจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งถือว่าเป็นการจบหลักสูตรประถมศึกษาด้วย

2. ให้มีการประเมินผลการเรียนเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนและเพื่อตัดสินผลการเรียน  
การประเมินผลการเรียนเป็นกระบวนการต่อเนื่องของการเรียนการสอน เป็นกลไกอันที่จะ  
ปรับปรุงการเรียนของผู้เรียนให้ดีขึ้นและบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ อีกทั้งใช้เป็นข้อมูลในการ  
ปรับปรุงการสอนของครูให้ดีขึ้น ระเบียบข้อนี้จึงระบุให้นำผลการประเมินมาทำหน้าที่ 2 ประการ  
คือ

(1) เพื่อปรับปรุงการเรียน

(2) เพื่อตัดสินผลการเรียน

การประเมินผลเพื่อปรับปรุงการเรียน ควรกระทำอย่างต่อเนื่อง หรือเมื่อสิ้นสุดการสอนใน  
แต่ละหน่วยย่อย เมื่อพบว่านักเรียนคนใดมีความสามารถไม่ถึงเกณฑ์ของแต่ละจุดประสงค์ควรจะ  
ได้ศึกษาว่า ผู้เรียนมีข้อบกพร่องหรือมีจุดอ่อนในเรื่องใด แล้วจึงทำการสอนซ่อมเสริม เพื่อแก้ไขข้อ  
บกพร่อง จากนั้นจึงประเมินผลอีกครั้ง

**การประเมินผลเพื่อตรวจสอบความรอบรู้ตามจุดประสงค์ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์**

การประเมินผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์จะดำเนินการประเมินผลการรอบรู้ตามจุด  
ประสงค์โดยมีวิธีการดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2534)

### 1. การประเมินผลเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน ให้ถือปฏิบัติดังนี้

1.1 แจ้งให้นักเรียนทราบจุดประสงค์การเรียนรู้ วิธีการประเมินผล เกณฑ์การผ่าน จุดประสงค์การเรียนรู้ และเกณฑ์การผ่านกลุ่มประสบการณ์ก่อนทำการสอน

1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้จะต้องครอบคลุมพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย และเน้นกระบวนการ

1.3 ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้สอนจะต้องประเมินผลก่อนเรียน เพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐานและทักษะเบื้องต้นของนักเรียน

1.4 ระหว่างภาคเรียน ให้ผู้สอนประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นระยะ ๆ ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในสมุดประจำชั้น เพื่อพัฒนาการเรียนของนักเรียน และเพื่อประเมินผลการผ่านจุดประสงค์

1.5 เมื่อถึงปลายภาคเรียน หลังจากจบกระบวนการเรียนการสอนทุกกิจกรรมแล้ว ให้มีการประเมินผลการเรียนปลายภาค โดยให้เลือกประเมินเฉพาะจุดประสงค์ที่สำคัญ ให้ครอบคลุมทั้งด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย ทักษะพิสัย และเน้นกระบวนการเพื่อตรวจสอบความรู้ความสามารถตามที่กำหนดไว้ในภาคเรียนนั้น

2. การประเมินผลเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนตามข้อ 1.3, 1.4 และ 1.5 ถ้านักเรียนมีความรู้ความสามารถต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ของจุดประสงค์ ให้ผู้สอนวินิจฉัยหาข้อบกพร่องของนักเรียน แล้วสอนซ่อมเสริม โดยจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียน

3. ใช้ผลการประเมินตามข้อ 1.4 ในการตัดสินการผ่านจุดประสงค์ในแต่ละกลุ่มประสบการณ์ และให้ใช้ผลการประเมินปลายปี ตามข้อ 1.5 ในการตัดสินผลการเรียนของแต่ละกลุ่มประสบการณ์ เฉพาะชั้นประถมศึกษาปีที่ 2, 4 และ 6

