

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์เรื่องความคล้าย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเซนต์โยเซฟระยอง จังหวัดระยอง ผู้วิจัยได้ศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัย แบ่งเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงงานคณิตศาสตร์

1. ความหมายของโครงงานคณิตศาสตร์
2. หลักการของกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์
3. จุดมุ่งหมายของโครงงานคณิตศาสตร์
4. ประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์
5. ขั้นตอนการทำโครงงานคณิตศาสตร์
6. การประเมินโครงงานคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์

1. ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์
2. ทฤษฎีพัฒนาสติปัญญาของบรูเนอร์
3. ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ
4. ทฤษฎีการเรียนรู้ของกานเย

ตอนที่ 3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานคณิตศาสตร์
2. บทบาทของครูที่ปรึกษาโครงงานคณิตศาสตร์

ตอนที่ 4 การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

1. ความหมายของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
2. คณิตศาสตร์กับการเชื่อมโยง
3. มาตรฐานการเชื่อมโยง

ตอนที่ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์

ตอนที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์

1.1 ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ นักการศึกษาหลายท่านรวมทั้งสถาบันการศึกษาหลายแห่งได้ให้ความหมายของคำว่า โครงการคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2541: 1) ให้ความหมายว่า โครงการคณิตศาสตร์ เป็นงานที่ผู้ทำได้คิดอย่างอิสระในเรื่องที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ เช่น โครงการที่สามารถประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตจริง คณิตศาสตร์กับสิ่งแวดล้อม คณิตศาสตร์กับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี โครงการนี้จะช่วยให้นักเรียนพัฒนาความคิดอย่างอิสระ และช่วยพัฒนาความเชื่อมั่นในการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ การทำโครงการนี้ไม่ใช่เป็นการเพิ่มเนื้อหาให้กับนักเรียน แต่จะเป็นการฝึกปฏิบัติงานที่ให้นักเรียนหาข้อสงสัยตั้งสมมติฐาน ทดลองและสืบสวน แล้วรวบรวมข้อมูลมาเพื่อหาข้อสรุป เผยแพร่หรือนำเสนอรายงานข้อค้นพบเหล่านั้นด้วยตนเอง เป็นการส่งเสริมให้ผู้ทำโครงการได้คิดอย่างอิสระ มีการพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2542: 5-6) สรุปว่า โครงการคณิตศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีตามความถนัดและความสนใจ ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) ภายใต้การแนะนำปรึกษาช่วยเหลือ และดูจากอาจารย์ที่ปรึกษาและ/หรือผู้ทรงคุณวุฒิ

สมวงษ์ แปลงประสพโชคและคณะ (2544: 1) กล่าวว่า โครงการคณิตศาสตร์ เป็นผลการทำงานหรือการแก้ปัญหา เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง ด้วยกระบวนการปฏิบัติที่เป็นขั้นตอน ที่มีการวางแผนไว้ล่วงหน้า มีการอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการทำงานหรือแก้ปัญหานั้น

สุวรร กาญจนมยุร (2544: 2) กล่าวว่า โครงการคณิตศาสตร์ เป็นงานที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้า วิจัยเกี่ยวกับองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ หรือเป็นงานที่เกิดจากการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ของสาขาวิชาการอื่นหรือใช้เป็นเทคนิคในการแก้ปัญหานักเรียนแต่ละคน หรือแต่ละกลุ่ม ได้ศึกษาค้นคว้า วิจัยหาความรู้ โดยการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองตามความรู้ความสามารถและความสนใจในปัญหา หรือข้อสงสัยที่ตนอยากรู้ อยากเข้าใจได้คำตอบที่ถูกต้องและชัดเจน ภายใต้การแนะนำดูแลของครูหรือผู้เชี่ยวชาญที่เป็นที่ปรึกษาที่คอยช่วยเหลือ ตรวจสอบความถูกต้องขององค์ความรู้ที่นักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มค้นพบ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์และคณะ (2553: 25) ให้ความหมายว่า การทำโครงการ หมายถึงการศึกษาเพื่อค้นพบความรู้ใหม่และวิธีการใหม่ ด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยใช้วิธีการทาง วิทยาศาสตร์ มีครูอาจารย์และผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คำปรึกษา ความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่และ วิธีการใหม่นั้นทั้งนักเรียนและครูไม่เคยรู้หรือมีประสบการณ์มาก่อน (Unknown by all)

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2554 : 13-6)กล่าวว่า โครงการคณิตศาสตร์ เป็นกิจกรรมการ เรียนรู้คณิตศาสตร์ซึ่งนักเรียนมีโอกาส ได้สำรวจศึกษา ค้นคว้า ทำความเข้าใจ แก้ปัญหาหรือแก้ ข้อสงสัย เชื่อมโยงความรู้หรือขยายองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในประเด็นที่สนใจ รวมทั้งการ ประดิษฐ์คิดค้นสร้างสรรค์สิ่งใหม่โดยประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนได้คิดและทำ อย่างอิสระภายใต้การดูแลให้คำแนะนำของครูที่ปรึกษาหรือผู้รู้

จากการศึกษาการให้ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยได้สรุป ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำ ความรู้ หลักการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหาที่ตนเองสนใจที่จะศึกษาค้นคว้า และลงมือปฏิบัติจริงตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจ เป็นไปตามลำดับขั้นตอน ภายใต้การให้คำแนะนำเสนอแนะแนวทางของครูผู้สอนจนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ การทำ โครงการคณิตศาสตร์อาจจะทำเป็นงานเดี่ยวหรืองานกลุ่มก็ได้

1.2 หลักการของกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์

ชัยศักดิ์ สิลจารีสกุล (2542: 6) กล่าวว่า หลักการที่สำคัญของกิจกรรมโครงการ คณิตศาสตร์ ควรมีลักษณะดังนี้

1. เป็นเรื่องเกี่ยวกับคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีหรือความจริงและการนำไปใช้ ประโยชน์ ซึ่งหมายถึง โครงการคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นต้องยึดหลักความจริงที่เป็นอยู่ตามธรรมชาติ
2. เป็นการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เพื่อเป็นการฝึกให้นักเรียนคิดเป็น ทำ เป็น และแก้ปัญหาเป็น โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์
3. คำนึงถึงเสรีภาพและเศรษฐกิจ หมายถึง การให้เสรีภาพแก่ผู้ทำโครงการใน เรื่องที่จะทำโดยคำนึงถึงวัสดุอุปกรณ์และเงินทุนที่มีอยู่เป็นองค์ประกอบ

สุวรร กาญจนมบุตร (2544 : 3) กล่าวว่าโครงการคณิตศาสตร์ควรคำนึงถึง หลักการที่สำคัญดังนี้

1. เป็นเรื่องที่สอดคล้องหรือตรงตามเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์
2. เป็นเรื่องที่น่าสนใจ หรือมีข้อสงสัยและต้องการหาคำตอบ โดยการศึกษา ค้นคว้าวิจัยอย่างลุ่มลึก ทำให้รู้จริง รู้แจ้งด้วยวิธีการและแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้

3. เป็นการเรียนรู้ที่มีระบบ มีกระบวนการที่ถูกต้องและสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ทุกขั้นตอน

4. เป็นเรื่องใหม่ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และใช้อ้างอิงได้

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2554: 13-15) กล่าวว่าการจัดกิจกรรมให้นักเรียนทำโครงงานคณิตศาสตร์ควรคำนึงถึงหลักการที่สำคัญดังนี้

1. เป็นเรื่องเกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ หรือมีความเชื่อมโยงกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์

2. หัวข้อหรือเรื่องที่ทำโครงงานต้องเป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจ ต้องการศึกษาค้นคว้า หาความรู้ หาคำตอบ นักเรียนเป็นผู้ริเริ่มวางแผนและดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นเพียงผู้ชี้แนะและให้คำปรึกษา เพื่อเป็นการฝึกให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น