จากหลักการในการประเมินผลการเรียนที่กล่าวมานั้นจะเห็นได้ว่า การประเมินผลการเรียนของนักเรียนจะประเมินตามจุดประสงค์การเรียนรู้ทั้งสิ้น ดังนั้นในระหว่างการเรียนการสอนครูจึงควรที่จะมีการตรวจสอบนักเรียนว่ามีความรอบรู้ในแต่ละจุดประสงค์ที่เรียนแล้วหรือยัง เพื่อจะได้ทำการสอนซ่อมเสริมได้ทันเวลาที่หากพบว่านักเรียนยังไม่รอบรู้ในจุดประสงค์การเรียนรู้ใดอันจะทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนที่สูงขึ้น



### ตอนที่ 3 ทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย (Gagne) กับการเรียนรู้การตอนคณิตศาสตร์

ในการวางแผนการสอนนั้น มีหลักยึดว่าจะทำอย่างไรจึงจะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ ดังนั้นในการจัดทำแผนการสอนจะต้องศึกษาจุดประสงค์ของบทเรียนนั้นว่ามีจุดประสงค์ให้เกิดสมรรถภาพทางด้านใด กาเย (Gagne) กล่าวว่าสมรรถภาพของมนุษย์นั้นแบ่งออกเป็น 5 ประการ คือ

1. ทักษะด้านเชาว์ปัญญา (intellectual skill) การที่จะทำให้เกิดทักษะทางเชาว์ปัญญาได้ นักเรียนจะต้องเรียนจากเรื่องที่ย้ายไปสู่เรื่องที่ยาก การที่นักเรียนจะพัฒนาความสามารถทางเชาว์ปัญญาได้เกิดจากการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล การเรียนรู้ทางด้านเชาว์ปัญญานั้นแบ่งออกได้ดังนี้

- 1.1 การเรียนรู้จากการจำแนก (discrimination learning)
- 1.2 การเรียนรู้ความคิดรวบยอด (concept learning)
- 1.3 การเรียนรู้กฎ (rule)
- 1.4 การแก้ปัญหา (problem-solving)

2. ยุทธศาสตร์การคิด (cognitive strategies) เมื่อนักเรียนได้เกิดการเรียนรู้จนเกิดทักษะทางเชาว์ปัญญาดังที่กล่าวแล้ว นักเรียนก็จะสามารถจำกฎต่างๆ และนำมาใช้แก้ปัญหาได้ และก็อยากเรียนรู้ต่อไปด้วยตนเอง ซึ่งจัดเป็นทักษะทางเชาว์ปัญญาที่พิเศษออกไป บุคคลที่สามารถคิดสิ่งต่างๆ ได้และมีวิธีการแปลกๆ นับว่าเป็นผู้มียุทธศาสตร์การคิด

3. ข้อเท็จจริงที่แสดงออกทางวาจา (verbal information) หมายความว่าคนสามารถที่จะบอกหรือกล่าวถึงข้อเท็จจริงหรือความคิดในรูปแบบของการกล่าวเป็นถ้อยคำออกมา

4. ทักษะการเคลื่อนไหว (moter skill) เป็นทักษะที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวทางกาย เช่น การเขียนหนังสือ การวาดรูป เป็นต้น ทักษะการเคลื่อนไหวนั้นนอกจากจะเกิดการเคลื่อนไหวทางกายอันเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อแล้วยังรวมถึงการเคลื่อนไหวทางสมองด้วย เพราะร่างกายจะแสดงพฤติกรรมได้ก็ต่อเมื่อเกิดการประสานงานที่ระหว่างกล้ามเนื้อประสาท

5. เจตคติ (attitude) ได้แก่ความรู้สึกที่คนมีต่อบุคคล ต่อสิ่งของ หรือต่อเหตุการณ์ เจตคตินี้เองจะเป็นสิ่งที่ช่วยให้คนทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งไปตามความรู้สึกนั้น

## ลำดับชั้นการเรียนรู้

### ความหมายของลำดับชั้นการเรียนรู้

กาเยและบริกส์ (Gagne' and Briggs, 1974 อ้างถึงใน กิตติ พัฒนตระกูลสุข, 2524) ได้ให้ความหมายของลำดับชั้นการเรียนรู้ไว้ว่า "หมายถึงการจัดเรียงจุดมุ่งหมายที่เกี่ยวกับทักษะทางเชาว์ปัญญาให้เป็นแบบแผน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานเหล่านั้น"

เซคโคและคูก (Sacco and Cook, 1976 อ้างถึงใน กิตติ พัฒนตระกูลสุข, 2524) ได้สรุปแนวคิดของกาเยเกี่ยวกับความหมายของลำดับชั้นการเรียนรู้ว่า "ลำดับชั้นการเรียนรู้เป็นวิธีการที่ผู้สอนจัดเรียงระดับของทักษะทางเชาว์ปัญญาให้เป็นแบบแผนเพื่อแสดงว่าสมรรถภาพที่เป็นความรู้พื้นฐานใดที่จำเป็นสำหรับระดับทักษะทางเชาว์ปัญญาที่สูงกว่า"

ดังนั้น ลำดับชั้นการเรียนรู้เกิดจากการวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีองค์ประกอบสัมพันธ์กันเป็นโครงสร้างทำให้ได้กลุ่มของสมรรถภาพทางเชาว์ปัญญา หรือ กิจกรรมการเรียนรู้ (learning tasks) หรือพฤติกรรมขั้นต่ำกว่า ซึ่งสามารถส่งเสริมการถ่ายโยงการเรียนรู้ไปสู่พฤติกรรมขั้นสูงกว่า ในที่สุดจะได้พฤติกรรมย่อยทั้งหลายที่เป็นพื้นฐานต่อกันเป็นลำดับจนถึงพฤติกรรมปลายทาง

### ประโยชน์ของลำดับชั้นการเรียนรู้

เรสนิก แมค วาง และ คาแพลน (Resnick, Mc Wang and Kaplan, 1974 อ้างถึงใน กิตติ พัฒนตระกูลสุข, 2524) ได้สรุปประโยชน์ของลำดับชั้นการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. ลำดับชั้นการเรียนรู้มีประโยชน์ต่อการสร้างแบบสอบ เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน
2. ช่วยให้ครูผู้สอนสามารถแก้ไขข้อบกพร่องในการเรียนรู้ได้ง่ายและตรงจุด เพราะในลำดับชั้นการเรียนรู้ของแต่ละหน่วยการเรียนได้กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแต่ละกิจกรรมอย่างเด่นชัด เมื่อสอบพฤติกรรมใด ถ้าผู้เรียนยังไม่เกิดความรู้รอบรู้ในพฤติกรรมนั้น ผู้สอนจะทราบได้ทันทีว่าผู้เรียนมีข้อบกพร่องในการเรียนรู้สำหรับพฤติกรรมที่ต่ำกว่าอะไรบ้าง
3. ลำดับชั้นการเรียนรู้ใช้จัดลำดับเนื้อหาให้ต่อเนื่องและทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ง่าย
4. ลำดับชั้นการเรียนรู้ทำให้การเรียนมีประสิทธิภาพขึ้น

### ทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย (Gagne') กับการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์

วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีลักษณะเป็นวิชาทักษะ ในการสอนวิชาที่มีลักษณะดังกล่าว จะต้องสอนตามลำดับขั้นของการเรียนรู้ ต้องมีการแบ่งทักษะที่ต้องเรียนรู้ว่าทักษะใดต้องเรียนก่อนทักษะใดต้องเรียนหลัง (Gagne', 1985)

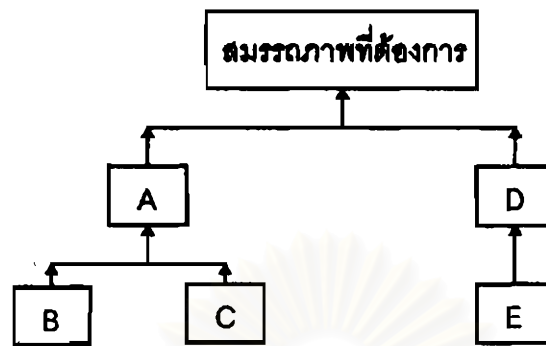
ในการเรียนบทเรียนแต่ละเรื่องนั้น ผู้สอนจะต้องตั้งเป้าประสงค์ (goal) ของการเรียนการสอนไว้ก่อน เพื่อเป็นแนวทางของการสอน การจัดลำดับขั้นการเรียนรู้ (learning hierarchy) คือ การจัดลำดับก่อนหลังของความสามารถที่จะเรียนรู้และนำไปใช้ของผู้เรียน ซึ่งแบ่งออกเป็นหน่วยย่อยๆ โดยที่แต่ละหน่วยย่อยนั้นจะมีเป้าประสงค์ของการเรียนรู้ของตัวเอง หน่วยย่อยเหล่านั้นก็คือ ทักษะแต่ละอย่างที่ผู้สอนต้องการให้ผู้เรียนกระทำได้โดยมีผลสัมฤทธิ์นั้นเอง การเรียงลำดับจะเริ่มจากทักษะย่อยหรือพฤติกรรมย่อยที่มีเป้าประสงค์อย่างง่าย ๆ หลายอันมาเรียงลำดับอย่างต่อเนื่องกันเพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายใหญ่ของบทเรียนที่วางไว้ตั้งแต่ต้น (Gagne', 1971 ช้างถึงในจันทร์ประกาย โพธิ์สุข, 2520)