3. เรื่องที่ทำโครงงานต้องเป็นเรื่องใหม่ ไม่เป็นการลอกเลียนหรือดัดแปลงจากโครงงานที่มีอยู่ก่อนแล้ว แต่สามารถต่อยอดหรือพัฒนาโครงงานที่มีอยู่แล้วในแง่มุมใหม่ที่เป็นตัวของตัวเอง ต้องแสดงถึงการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

4. การทำโครงงานคณิตศาสตร์เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มจากการเลือกหัวข้อที่ตนเองสนใจจะศึกษา กำหนดจุดประสงค์ วางแผนการศึกษาค้นคว้า ดำเนินการรวบรวมข้อมูล และสรุปผลการศึกษาค้นคว้า

กล่าวโดยสรุปหลักการสำคัญของกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์มีดังนี้

1. เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ กับประเด็นปัญหาที่ตนสนใจสงสัย ต้องการหาคำตอบ โดยอาศัยความรู้หลักการ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับวิชาอื่นๆและนำไปใช้ประโยชน์ได้

2. เป็นการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง หาคำตอบด้วยการปฏิบัติจริง และแก้ปัญหาเป็น โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

3. เป็นเรื่องใหม่ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และใช้อ้างอิงได้ ให้อิสระความคิดแก่ผู้เรียน

1.3 จุดมุ่งหมายของโครงงานคณิตศาสตร์

เพื่อให้การทำโครงงานคณิตศาสตร์บรรลุผลตามจุดมุ่งหมายของการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ นักการศึกษาและและสถาบันต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของโครงงานคณิตศาสตร์ดังนี้

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2542 : 6) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของโครงการคณิตศาสตร์ไว้ว่า

1. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรัก ความสนใจ และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์
2. เพื่อพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา
3. เพื่อให้นักเรียนนำความรู้คณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน หรือออกแบบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ได้ โดยตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของวิชาคณิตศาสตร์
4. เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
5. เพื่อให้นักเรียนรู้จักใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์
6. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออก พร้อมทั้งได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานของตนเอง

7. เพื่อพัฒนาความรับผิดชอบและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
8. เพื่อส่งเสริมการศึกษาค้นคว้า หรือวิจัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ที่มีความสนใจและความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2554: 14-15) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมให้นักเรียนทำโครงการคณิตศาสตร์มีจุดมุ่งหมายดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ในชีวิตจริง และสามารถนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง เป็นการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย รวมทั้งการนำไปบูรณาการกับสาระการเรียนรู้อื่น ๆ
2. เพื่อส่งเสริมและกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจ มีความตระหนักในประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์
3. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า หรือวิจัยทางคณิตศาสตร์ และเพิ่มพูนความรู้ตามความถนัดและความสนใจตามศักยภาพของตน
4. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้มีทักษะในการอ่าน คิดวิเคราะห์ และการเขียน มีความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ สามารถนำมาใช้ในการเผยแพร่ผลงานของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้
5. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในงานที่ตนเองได้รับมอบหมาย มีทักษะในการแสวงหาความรู้ ได้พัฒนาทักษะทางสังคม ทักษะการดำรงชีวิต และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

6. เพื่อพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการใช้ทักษะและกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงอย่างมีระบบเป็นขั้นตอน

7. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออกในความสามารถทางคณิตศาสตร์ สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ รวมทั้ง การสังเคราะห์ การนำเสนอแนวคิดใหม่ ๆ ที่ไม่เคยมีมาก่อน

8. เพื่อให้นักเรียนมีวิสัยทัศน์ทางคณิตศาสตร์ พัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และรู้จักใช้เวลาว่างให้เกิดประโยชน์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 152) กล่าวถึง จุดมุ่งหมายการ ิรงงานคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้นำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง

2. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการ และความสามารถทางคณิตศาสตร์

3. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ศึกษา ค้นคว้า หรือทำวิจัยทางคณิตศาสตร์ และเพิ่มพูนความรู้ตามความถนัดและความสนใจ

4. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีทักษะการสื่อสารที่นำมาใช้ในการเผยแพร่ผลงานของตนเอง

5. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

6. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของคณิตศาสตร์ และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

กล่าวโดยสรุปการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์มีจุดมุ่งหมายดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน หรือออกแบบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ได้ โดยตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของวิชาคณิตศาสตร์

2. เพื่อส่งเสริมสามารถในการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง รวมทั้งการนำไปบูรณาการกับสาระการเรียนรู้อื่นๆ

3. เพื่อส่งเสริมความสามารถของนักเรียนในการใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงอย่างมีระบบเป็นขั้นตอน

4. เพื่อให้นักเรียนรู้จักใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์

5. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในงานที่ตนเองได้รับมอบหมาย มีทักษะในการแสวงหาความรู้ เพิ่มพูนความรู้ตามความถนัดและความสนใจ ได้พัฒนาทักษะทางสังคม ทักษะการดำรงชีวิต และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

6. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้มีทักษะการสื่อสารที่นำมาใช้ในการเผยแพร่ผลงานของตนเอง ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออก พร้อมทั้งได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานของตนเอง

1.4 ประเภทของโครงการงานคณิตศาสตร์

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2542: 7-8 อ้างถึงใน การศึกษาค้นคว้าของสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ 2530: 45 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2529: 4-8 ชีระชัย บุรณโชติ 2531 ก: 5-9 และ Sherburne 1975: 9) ได้จำแนกประเภทของโครงการงานคณิตศาสตร์ออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภททดลอง (Experimental Research Project)

โครงการงานประเภทนี้เป็นการศึกษาคำตอบของปัญหาใดปัญหาหนึ่งโดยการออกแบบทดลองและดำเนินการทดลอง เพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการทราบ หรือเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ขั้นตอนของการทำงานประเภทนี้ประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง ซึ่งจะต้องมีการควบคุมตัวแปรอิสระ หรือตัวแปรเพื่อผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตาม การแปลผลและสรุปผลการทดลอง เซอร์เบิร์น (Sherburne 1975: 9) แยกโครงการงานประเภทการทดลองออกเป็นสองประเภท คือ โครงการงานประเภทการทดลองเพื่อแก้ปัญหาบางอย่างโดยไม่ต้องควบคุมตัวแปร กับโครงการงานประเภทการทดลองที่ต้องมีการควบคุมตัวแปรที่สำคัญ

2. โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภทสำรวจ (Survey Research Project) โครงการงานประเภทนี้เป็นกิจกรรมการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาความรู้ที่มีอยู่หรือเป็นอยู่ในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยใช้วิธีการสำรวจและรวบรวมข้อมูลแล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาจัดกระทำ

3. โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภทการพัฒนาหรือประดิษฐ์ (Development Research Project) โครงการงานประเภทนี้อาจเป็นการพัฒนา หรือประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้หรืออุปกรณ์ต่างๆ ให้ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยการประยุกต์ทฤษฎีหรือหลักการทางคณิตศาสตร์ อาจเป็นการประดิษฐ์สิ่งใหม่ๆ ที่ยังไม่เคยมีมาก่อน หรือการปรับปรุงอุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ที่มีอยู่แล้วให้ใช้งานได้ดีกว่าเดิม รวมทั้งอาจเป็นการเสนอหรือปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดเพื่อแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง

4. โครงการงานประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบาย (Theoretied Research Project) โครงการงานประเภทนี้เป็นโครงการที่ผู้ทำจะต้องเสนอแนวคิดใหม่ๆ ในการอธิบายเรื่องใด

เรื่องหนึ่งอย่างมีเหตุผล มีหลักการทางคณิตศาสตร์หรือทฤษฎีสนับสนุน หรือเป็นการอธิบายปรากฏการณ์เก่าในแนวใหม่ อาจเสนอรูปคำอธิบาย สูตร หรือสมการ โดยมีข้อมูลหรือทฤษฎีอื่นสนับสนุน การทำโครงงานประเภทนี้ผู้ทำจะต้องมีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างดี และต้องศึกษาค้นคว้าเรื่องราวที่เกี่ยวข้องอย่างมากจึงจะสามารถสร้างคำอธิบายหรือทฤษฎีได้

สุวร กาญจนมยุร (2544 : 3-17) ได้แบ่งประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์

ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. โครงงานที่ทำให้เกิดองค์ความรู้ตามเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เป็นงานที่เกิดจากการศึกษา ค้นคว้า วิจัยเกี่ยวกับองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ สิ่งที่ศึกษา ค้นคว้า แล้วค้นพบอาจเป็นข้อเท็จจริง (Facts) ความคิดรวบยอด (Concepts) สมบัติต่างๆ (Properties) หลักการ (Principles) กฎ (Laws) วิธีการพิสูจน์ (Methods of Proof) เทคนิคคิดเลขเร็ว กลวิธีคิด (Strategies) หรือทฤษฎี (Theories) ก็ได้

2. โครงงานที่นำความรู้ หลักการทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ของสาขาวิชาอื่นหรือใช้เป็นเทคนิคในการแก้ไขปัญหา เป้าหมายหลักของการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ก็เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ และมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ หรือมีศักยภาพทางคณิตศาสตร์ (Mathematical power) ซึ่งหมายถึง ความมีพลังหรือมีความสามารถในการใช้คณิตศาสตร์ในกิจกรรมต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 152-153) จำแนกประเภทของโครงงานเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. โครงงานคณิตศาสตร์ประเภทสำรวจรวบรวมข้อมูล เป็นการศึกษาหาความรู้ทางคณิตศาสตร์ด้วยการสำรวจตรวจสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล การทำโครงงานประเภทนี้มีขั้นตอนที่ประกอบด้วย การสืบค้นข้อมูล การสำรวจตรวจสอบ การรวบรวมข้อมูล การนำข้อมูลมาจัดกระทำในรูปแบบที่เหมาะสม การวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ

2. โครงงานคณิตศาสตร์ประเภททดลอง เป็นการศึกษาหาคำตอบของปัญหาโดยการตรวจสอบข้อความคาดการณ์หรือสมมติฐานที่ตั้งไว้ ด้วยการทดลองหรือลงมือปฏิบัติจริง ขั้นตอนการทำโครงงานประเภทนี้ประกอบด้วย การกำหนดและทำความเข้าใจปัญหา สร้างข้อความคาดการณ์หรือตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง ทำการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบผลที่ได้จากข้อความคาดการณ์หรือตั้งสมมติฐานที่ตั้งไว้ แปลผลและสรุปผลการทดลอง

3. โครงงานคณิตศาสตร์ประเภทพัฒนาหรือประดิษฐ์ เป็นการสร้างพัฒนาหรือประดิษฐ์ชิ้นงานที่กำหนดเป็นเป้าหมายไว้แล้ว ด้วยการประยุกต์ใช้ความรู้หรือมโนทัศน์ทาง

คณิตศาสตร์ ผลงานที่ได้อาจเป็นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ หรือปรับปรุงสิ่งประดิษฐ์ที่มีอยู่แล้ว ตลอดจนการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้อธิบายเนื้อหาสาระหรือโมทัศน์ต่างๆด้วย

4. โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภทสร้างทฤษฎีหรือสร้างคำอธิบาย เป็นการเสนอแนวคิดหรือวิธีการใหม่โดยมีทฤษฎีทางคณิตศาสตร์สนับสนุน หรือการนำเสนอแนวคิดเดิมในรูปแบบใหม่หรือใช้ทฤษฎีอื่นๆที่แตกต่างจากเดิมในการอธิบายหรือพิสูจน์แนวคิดหรือวิธีการที่นำเสนอ

สมวงษ์ แปลงประสพโชค (2552: 5) ได้กล่าวถึง เอเดรียน แอล เฮสส์ (Adrien L. Hess) ซึ่งได้จำแนกประเภทของโครงการ ตามลักษณะงานทางคณิตศาสตร์ที่นำมาทำโครงการได้ ดังนี้

1. งานศึกษาค้นคว้า เช่น นักเรียนอาจสนใจว่า $\pi, +, -, \times, \div$ มีความเป็นมาอย่างไร ใครคิดประดิษฐ์ขึ้นมา มีสัญลักษณ์อื่นๆอีกหรือไม่ ที่แทนความหมายเดียวกัน หรืออาจสนใจประวัติความเป็นมาของหน่วยการวัด ประวัติความเป็นมาของคณิตศาสตร์แขนงต่างๆ เป็นต้น

2. งานสร้างทฤษฎีบทหรือสูตรใหม่ๆ เป็นงานที่นักเรียนต้องใช้วิธีการสังเกตรูปแบบ อาจมีการทดลองเพื่อสร้างสมมติฐานหรือข้อคาดเดา จากนั้นจึงตรวจสอบโดยวิธีพิสูจน์ ซึ่งสิ่งที่พิสูจน์ได้จะถูกยอมรับว่าเป็นทฤษฎีบท เช่น นักเรียนทดลองนำจำนวนคี่ที่เรียงตามลำดับมารวมกัน แล้วศึกษาหาผลรวมสังเกตพบว่า ผลรวมน่าจะเท่ากับกำลังสองของจำนวนเทอมข้อสรุปที่ได้จากการสังเกตนี้ยังไม่เป็นที่ยอมรับจนกว่าเราจะพิสูจน์ในรูปทั่วไปได้

3. งานประยุกต์ความรู้ไปใช้ เป็นงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ สร้างเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ในชีวิตที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เช่น การออกแบบลายผ้า ออกแบบลายกระเบื้อง ด้วยรูปเรขาคณิต งานประเภทสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ สรุปเป็นความรู้ใหม่ เช่น ข้อสรุปเกี่ยวกับอัตราการเกิดอุบัติเหตุในถนน อัตราเพิ่มจำนวนสัตว์เลี้ยง อัตราการนำสินค้าจากนอกหมู่บ้านเข้ามาในหมู่บ้าน ค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงสัตว์เลี้ยง ฯลฯ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2553: 28-29) แบ่งประเภทของโครงการออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. โครงการประเภทสำรวจ เป็นการสำรวจความรู้ที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ หรือสภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน โครงการประเภทนี้เป็นโครงการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจนั้นมาจำแนกเป็นหมวดหมู่ และนำเสนอแบบต่างๆ อย่างมีแบบแผน เพื่อให้เห็นถึงลักษณะหรือความสัมพันธ์ของเรื่องดังกล่าวได้ชัดเจนยิ่งขึ้น การปฏิบัติตามโครงการนี้นักเรียนจะต้องไปศึกษา รวบรวมข้อมูล

ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น สอบถาม สัมภาษณ์ สํารวจโดยใช้เครื่องมือ เช่น แบบสังเกต แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ แบบบันทึก ฯลฯ ในการรวบรวมข้อมูลที่ต้องการศึกษา

2. โครงการทดลอง โครงการประเภทนี้เป็นโครงการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งว่าจะเกิดอะไรหรือจะมีอะไรเกิดขึ้น เมื่อมีการทดลองสิ่งที่จัดการกระทำขึ้น คือ ตัวแปรต้น เพื่อศึกษาว่าจะมีผลต่อตัวแปรควบคุมที่อาจมีผลต่อตัวแปรตาม

3. โครงการประดิษฐ์ โครงการประเภทนี้เป็นโครงการที่มีวัตถุประสงค์คือ การนำความรู้ทฤษฎี หลักการหรือแนวคิดมาประยุกต์ใช้ โดยการประดิษฐ์เป็นเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการเรียนการทำงาน หรือการใช้สอยอื่นๆ การประดิษฐ์คิดค้นตามโครงการนี้อาจเป็นการประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่ โดยที่ยังไม่มีใครทำ หรืออาจเป็นการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง และดัดแปลงของเดิมที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าที่เป็นอยู่ รวมทั้งการสร้างแบบจำลองต่างๆ โครงการประเภทนี้มีการทดลองเพื่อปรับปรุงแก้ไขเป็นระยะเรียกว่า โครงการทดลองเชิงพัฒนา
ปรีชา เนาว่าเย็นผล (2554 : 13 -8,13-9) แบ่งประเภทโครงการคณิตศาสตร์เป็น 7 ประเภท ดังนี้

1. โครงการที่สัมพันธ์กับบทเรียน เป็นโครงการที่มีความเชื่อมโยงกับบทเรียนโดยตรง เช่น การสรุปสาระสำคัญของบทเรียนตามความเข้าใจ การสร้างข้อคำถามหรือโจทย์ปัญหาที่สอดคล้องกับบทเรียนนั้นขึ้นมาเองพร้อมกับแสดงการหาคำตอบ การนำความรู้จากบทเรียนไปอธิบายสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง การหาตัวอย่างเพิ่มเติม ถือเป็นการจัดการความรู้ของผู้จัดทำโครงการ โครงการประเภทนี้รวมทั้งการนำความรู้จากบทเรียนไปใช้แก้ปัญหาที่สัมพันธ์กับบทเรียนโดยตรง ซึ่งเป็นปัญหาที่นักเรียนศึกษาค้นคว้าหรือกำหนดขึ้นมาจาก ทั้งนี้ต้องมีวิธีการนำเสนอโครงการที่น่าสนใจกว่าการทำแบบฝึกหัดตามปกติ โครงการประเภทนี้เหมาะกับนักเรียนที่เพิ่งเริ่มต้นเรียนรู้การทำโครงการ โดยทำเป็นโครงการเล็กๆ อย่างง่ายที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการทำแบบฝึกหัดที่นักเรียนคุ้นเคย เป็นการนำโครงการมาใช้เป็นกิจกรรมที่ดำเนินการควบคู่ไปกับกิจกรรมการเรียนการสอน

2. โครงการประยุกต์ใช้ความรู้ เป็นโครงการที่นำความรู้ สมบัติทางคณิตศาสตร์ หรือทฤษฎีบทไปอธิบายปรากฏการณ์ สถานการณ์ต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมรอบตัว รวมถึงการนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง และการนำไปใช้ในศาสตร์อื่นๆ ซึ่งผู้จัดทำโครงการต้องมีความถนัดในเนื้อหาคณิตศาสตร์นั้นๆ ตามความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียนของนักเรียน เช่น การนำความรู้เรื่องเลขยกกำลังไปอธิบายการแพร่กระจายของเชื้อโรค การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ การอธิบายการเกิดเสียงดนตรีโดยใช้ลำดับเรขาคณิต

3. โครงการงานเชิงทฤษฎี เป็นโครงการที่สร้างข้อความคาดการณ์จากการสังเกต ค้นหาความสัมพันธ์จากตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่าง โดยการใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย การสร้างสูตรหรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวนี้ อาจสร้างใหม่ขึ้นมาเอง (ซึ่งมีโอกาสเป็นไปได้ค่อนข้างน้อยสำหรับนักเรียนทั่วไป) หรืออาจเป็นสิ่งที่มียู่แล้ว แต่นำมาอธิบายให้เกิดความชัดเจนตามความเข้าใจของผู้จัดทำโครงการ นอกจากนี้ยังรวมถึงโครงการที่เกิดจากความสนใจศึกษาเนื้อหา คณิตศาสตร์ในเชิงลึก หรือในบางแง่มุมที่น่าสนใจ การเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์เนื้อหาต่างๆ เช่น การอธิบายความเกี่ยวข้องกันของเศษส่วน ทศนิยม อัตราส่วน และร้อยละ

4. โครงการงานเชิงสำรวจ เป็นโครงการที่มุ่งศึกษาเหตุการณ์ กิจกรรม สิ่งต่างๆ ที่มีอยู่ในชีวิตจริง มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมรอบตัว หรือมีอยู่ในธรรมชาติ โดยการใช้การสำรวจ เก็บรวบรวมข้อมูลมาศึกษา วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แปลความหมายและอธิบายให้ผู้อื่นเข้าใจ โครงการงานเชิงสำรวจรวมถึงการสำรวจความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ เป็นฐานความรู้ไปสู่การวิจัยเชิงสำรวจ

5. โครงการงานประดิษฐ์คิดค้น เป็นโครงการที่มีผลของการดำเนินงานหรือผลลัพธ์ที่อยู่ในรูปสิ่งประดิษฐ์ หรือแนวคิดที่เป็นของตนเอง สร้างสรรค์คิดค้นขึ้นจากความรู้ สมบัติทางคณิตศาสตร์ หรือทฤษฎี รวมถึงการใช้เครื่องมือ นวัตกรรม และเทคโนโลยีทางคณิตศาสตร์ในการสร้างสรรค์ เช่น โครงการงานประดิษฐ์เครื่องดูการปูแผ่นกระเบื้องที่มีลวดลายโดยใช้การแปลงทางเรขาคณิต การออกแบบลายผ้าจากฟังก์ชันโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad : (GSP) การสร้างสิ่งประดิษฐ์โดยใช้สื่อคอมพิวเตอร์ต่างๆ

6. โครงการงานเชิงทดลอง เป็นโครงการที่มีลักษณะใกล้เคียงกับโครงการงานเชิงทดลองทางวิทยาศาสตร์ มีการกำหนดปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ ตั้งสมมติฐานอย่างมีเหตุผลเพื่อคาดเดาคำตอบ ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน และสรุปผลการทดลอง ตัวอย่างโครงการงานคณิตศาสตร์เชิงทดลอง เช่น โครงการงานสร้างนาฬิกาโดยใช้การไหลออกของน้ำ โครงการงานเชิงทดลองบางโครงการอาจเป็นการแสดงการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล

7. โครงการงานเชิงประวัติศาสตร์ เป็นโครงการที่ศึกษาเกี่ยวกับประวัติความเป็นมาของเรื่องราวต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ เช่น ประวัติของสัญลักษณ์ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ ประวัติของจำนวนและตัวเลข ประวัตินักคณิตศาสตร์และผลงานทางคณิตศาสตร์ การคิดค้นและการหาข้อค้นพบต่างๆ ทางคณิตศาสตร์

ประเภทและลักษณะของโครงการพอสรุปได้ ดังนี้ คือ 1.โครงการประเภทสำรวจ 2. โครงการทดลอง 3.โครงการประดิษฐ์คิดค้น 4.โครงการประยุกต์ใช้ความรู้ 5.โครงการเชิงทฤษฎี

1.5 ขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงขั้นตอนการทำโครงการที่แตกต่างกัน ดังนี้ สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2541 1-3) ได้ให้แนวทางในการจัดทำโครงการคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ ก่อนจะทำโครงการจะต้องกำหนดจุดประสงค์เสียก่อนว่าต้องการอะไรในการที่จะทำโครงการนั้น
2. การเลือกหัวข้อเรื่อง ควรเป็นเรื่องที่ผู้ทำโครงการสนใจและเชื่อมโยงกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ควรพิจารณาข้อมูลต่างๆประกอบให้รอบด้านว่าเพียงพอหรือไม่ ก่อนที่จะกำหนดหัวข้อเรื่อง
3. การวางแผนโครงสร้างและจำกัดขอบเขตของงาน เมื่อเลือกหัวข้อได้แล้วก็ต้องวางแผนโครงสร้างและจำกัดขอบเขตของงานว่าจะมีขอบเขตกว้างหรือแคบเพียงใด เพราะบางเรื่องทำได้ยาก จึงจำเป็นต้องจำกัดขอบเขตไว้ เนื่องจากการทำโครงการจะต้องคำนึงถึงเวลา วัสดุประกอบ และอื่นๆ อีกมากมาย
4. การวางแผนและลงมือปฏิบัติ เมื่อวางแผนโครงสร้างและจำกัดขอบเขตแล้วก็เริ่มวางแผนว่าต้องการข้อมูลอะไรบ้าง ใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในเรื่องใด จะหาข้อมูลเหล่านั้นได้ที่ไหนจะไปถามใคร หรือจะไปค้นคว้าข้อมูล ณ ที่ใด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเรื่องที่ทำโครงการ เพราะบางครั้งอาจจะต้องออกสำรวจ ซึ่งจะต้องอาศัยเครื่องมือ มาถึงขั้นตอนนี้ ถ้าทำงานกลุ่มก็ต้องแบ่งงานกันอย่างรอบคอบ ให้ทุกคนได้มีโอกาสร่วมกัน มีการประชุมปรึกษากันเป็นระยะๆ มีการประเมินผลงานระหว่างปฏิบัติ และประเมินหลังสิ้นสุดโครงการ ซึ่งจะต้องเตรียมวางแผนไว้ว่าจะประเมินอย่างไร
5. การบันทึกข้อมูลและการนำเสนอผลงาน เมื่อรวบรวมข้อมูลได้แล้วจะบันทึกข้อมูลในรูปแบบใด ควรจะดูให้สอดคล้องกับโครงการที่ทำ ซึ่งอาจจะเป็นตาราง แผนภูมิแท่ง แผนภูมิรูปวงกลม กราฟ สร้างแบบจำลองหรืออาจจะคำนวณโดยใช้การหาค่าเฉลี่ย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงการ การนำเสนอผลงานอาจจะรายงานปากเปล่าหรือเขียนรายงาน การเขียนรายงานก็ควรจะมีรูปแบบในการเขียน ผลงานบางชิ้นก็อาจจะมีวัสดุประกอบการรายงาน หรือบางชิ้นก็อาจื่อนำเสนอโดยการจัดนิทรรศการ จึงควรเลือกนำเสนอให้เหมาะกับลักษณะโครงการนั้นๆ