กาเยเชื่อว่าปลายทางหรือสิ่งที่นักเรียนรู้ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการเรียนมีความสำคัญ เด็กอาจจะเรียนรู้โดยใช้วิธีการใดๆก็ได้ กาเยเรียกผลการเรียนรู้ปลายทางว่าสมรรถภาพ (capability) ซึ่งเป็นผลจากการเรียนเนื้อหาต่างๆ การเรียนเพื่อให้เกิดสมรรถภาพที่ต้องการครูจะต้องจัดประสบการณ์การเรียนรู้การสอนอย่างเหมาะสม

วิธีการของกาเยเริ่มจาก เมื่อครูกำหนดหัวข้อที่จะเรียนหรือสมรรถภาพที่ต้องการแล้วสิ่งแรกที่ครูต้องทำคือการวิเคราะห์งานว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง การวิเคราะห์งานมี 2 องค์ประกอบ ได้แก่ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2539)

1. องค์ประกอบที่ครูต้องทำเพื่อเสนอเนื้อหาใหม่หรือหลักการแก่นักเรียน ได้แก่ การให้คำจำกัดความของสมรรถภาพที่ต้องการ การเตรียมการ การแนะนำ การคิด

2. ลำดับเนื้อเรื่อง ได้แก่ การจัดลำดับเนื้อหาเพื่อพิจารณาว่าจะสอนเนื้อหาใดก่อนหลัง การวิเคราะห์เช่นนี้จะทำให้มองเห็นความสัมพันธ์หรือโครงสร้างของสมรรถภาพที่ต้องการว่าจะต้องประกอบด้วยเนื้อหาย่อยอะไรบ้าง และมีลำดับอย่างไร เนื้อหาใดจำเป็นต้องเรียนรู้อ่อนเพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนเนื้อหารันต่อไป ผลจากการวิเคราะห์งานเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังนี้



แผนภูมิที่ 1 พีระมิดแสดงลำดับชั้นการเรียนรู้

จากแผนภูมิการวิเคราะห์สมรรถภาพที่ต้องการ จะเห็นว่านักเรียนต้องเรียนเนื้อหา A และ D โดยก่อนจะเรียนเนื้อหา A ต้องเรียนเนื้อหา B และ C มาก่อน และก่อนจะเรียนเนื้อหา D ต้องเรียนเนื้อหา E มาก่อน ซึ่งหลักการดังกล่าวของกาฏเยนีตลอดคล้องกับทฤษฎีตั้งเป้า-ตอบสนอง ของ สกินเนอร์ (Skinner) โดยทฤษฎีของสกินเนอร์นั้นกล่าวว่า การเรียนรู้เปรียบเสมือนการเดินทางขึ้นบันได คือต้องดำเนินไปที่ระดับตามลำดับ เนื้อหาที่จะสอนจะถูกแบ่งเป็นส่วนย่อยๆ แล้วดำเนินการสอน เนื้อหาย่อยๆ เรียงไปตามลำดับชั้น ซึ่งทฤษฎีของกาฏเยนีและสกินเนอร์มีส่วนร่วมกันคือ การวิเคราะห์เนื้อหาออกมาเป็นส่วนย่อยๆ ซึ่งนักเรียนจะต้องเข้าใจเนื้อหาต้นๆ อย่างแตกฉานก่อน ที่จะก้าวไปเรียนเนื้อหาที่สลับซับซ้อนขึ้นต่อไปได้ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ถ้าผู้เรียนได้ผ่านการ เรียนรู้เนื้อหาในระดับสูงไปได้แล้ว ผู้เรียนนั้นย่อมสามารถกระทำกิจกรรมของทักษะขั้นต่ำกว่ามาก่อนได้แล้ว และในทำนองเดียวกันผู้เรียนที่ไม่สามารถใช้ทักษะขั้นต่ำได้ ย่อมจะล้มเหลวในการ เรียนรู้ทักษะขั้นที่สูงกว่า (จันทร์ประภา โทธิสุข, 2520)