6. การประเมินโครงการ อาจทำได้โดยผู้ทำโครงการประเมินตนเอง หรือบุคคลอื่นทำการประเมิน ซึ่งควรจะประเมินในหัวข้อต่อไปนี้

- 1) ความสำคัญของการจัดทำโครงการ
- 2) เนื้อหาของโครงการ
- 3) การนำเสนอโครงการ

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2542: 8-13) ได้เสนอขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การคิดจะเลือกหัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา เป็นขั้นตอนอันดับแรกของการทำโครงการ ดังนั้นจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด และยากที่สุด หัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษานั้นควรให้นักเรียนเป็นผู้คิดและเลือกด้วยตนเอง โดยที่หัวข้อเรื่องของโครงการควรมีความเฉพาะเจาะจง และชัดเจน มุ่งชัดว่าจะศึกษาสิ่งใดหรือตัวแปรใดและควรเป็นเรื่องที่แปลกใหม่ ซึ่งแสดงถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ด้วย

2. การวางแผนในการทำโครงการ ขั้นตอนนี้เป็นการวางแผนในการทำโครงการ รวมถึงการเขียนเค้าโครงของโครงการ ซึ่งต้องมีการวางแผนหรือวางรูปโครงการไว้ล่วงหน้า เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างรัดกุมและรอบคอบไม่สับสน แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอความเห็นชอบก่อนดำเนินการขั้นต่อไป

3. การลงมือทำโครงการ เมื่อเค้าโครงผ่านความเห็นชอบของที่ปรึกษาโครงการแล้วนักเรียนเริ่มลงมือทำโครงการ โดยปฏิบัติตามแผนการดำเนินงานซึ่งประกอบด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูล การสร้างหรือประดิษฐ์ การปฏิบัติการทดลอง การค้นคว้าเอกสารต่างๆ ซึ่งสุดท้ายแล้วแต่จะเป็นโครงการประเภทใด อาจเป็นการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมจากแผนงานที่วางไว้ในตอนแรกบ้างก็ได้ เมื่อดำเนินการทำโครงการครบถ้วนตามขั้นตอนได้ข้อมูลแล้ว ควรมีการตรวจสอบผลการทดลองด้วยการทดลองซ้ำเพื่อให้ได้ผลที่แน่นอน หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลแปลผลและสรุปผลการศึกษาค้นคว้า พร้อมทั้งอภิปรายผลการศึกษาค้นคว้าไม่ว่าผลนั้นจะตรงตามความคาดหมายหรือตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ก็ตาม

4. การเขียนรายงานโครงการคณิตศาสตร์ เป็นการเสนอผลการศึกษาค้นคว้า เพื่ออธิบายให้ผู้อื่นทราบแนวคิดหรือปัญหาที่ศึกษา วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมได้ ผลของการศึกษา ตลอดจนประโยชน์และข้อเสนอแนะต่างๆ ที่ได้จากโครงการ การเขียนรายงานควรใช้ภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย ชัดเจน สั้นๆ และตรงไปตรงมา

5. การแสดงผลงานเป็นงานชิ้นสุดท้ายและสำคัญอีกประการหนึ่งของการทำโครงการ เป็นการเสนอผลงานที่ได้ศึกษาค้นคว้าสำเร็จลงด้วยความคิด ความพยายามของผู้ทำ

โครงการให้คนอื่นได้รับรู้และเข้าใจถึงผลงาน การวางแผนออกแบบเพื่อจัดแสดงผลงานนั้นมีความสำคัญเท่าๆกับการทำโครงการนั่นเอง ผลงานที่ทำขึ้นจะดีเยี่ยมเพียงใด แต่ถ้าจัดแสดงผลงานทำได้ไม่ดีก็เท่ากับไม่ได้แสดงความดีเยี่ยมของผลงาน ดังนั้นการวางแผนดังกล่าวต้องอาศัยเวลาและคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ ที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งคือผู้ชมหรือผู้ฟัง การแสดงผลงานนั้นอาจทำได้ในรูปแบบต่างๆกัน เช่น การแสดงในรูปนิทรรศการ ซึ่งมีการจัดแสดงและการอธิบายด้วยคำพูดหรือในรูปแบบของการจัดแสดงโดยไม่มีการอธิบายประกอบหรือในรูปของรายงานแบบปากเปล่า การแสดงผลงานการทำโครงการคณิตศาสตร์อาจจัดทำได้ในหลายระดับ เช่น การจัดเสนอผลงานภายในชั้นเรียน การจัดนิทรรศการภายในโรงเรียน การส่งผลงานเข้าประกวดในงานแสดงหรือประกวดในระดับต่างๆ

สุวรรณ กาญจนมยุร (2544: 20) จัดลำดับขั้นตอนต่างๆ ในการทำโครงการให้ต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขั้นสุดท้าย ซึ่งมี 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเลือกหัวเรื่องที่จะทำโครงการ เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ของการทำโครงการคณิตศาสตร์ หัวข้อเรื่องที่นักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มเลือกทำเป็นโครงการคณิตศาสตร์นั้น โดยมากจะเป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจหรือเป็นเรื่องเกี่ยวกับปัญหาหรือข้อสงสัยที่นักเรียนอยากรู้อยากเข้าใจและต้องการแก้ปัญหาหรือต้องการหาคำตอบที่ถูกต้องให้ได้ด้วยตนเอง หัวข้อเรื่องที่นักเรียนจะเลือกทำเป็นโครงการคณิตศาสตร์ต้องเป็นเรื่องเฉพาะเจาะจงและมีความชัดเจนว่าจะศึกษา ค้นคว้า เรื่องใด ถ้าเป็นเรื่องที่แปลกใหม่หรือมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์หรือเป็นเรื่องที่เป็นประโยชน์แล้วก็จะทำให้โครงการที่นักเรียนทำนั้น มีคุณค่าต่อนักเรียนและสังคมสืบไป
2. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง กับหัวข้อเรื่องที่ทำโครงการนั้นจะทำให้นักเรียนได้แนวคิดที่หลากหลาย การกำหนดขอบข่ายของหัวข้อเรื่องที่ศึกษาค้นคว้า การวางแผนดำเนินการทำโครงการนั้นได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม นักเรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจในการเข้าไปใช้แหล่งความรู้ต่างๆให้ถูกต้องตามระเบียบของการใช้แหล่งความรู้เหล่านั้น ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาต้องแนะนำเทคนิคและวิธีการต่าง ในการไปค้นหาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ประการสำคัญก็คือ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการต้องไม่อนุญาตให้นักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่ม ลงมือทำโครงการโดยไม่ได้ศึกษาค้นคว้า หาความรู้จากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อเรื่องที่ทำโครงการอย่างเพียงพอ

3. การจัดทำเค้าโครงของโครงการ การศึกษา ค้นคว้า วิจัยเกี่ยวกับปัญหาหรือข้อสงสัยและต้องการหาคำตอบในรูปของโครงการคณิตศาสตร์ อาจใช้แบบฟอร์ม (Format) การเขียนเค้าโครงของโครงการคณิตศาสตร์ แบบฟอร์มการเขียนโครงการคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

- 1) ชื่อโครงการ เขียนเป็นข้อความที่กะทัดรัดและชัดเจน สามารถสื่อความหมายได้ตรงว่า โครงการนี้ต้องการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องอะไร

- 2) ชื่อผู้ทำโครงการ ให้ระบุชื่อตัว ชื่อสกุลของนักเรียนผู้ทำโครงการว่ามีกี่คน ใครบ้างทำเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม
- 3) ระดับชั้น ให้ระบุระดับชั้นที่นักเรียนผู้ทำโครงการเรียนอยู่
- 4) ชื่อที่ปรึกษาโครงการ ให้ระบุชื่อที่ปรึกษาโครงการ ซึ่งอาจจะเป็นอาจารย์ผู้สอนหรือผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้ทรงคุณวุฒิที่เป็นที่ปรึกษาในการทำโครงการนี้ว่า มีกี่คน ใครบ้าง
- 5) ความเป็นมา (หลักการและเหตุผล) เขียนข้อความเพื่ออธิบายว่า โครงการนี้มีความสำคัญอย่างไร บอกถึงเหตุผลที่เลือกหัวข้อนี้มาทำโครงการให้ชัดเจน และบอกว่า เรื่องนี้เป็นเรื่องใหม่ไม่มีใครทำมาก่อน หรือเรื่องนี้มีผู้อื่นเคยศึกษา ค้นคว้า มาแล้ว และมีผลการค้นคว้าเป็นอย่างไร แต่ต้องการค้นคว้าซ้ำอีกเพื่อตรวจสอบผลที่เคยค้นคว้าไว้แล้วหรือต้องการศึกษาเพิ่มเติมให้ลุ่มลึกลงไปอีก
- 6) จุดประสงค์ บอกจุดประสงค์ในการศึกษา ค้นคว้า ให้ชัดเจน และสามารถวัดได้
- 7) เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ให้ระบุเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ของเรื่องที่จะศึกษาตามโครงการนี้เกี่ยวกับเรื่องใด ระบุเรื่องให้ชัดเจน
- 8) วิธีดำเนินการ ให้ระบุขั้นตอนการดำเนินงานของหัวข้อเรื่องที่จะศึกษาให้ชัดเจนตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดท้าย
- 9) การนำเสนอผลงาน อาจนำเสนอผลงานโดย เขียนรายงาน วิดีทัศน์ประกอบคำบรรยาย CD-ROM ประกอบคำบรรยาย จัดป้ายนิเทศและจัดนิทรรศการ
- 10) ข้อเสนอแนะ อาจเขียนข้อสังเกตที่สำคัญหรือข้อคลาดเคลื่อนบางประการในขณะที่ทำโครงการหรือเขียนเป็นข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไขหรือนำไปศึกษาค้นคว้าในเรื่องทำนองนี้ต่อไปในอนาคต
- 11) เอกสารอ้างอิง ต้องระบุชื่อผู้แต่ง ชื่อหนังสือที่ใช้ศึกษา ค้นคว้า ในการทำโครงการนี้

4. การลงมือทำโครงการ หลังจากโครงการได้รับความเห็นชอบจากที่ปรึกษาแล้ว นักเรียนก็เริ่มลงมือทำงานตามแผนงานและขั้นตอนทำงานตามเค้าโครงของโครงการ การปฏิบัติงานต้องทำด้วยความรอบคอบละเอียดลออ มีการจดบันทึกข้อมูลต่างๆว่าทำอะไร ทำอย่างไร ผลงานคืออะไร มีปัญหาและอุปสรรคอะไรบ้าง แนวทางการแก้ไขอย่างไร การลงมือทำตามขั้นตอนต่างๆก็จะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาสาระวิชา ฝึกการสังเกต การคิดวิเคราะห์ ฝึกทักษะต่างๆ ทางคณิตศาสตร์จนเกิดความรู้ ความเข้าใจในความคิดรวบยอด หลักการต่างๆทาง

คณิตศาสตร์ รู้วิธีการเรียนรู้ เกิดกระบวนการคิด การให้เหตุผล และการพิสูจน์ถูกต้องตรงตามหลักการของคณิตศาสตร์ แล้วสรุปองค์ความรู้ที่ค้นพบ

5. การเขียนรายงาน ต้องเขียนตามแบบฟอร์มของเค้าโครงของโครงการที่กำหนดไว้ ข้อความที่เขียนแต่ละตอนควรใช้ภาษาที่กะทัดรัด แต่ชัดเจน เข้าใจง่ายและครอบคลุมประเด็นสำคัญที่ต้องการศึกษา อาจจะเพิ่มบทนำ บทคัดย่อ และตารางที่เกี่ยวข้องในการสรุปผลการศึกษาค้นคว้าได้ตามความเหมาะสม

6. การแสดงผลงาน ขั้นตอนสุดท้ายของการทำโครงการก็คือ การแสดงผลงานที่นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า จนพบองค์ความรู้หรือคำตอบของปัญหาหรือข้อสงสัย กว่าจะพบองค์ความรู้ดังกล่าวนั้น นักเรียนได้ฝึกวิธีการหาความรู้หรือรู้วิธีการเรียนรู้ของสิ่งที่นักเรียนอยากรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 153-154) สรุปขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. การกำหนดหัวข้อปัญหา การเลือกหัวข้อปัญหาที่ต้องการศึกษา อาจได้มาจากความสนใจของผู้เรียนที่ต้องการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือเหตุการณ์ทั่วไป การค้นหาคำตอบในเรื่องที่เชื่อมโยงกับสาระการเรียนรู้ในหลักสูตรหรือเรื่องที่เกี่ยวข้องกับชุมชนและสังคม ทั้งนี้ผู้สอนอาจให้คำแนะนำเพิ่มเติมด้วยก็ได้

2. การวางแผนทำโครงการ เป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องมาจากการกำหนดหัวข้อปัญหา โดยการค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง การเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ การออกแบบวิธีการเพื่อการศึกษา การทดลองหรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งต้องคำนึงถึงการควบคุมตัวแปร การรวบรวมข้อมูล และการวางแผนปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน การวางแผนที่ดีจะช่วยให้การทำโครงการสำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดี

3. การลงมือทำโครงการ เป็นขั้นตอนที่ต้องใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ เพื่อเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล สรุปผลการศึกษาค้นคว้า และในบางครั้งอาจมีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ที่สร้างไว้ด้วย

4. การเขียนรายงาน เป็นการนำเสนอผลงานที่ได้จากการทำโครงการอย่างเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อให้ผู้อื่นได้ทราบผลที่ได้จากการทำโครงการ โดยทั่วไปการเขียนรายงานควรประกอบด้วย บทคัดย่อ หลักการและเหตุผล ที่มาหรือความสำคัญของโครงการ ปัญหาหรือวัตถุประสงค์ การศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง การสร้างข้อความคาดการณ์ อุปกรณ์ที่ใช้วิธีการศึกษา ผลที่ได้จากการแปลผลและสรุปผล ข้อเสนอแนะ และเอกสารอ้างอิง

5. การแสดงผลงาน เป็นการนำเสนอผลงานที่ได้จากการทำโครงการสำเร็จลุล่วงแล้วให้ผู้อื่นได้รับรู้โดยวิธีต่างๆ เช่น การจัดนิทรรศการซึ่งอาจทำภายในห้องเรียนภายในสถานศึกษา ระดับกลุ่มโรงเรียน ระดับจังหวัด ระดับเขตการศึกษาหรือระดับประเทศ

สมวงษ์ แปลงประสพโชคและคณะ (2552: 6-7) กล่าวถึง โบลท์ และฮอบส์ (Bolt And Hobbs) ได้เสนอแนวทางการทำโครงการ ดังนี้