#### ตอนที่ 4 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางการศึกษา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทต่อวงการศึกษามากขึ้น เช่น การนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปก็คือ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (computer-assisted instruction) และยังมีสื่อทางการศึกษาอื่นๆอีก มากที่ใช้คอมพิวเตอร์ รวมถึงในการปฏิรูปทางการศึกษาก็มีนโยบายว่าโรงเรียนทุกโรงเรียนควรมี การจัดการเรียนการสอนคอมพิวเตอร์ให้กับนักเรียน (ดาซด อบทม, 2540) และจากการศึกษา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการศึกษา และจากหนังสือที่เกี่ยวข้อง

กับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถสรุปแนวทางที่จะใช้ในการสร้างและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางการศึกษาได้ตามลำดับดังนี้ (จลีพร โกลากุล และคณะ, 2526; วัชรภรณ์ สุริยาภิวัฒน์, 2528; พลากร กรพิทักษ์, 2533; วันพร บั้นเก่า และธนาวรรณ จันทร์ตนไพญลย์, 2535; สายชล ชบทม, 2540)

1. การกำหนดปัญหา
2. การวิเคราะห์ปัญหา
3. การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์/การเขียนผังงาน
4. การเลือกภาษาคอมพิวเตอร์ที่จะใช้เขียนโปรแกรมและการเขียนโปรแกรม
5. การทดสอบโปรแกรมและการแก้ไขโปรแกรม
6. การจัดทำเอกสารประกอบการใช้โปรแกรม
7. การประเมินคุณภาพของโปรแกรม

ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนดังนี้

#### 1. การกำหนดปัญหา

เป็นขั้นตอนที่จะใช้ในการระบุว่าผู้วิจัยมีความประสงค์ที่จะศึกษาอะไร เมื่อได้ปัญหาที่จะทำการวิจัยแล้วผู้วิจัยจะต้องกำหนดประเด็นปัญหานั้นให้ชัดเจน

#### 2. การวิเคราะห์ปัญหา

เป็นขั้นตอนของการกำหนดขอบข่ายของงานหรือปัญหา โดยการรวบรวมรายละเอียดของปัญหาที่ศึกษา และการวิเคราะห์ปัญหาโดยละเอียด ซึ่งประเด็นสำคัญที่จะทำการวิเคราะห์มีดังนี้

2.1 **สิ่งที่ต้องการ** เป็นการพิจารณาอย่างกว้างๆ ถึงงานที่ต้องการให้คอมพิวเตอร์ทำ เช่น ต้องการให้คำนวณค่าเฉลี่ย ต้องการให้เรียงลำดับคะแนน เป็นต้น ซึ่งงานแต่ละชนิดที่ต้องการให้คอมพิวเตอร์แสดงผลหรืออย่างไรมันควรเขียนเป็นข้อๆให้ชัดเจน การพิจารณาสีที่ที่ต้องการอาจดูได้จากคำสั่งหรือปัญหาที่จะทำว่าต้องการให้คอมพิวเตอร์ทำอะไรบ้าง

2.2 ผลลัพธ์ที่ต้องการแสดง เป็นการวิเคราะห์ถึงลักษณะของรายงานหรือแบบของผลลัพธ์ที่ต้องการให้คอมพิวเตอร์แสดงออกมาว่าควรจะมีลักษณะอย่างไร มีรายละเอียดที่ต้องการจากรายงานนั้นมากน้อยเพียงใด