1. การพิจารณางาน การเลือกหัวข้อเรื่องควรพิจารณาความรู้ที่เกี่ยวข้อง พิจารณานิตของคำถาม พิจารณาข้อมูลที่มีอยู่แล้ว ข้อมูลที่จะต้องรวบรวมและพิจารณาแหล่งข้อมูล

2. การเลือกแนวทางในการทำงาน เมื่อได้เรื่องที่สนใจแล้ว นักเรียนควรจำกัดเรื่องให้แคบลง กำหนดขอบเขต จำกัดปัญหาให้เหลือเพียงพอที่จะทำสำเร็จและเลือกแนวทางในการทำงาน

3. การวางแผนและลงมือปฏิบัติ เมื่อได้เรื่องและแนวทางในการทำงานแล้ว นักเรียนควรวางแผนกำหนดขั้นตอนการดำเนินงาน โดยทำเป็นแผนผังแสดงลำดับขั้นตอนว่าจะต้องทำอะไร ใครเป็นผู้ทำ แต่ละขั้นตอนให้พิจารณาว่าต้องการข้อมูลข่าวสารอะไร จะได้ข้อมูลมาจากไหน จะได้ข้อมูลด้วยวิธีใด จะมีการวัดผลอย่างไร จะบันทึกข้อมูลอย่างไร เก็บข้อมูลเมื่อใด ต้องเตรียมเครื่องมืออะไร ใครบ้างพอจะช่วยให้ จากนั้นปฏิบัติตามขั้นตอนที่วางแผน

4. การบันทึกและกระบวนการทำงาน เมื่อรวบรวมข้อมูลได้ ควรจะบันทึกข้อมูลไว้ในรูปแบบที่เหมาะสม

5. การขยายงาน ในระหว่างขั้นตอนการทำงานอาจมีคำถามหรือปัญหาต่างๆ เกิดขึ้น ซึ่งคำถามหรือปัญหาเหล่านี้ อาจนำไปขยายผลติดตามศึกษาค้นคว้าต่อไป เป็นการขยายงานให้ลึกซึ้ง กว้างขวางไปจากเดิม

6. การนำเสนอผลงาน การนำเสนอผลงานอาจทำได้หลายรูปแบบ เช่น เขียนรายงาน ในรูปมาตราส่วนหรือแสดงนิทรรศการ แผนภาพรูปวงกลม แผนภูมิแท่งหรือกราฟ ในการนำเสนอผลงานควรรวบรวมผลสรุปและอภิปรายผล ข้อเสนอแนะ สำหรับการเผยแพร่งาน อาจใช้วิธีการบรรยายประกอบแผ่นใส แบบจำลองหรือวีดิทัศน์

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2554: 16-20) แบ่งขั้นตอนสำคัญของการทำโครงการได้เป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเลือกหัวข้อเรื่องโครงการ

การคิดหาหัวข้อเรื่องที่จะทำโครงการเป็นขั้นตอนแรกที่มีความสำคัญ เป็นประตูไปสู่ขั้นตอนอื่นๆ นักเรียนผู้ทำโครงการอาจเริ่มต้นด้วยคำถามว่า มีความสนใจในเรื่องใด ทำไมจึงสนใจเรื่องดังกล่าว ต้องการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับเรื่องใด สิ่งที่จะนำมากำหนดเป็นหัวข้อเรื่องของ

โครงการจะได้มาจากปัญหา คำถาม ความสนใจ หรือความอยากรู้อยากเห็นในเรื่องต่าง ๆ ของนักเรียนเอง การเลือกหัวข้อโครงการเป็นผลจากการที่ได้อ่านหนังสือ เอกสาร บทความ การค้นคว้าจากอินเทอร์เน็ต การสังเกตสิ่งรอบตัว การรับฟังข้อเสนอแนะจากผู้อื่น การชมนิทรรศการ หรือจากการสังเกต การศึกษาปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ รอบตัว หัวข้อเรื่องของโครงการต้องมีความเฉพาะเจาะจง มีความชัดเจน สื่อความหมายได้ว่าโครงการนี้ทำอะไร ควรเป็นเรื่องที่น่าสนใจ ผู้จัดทำสามารถศึกษาหาคำตอบได้โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ เป็นฐานการคิดนำไปสู่เรื่องที่จะทำโครงการ

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดจุดประสงค์โครงการ

การกำหนดจุดประสงค์ของโครงการ เป็นการกำหนดทิศทางของโครงการ ตามหัวข้อเรื่องที่เลือกว่า ต้องการคำตอบอะไร มีความคลุมเครือเพียงใด จุดประสงค์ที่กำหนดต้องสามารถหาคำตอบได้จากการทำโครงการ จุดประสงค์ของโครงการไม่จำเป็นต้องมีหลายข้อ ประเด็นสำคัญคือจุดประสงค์ทุกข้อต้องหาคำตอบได้ครบถ้วนเมื่อโครงการสิ้นสุดลง การกำหนดจุดประสงค์ของโครงการมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบต่าง ๆ ของโครงการที่สำคัญ ได้แก่ สารคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง วิธีดำเนินงาน และผลของการดำเนินงาน

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องแบ่งได้เป็นสามส่วนคือ ในส่วนแรกผู้จัดทำโครงการต้องพิจารณาว่าในโครงการนั้นมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาสาระใดของคณิตศาสตร์บ้าง จะนำคณิตศาสตร์มาใช้ในแง่มุมใด เป็นการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับงานในโครงการ ในส่วนที่สองผู้จัดทำโครงการต้องศึกษาทำความเข้าใจเนื้อหาสาระของคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการทำโครงการได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ส่วนที่สามเป็นการศึกษาขั้นตอน วิธีการในการค้นหาคำตอบของโครงการ อาจศึกษาจากหนังสือ เอกสาร อินเทอร์เน็ต หรือศึกษาจากโครงการที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีผู้เคยจัดทำมาแล้ว ศึกษาแนวทาง วิธีการเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำไปสู่ผลการดำเนินงานที่สอดคล้องจุดประสงค์ของโครงการ โครงการแต่ละประเภทมีวิธีดำเนินงานแตกต่างกัน ในรายละเอียดการศึกษาเอกสารรวมถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะทำโครงการช่วยให้เกิดความชัดเจนในโครงการที่จะทำ ก่อนลงมือทำและขณะที่ทำโครงการก็สามารถศึกษาเอกสารเพิ่มเติมได้การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องครอบคลุมถึงการขอคำแนะนำจากครูที่ปรึกษาโครงการ และผู้รู้อื่นๆ

ขั้นตอนที่ 4 การวางแผนการทำโครงการ

ก่อนที่จะจัดทำโครงการต้องมีการวางแผนการทำงานจากจุดเริ่มต้นไปจนกระทั่งได้แนวทางของการทำโครงการ สามารถจัดทำในรูปเค้าโครงของโครงการซึ่งจะทำให้เห็นภาพ

ของโครงการที่ชัดเจนขึ้น เป็นการสร้างแผนที่ความคิดของโครงการที่จะจัดทำ เพื่อนำไปสู่การทำโครงการจริง ให้ประสบความสำเร็จ ในโครงการที่ทำเป็นกลุ่ม ผู้ร่วมจัดทำต้องร่วมกันคิดวางแผน กำหนดรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ร่วมงานและผู้เกี่ยวข้องทุกคนได้มองเห็นภาพของงานตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนกระทั่งเสร็จสิ้น นำมาเขียนเค้าโครงเสนอกฎที่ปรึกษาโครงการ เพื่อให้ข้อเสนอแนะ ปรับแก้ และขอความเห็นชอบ

เค้าโครงของโครงการประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ เช่นเดียวกับโครงการของงานวิจัย ดังนี้