2.3 ข้อมูลที่ต้องนำเข้า หลังจากวิเคราะห์ถึงลักษณะของผลลัพธ์ที่ต้องการแล้ว ก็ทำการวิเคราะห์ต่อว่าถ้าหากต้องการผลลัพธ์ดังกล่าว ข้อมูลที่จะนำเข้าเพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำงานควรมีอะไรบ้าง จะมีลักษณะหรือรูปแบบเป็นอย่างไร ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้านั้นนอกจากจะดูจากลักษณะของผลลัพธ์แล้ว บางครั้งอาจจะต้องคำนึงถึงขั้นตอนในการประมวลผลด้วย

2.4 ตัวแปรที่ใช้ เป็นการกำหนดชื่อแทนความหมายของข้อมูลต่างๆ เพื่อสะดวกในการอ้างถึงข้อมูลนั้น และรวมไปถึงการเขียนโปรแกรม ในการตั้งชื่อตัวแปรควรตั้งให้มีความหมายเกี่ยวข้องกับข้อมูล และอยู่ภายใต้กฎเกณฑ์ของภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม โดยทั่วไปการตั้งชื่อตัวแปรจะพิจารณาจากความหมายของข้อมูลว่าตรงกับคำใดในภาษาอังกฤษ แล้วนำมาดัดแปลงให้เข้ากับหลักเกณฑ์ของภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมนั้นๆ

2.5 วิธีการประมวลผล เป็นการบอกวิธีการหรือการคำนวณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามต้องการ โดยเริ่มตั้งแต่การสั่งให้คอมพิวเตอร์รับข้อมูลเข้าไป การประมวลผล และจนถึงกระทั่งการแสดงผลลัพธ์ที่ได้ออกมา ในขั้นตอนนี้ได้ทำอย่างละเอียดก็จะช่วยให้การเขียนโปรแกรมนั้นง่ายขึ้น

### 3. การออกแบบโปรแกรม

เป็นการกำหนดลำดับและความครบถ้วนของโปรแกรม โดยแสดงให้เห็นถึงว่าโปรแกรมนั้นมีขั้นตอนตั้งแต่ต้นจนจบอย่างไรบ้าง สำหรับวิธีการในการออกแบบขั้นต้นนั้นมีหลายวิธี เช่น การเขียนอัลกอริทึม ซึ่งจะอธิบายการทำงานแต่ละขั้นตอนด้วยคำหรือประโยคที่สื่อความหมายให้เข้าใจได้ง่ายหรืออาจมีรูปประโยคที่คล้ายคำสั่งภาษาคอมพิวเตอร์ซึ่งเรียกว่า Pseudo Code หรือโดยใช้การเขียนผังงาน (flowchart) ซึ่งใช้สัญลักษณ์เป็นรูปแทนขั้นตอนต่างๆ การออกแบบโปรแกรมขึ้นก่อนการเขียนโปรแกรมจะช่วยให้ขั้นตอนในโปรแกรมถูกต้องรัดกุม ประโยชน์อีกประการก็คือถือเป็นเอกสารอ้างอิงที่ดีสำหรับกรณีที่ต้องการศึกษาขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเพื่อต้องการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม หรือเพื่อเพิ่มลำดับขั้นตอนการทำงานในโปรแกรมในภายหลัง

### 4. การเลือกภาษาคอมพิวเตอร์และการเขียนโปรแกรม

ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานต่างๆ ที่แสดงไว้ในผังงานให้อยู่ในรูปแบบของภาษาคอมพิวเตอร์ที่ต้องการ โดยที่ภาษาที่เลือกใช้ในการเขียนโปรแกรมจะขึ้นอยู่กับลักษณะ

และประเภทของงานที่ทำ และนอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงขีดจำกัดของเครื่องและตัวแปลภาษาของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ รวมทั้งการพิจารณาถึงความถนัดและความชำนาญของผู้เขียนโปรแกรมด้วยว่าสามารถจะใช้ภาษาที่เลือกนั้นได้หรือไม่ ในการเขียนคำสั่งด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ต่างๆ ต้องอยู่ในรูปแบบที่ถูกต้องตามหลักการเขียนของภาษานั้นๆ เพราะถ้ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น โปรแกรมแปลภาษาจะไม่สามารถแปลความหมายของคำสั่งนั้นได้ ขั้นตอนการปฏิบัติการของโปรแกรมก็จะไม่เกิดขึ้น

#### 5. การทดสอบโปรแกรมและการแก้ไขโปรแกรม

การทดสอบและการแก้ไขโปรแกรมหมายถึงการตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของคำสั่งหรือโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อหาข้อผิดพลาดของโปรแกรมที่จะทำให้เครื่องไม่สามารถให้ผลลัพธ์ออกมาตามที่ต้องการได้ ซึ่งข้อผิดพลาดมี 2 ชนิดคือ

1) ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการเขียนรหัสคำสั่งไม่ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์ของภาษาคอมพิวเตอร์ที่เลือกใช้ ซึ่งเรียกว่า syntax error หรือ coding error ข้อผิดพลาดดังกล่าวเครื่องคอมพิวเตอร์จะสามารถตรวจสอบและแสดงข้อผิดพลาดให้เราทราบได้

2) ข้อผิดพลาดทางตรรก (logic error) เป็นข้อผิดพลาดที่ทำให้ผลลัพธ์ไม่ถูกต้องเกิดขึ้นเนื่องจากการกำหนดลักษณะของงานหรือวิธีการและขั้นตอนในการทำงานผิดพลาด เช่น ผู้เขียนโปรแกรมต้องการให้เครื่องประมวลผลโดยการนำค่า A ไปบวกกับค่า B แต่เขียนเครื่องหมายผิดเป็นลบ ก็จะทำให้ค่าที่คำนวณได้ไม่ถูกต้อง เราสามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดนี้ได้โดยการใช้ข้อมูลทดสอบ (test data) หรือข้อมูลที่ทราบคำตอบในขั้นปฏิบัติการ (execution run)

ฉะนั้นเพื่อให้ได้โปรแกรมที่มีความถูกต้องเชื่อถือได้จึงจะต้องมีการทดสอบโปรแกรม การทดสอบโปรแกรมเพื่อหาข้อผิดพลาดทำได้ดังนี้

##### 1) การตรวจสอบโปรแกรมก่อนนำโปรแกรมเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์

วิธีการนี้จะเป็นการตรวจสอบโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาว่าสามารถทำงานได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการหรือไม่เป็นการตรวจสอบความผิดพลาดทางตรรก โดยทำการสมมติข้อมูลขึ้นมาแล้วกระทำตามขั้นตอนที่เขียนไว้ในโปรแกรมตั้งแต่ต้นจนจบ โดยสมมติว่าเป็นการปฏิบัติงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ ด้วยวิธีการเช่นนี้จะเป็นการกำจัดความผิดพลาดทางตรรกได้มากที่สุดก่อนจะส่งโปรแกรมเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป

## 2) การตรวจสอบโปรแกรมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

เมื่อทำการตรวจสอบโดยขั้นที่ 1 แล้วก็จะส่งโปรแกรมเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ พร้อมข้อมูลสมมติที่จะใช้ทดสอบ ในขั้นต้นเครื่องจะทำการตรวจสอบ syntax error หรือข้อผิดพลาดทางไวยากรณ์ ถ้ามีที่ผิดเครื่องคอมพิวเตอร์จะแสดงข่าวสารข้อผิดพลาดนี้ออกมา ถ้าไม่มีข้อผิดพลาดดังกล่าวเครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการพิมพ์ผลลัพธ์ออกมาได้ ในขั้นนี้ผู้เขียนโปรแกรมจะตรวจสอบข้อผิดพลาดทางตรรกโดยพิจารณาจากผลลัพธ์ที่ได้ว่าตรงกับคำตอบที่กำหนดไว้หรือไม่

## 6. การจัดทำเอกสารประกอบโปรแกรม

เนื่องจากการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยประมวลผลข้อมูลต่างๆ ส่วนมากจะเป็นการทำงานที่ต่อเนื่องและใช้ระยะเวลายาวนาน ซึ่งเมื่อมีการใช้ไประยะหนึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงทำให้โปรแกรมที่มีอยู่เดิมไม่เหมาะสมที่จะใช้งาน จึงต้องมีการพัฒนาโปรแกรมขึ้นใหม่ หรืออาจจะแก้ไขโปรแกรมที่มีอยู่ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน ถ้าได้มีการทำเอกสารประกอบการพัฒนาโปรแกรมไว้ก็จะเป็นการสะดวกในการใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขโปรแกรม ในการทำเอกสารนั้นควรเริ่มทำและรวบรวมตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการพัฒนาโปรแกรมมาตามลำดับ มิฉะนั้นอาจทำให้สิ้นได้ โดยเฉพาะการพัฒนาโปรแกรมที่มีขนาดใหญ่ซึ่งใช้เวลานาน เอกสารสำหรับโปรแกรมเขียนได้ 2 แบบดังนี้ (สายรด อบทม, 2540)

### 6.1 เอกสารสำหรับผู้ใช้โปรแกรม เนื้อหาของเอกสารควรประกอบด้วย

- 6.1.1 รายละเอียดขอบเขตความสามารถของโปรแกรม
- 6.1.2 รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้กับโปรแกรม
- 6.1.3 รายละเอียดของผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม
- 6.1.4 รายละเอียดของคำสั่งที่จะใช้ เพื่อให้โปรแกรมเริ่มต้นทำงาน
- 6.1.5 รายละเอียดของการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม
- 6.1.6 ความหมายต่างๆของข่าวสารที่โปรแกรมแสดงออกมา

6.2 เอกสารแสดงเทคนิคที่ใช้ในโปรแกรม จะเป็นประโยชน์มากสำหรับผู้เขียนโปรแกรมผู้อื่นที่จะทำการดัดแปลงหรือปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมเพื่อใช้งานที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน เนื้อหาของเอกสารควรประกอบด้วย

- 6.2.1 รายละเอียดที่อธิบายส่วนต่างๆที่ใช้ในโปรแกรม ซึ่งจะทำให้



ทราบว่าโปรแกรมนี้มีขั้นตอนการทำงานอย่างไรบ้าง  
 6.2.2 รายละเอียดของเทคนิคต่างๆที่ใช้ในแต่ละส่วนของโปรแกรม

7. การประเมินคุณภาพของโปรแกรม

การประเมินคุณภาพของโปรแกรมทำได้ 2 แนวทางคือ

1. การประเมินโดยผู้พัฒนาโปรแกรม ซึ่งจะประเมินในด้านต่างๆดังนี้

- 1.1 ความสามารถของโปรแกรมในการจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานของผู้ใช้โปรแกรมโดยอัตโนมัติ
- 1.2 ความถูกต้องในการสั่งงานตามต้องการ
- 1.3 ความเชื่อถือได้ของระบบในการใช้งาน
- 1.4 ความทนทานต่อความผิดพลาดของผู้ใช้
- 1.5 ความเร็วในการทำงานของโปรแกรม

2. การประเมินโดยผู้ใช้โปรแกรม เป็นการประเมินผลย้อนกลับของผู้ใช้โปรแกรมในด้านต่างๆดังนี้

- 2.1 ความชัดเจนและความสอดคล้องของคู่มือการใช้โปรแกรม
- 2.2 รูปแบบการใช้โปรแกรม ในด้านการรับข้อมูล การดำเนินงานของโปรแกรม การแสดงผลและขั้นตอนการใช้งาน

จากการศึกษาถึงหลักการเรียนเพื่อรอบรู้ หลักในการประเมินผลการเรียนคณิตศาสตร์ และจากทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเยกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาวิธีการตรวจสอบความรอบรู้ตามจุดประสงค์ในการคิดคำนวณพื้นฐานในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้น ป.3 ขึ้น โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งหลักการในการตรวจสอบความรอบรู้ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับหลักการเรียนรู้ของกาเยที่เชื่อว่าการเรียนรู้นั้นเป็นไปอย่างมีลำดับขั้น ทักษะหรือเนื้อหาลำดับขั้นที่ต่ำกว่าจะเป็นพื้นฐานของการเรียนเนื้อหาหรือทักษะที่สูงกว่า และสอดคล้องกับหลักการประเมินผลการเรียนคณิตศาสตร์ที่ประเมินผลการเรียนของนักเรียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้