1. ชื่อโครงการ สื่อความหมายให้เห็นภาพรวมของโครงการว่าทำอะไร แสดงจุดเด่นที่ต้องสื่อความหมายให้ทราบ
2. ผู้จัดทำโครงการ ที่ปรึกษาโครงการ ชื่อผู้จัดทำโครงการอาจเป็นชื่อรายบุคคลหรือชื่อเป็นกลุ่ม ชื่อครู อาจารย์ผู้สอนหรือผู้รู้ ซึ่งทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษา ให้คำแนะนำการทำโครงการของนักเรียน
3. ความเป็นมา เหตุจูงใจที่จัดทำโครงการ อารมณ์หลักการและเหตุผล
4. จุดประสงค์โครงการ สิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นในการทำโครงการ หรือต้องการแสดงให้เห็นจากการทำโครงการ
5. สมมติฐาน (ถ้ามี) ข้อคาดเดาถึงผลที่จะเกิดขึ้นตามที่กำหนดในจุดประสงค์สำหรับโครงการประเภททดลอง ต้องมีการกำหนดสมมติฐาน ถ้าเป็นโครงการประเภทอื่นอาจมีหรือไม่มีสมมติฐานก็ได้
6. สาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ระบุหัวข้อเนื้อหาสาระของคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้อ้างอิง และนำมาใช้อธิบายในโครงการ
7. ระยะเวลาดำเนินงาน ระยะเวลาดำเนินงานโครงการตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นการทำโครงการ
8. วิธีดำเนินงาน กิจกรรมหรือขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์รวมถึงเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ (ถ้ามี)
9. ประโยชน์ของโครงการ ผลดีที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการทำโครงการทั้งที่เป็นผลโดยตรงและผลกระทบ
10. บรรณานุกรม ชื่อหนังสือ เอกสาร แหล่งข้อมูลที่น่ามาศึกษาในการจัดทำโครงการ

สำหรับนักเรียนในชั้นเล็ก ๆ อาจให้นำเสนอโครงงานด้วยวาจา หรือนำเสนอบางหัวข้อที่สำคัญ เช่น ชื่อโครงงาน ผู้จัดทำโครงงาน จุดประสงค์ สารแนวคิดศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง วิธีดำเนินงาน

ขั้นตอนที่ 5 การปฏิบัติงานตามโครงงาน

เมื่อแผนการทำโครงงานของนักเรียนได้แก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำและได้รับความเห็นชอบจากครูที่ปรึกษาโครงงานแล้ว ผู้จัดทำโครงงานสามารถลงมือปฏิบัติงานตามแผนงานที่กำหนดไว้ในเค้าโครงของโครงงาน อาจต้องมีการศึกษาทำความเข้าใจเอกสารเพิ่มเติม จัดหาหรือสร้างเครื่องมือ ลงมือปฏิบัติงานและบันทึกผลที่เกิดขึ้น เก็บรวบรวมข้อมูลอย่างมีระบบเป็นระเบียบ เพื่อให้ได้คำตอบที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์โครงงานและใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงการดำเนินงานในโอกาสต่อไปด้วย การปฏิบัติกิจกรรมตามที่ระบุไว้ในขั้นตอนการดำเนินงานในเค้าโครงของโครงงาน เป็นการฝึกการทำงานตามแผน และศึกษาค้นคว้า หาคำตอบอย่างเป็นกระบวนการด้วยตนเอง

ขั้นตอนที่ 6 การเขียนรายงานโครงงาน

ถ้าเปรียบเทียบกับงานวิจัยขั้นตอนนี้ก็คือการเขียนรายงานการวิจัย เป็นการรายงานการดำเนินงานตามเค้าโครงของโครงงานและผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน เป็นการสรุปรายงานผลการดำเนินงานโครงงาน ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุด เพื่อให้ผู้อื่นได้ทราบถึงผลที่ได้รับ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ เกี่ยวกับโครงงานที่ได้จัดทำ การเขียนรายงานโครงงานเป็นการสื่อสารแนวคิดของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจ ควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย กระชับรัดกุม ชัดเจนและครอบคลุมประเด็นสำคัญ ๆ ของโครงงานที่ปฏิบัติไปแล้ว การเขียนรายงานโครงงานควรมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1. หน้าปก และปกใน ประกอบด้วย ชื่อโครงงาน ผู้จัดทำโครงงาน ระดับชั้น ครูที่ปรึกษาโครงงาน ภาคเรียนที่ ปีการศึกษา และอาจเพิ่มเติม โรงเรียน จังหวัด
2. บทคัดย่อ ประกอบด้วย
 - ส่วนที่ 1 บทนำ ประกอบด้วย ชื่อโครงงาน ชื่อผู้จัดทำ ระดับชั้น ชื่อครูที่ปรึกษา
 - ส่วนที่ 2 เนื้อหาของบทคัดย่อ กล่าวถึงประเด็นหลักของโครงงานที่ทำอย่างย่อ แต่ได้ใจความ ได้แก่ จุดประสงค์ วิธีดำเนินงาน และผลการดำเนินงาน
3. คำนำ กล่าวถึงภาพรวมของโครงงานที่ทำ รวมทั้งกล่าวขอบคุณผู้ที่มีส่วนทำให้โครงงานประสบความสำเร็จ หรืออาจแยกส่วนนี้ไปกล่าวเป็นกิตติกรรมประกาศเสนอไว้ก่อนคำนำก็ได้
4. สารบัญ ประกอบด้วย สารบัญเรื่อง และอาจมีสารบัญตาราง สารบัญภาพประกอบ

5. ความเป็นมาของโครงการ กล่าวถึงที่มา ความสนใจ มุลเหตุจูงใจให้ทำโครงการ หรืออาจกล่าวถึงหลักการและเหตุผลของการทำโครงการ และความคาดหวังที่ต้องการให้เกิดขึ้น

6. จุดประสงค์ของโครงการ กล่าวถึงผลหรือคำตอบที่มุ่งหวัง หรือสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดโครงการ

7. สมมติฐาน (ถ้ามี) เป็นการทำนายผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นหรือควรจะเป็นไว้ล่วงหน้าอย่างมีเหตุผลก่อนการลงมือทำโครงการ สมมติฐานต้องมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ในกรณีที่เป็นโครงการประเภททดลองต้องกำหนดสมมติฐาน แต่โครงการประเภทอื่นอาจมีหรือไม่ก็มีสมมติฐานก็ได้ สมมติฐานกำหนดโดยการสังเกต การค้นหาความรู้ การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

8. สารแนวคิดศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง แสดงหัวข้อหรือบทสรุปของเนื้อหาสารแนวคิดศาสตร์อย่างย่อที่นำมาใช้อธิบาย ให้เหตุผลอ้างอิง หรือมีความเชื่อมโยงกับเรื่องที่ทำโครงการ

9. ระยะเวลาดำเนินงาน บอกวัน เวลาที่ใช้ทำโครงการตั้งแต่เริ่มต้นโครงการจนกระทั่งสิ้นสุดการทำโครงการ

10. วิธีดำเนินงาน อธิบายกิจกรรมหรือขั้นตอนการปฏิบัติงาน การเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นข้อๆ เพื่อให้ได้คำตอบตามที่กำหนดในจุดประสงค์ รวมถึงเครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สถานที่ (ถ้ามี) อาจนำเสนอในรูปตารางการปฏิบัติงานก็ได้

11. ผลการดำเนินงาน อธิบายข้อค้นพบ คำตอบหรือผลที่เกิดขึ้นจากการทำโครงการ ผลการดำเนินงานต้องมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ของโครงการ ถ้าเป็นโครงการเชิงทดลองต้องอธิบายว่าผลที่เกิดขึ้นเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดหรือไม่ เพราะเหตุใด ผลการดำเนินงานที่ใช้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ อาจนำเสนอในรูปตาราง หรือแผนภูมิ เพื่อให้ดูเข้าใจง่ายก็ได้

12. สรุปและข้อเสนอแนะ โครงการบางโครงการที่มีผลการดำเนินงานที่เป็นคำอธิบายค่อนข้างยากหรือมีผลการดำเนินงานหลายข้อ ผู้จัดทำอาจเพิ่มหัวข้อสรุปและข้อเสนอแนะเพื่อกล่าวสรุปผลที่ได้จากการศึกษา อภิปรายถึงสาเหตุ และให้ข้อเสนอแนะ ในการนำผลไปใช้ รวมถึงการขยายความรู้จากโครงการที่จัดทำ นอกจากนี้ อาจเพิ่มหัวข้อ ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ เป็นการสรุปผลในเชิงบวกที่ผู้จัดทำโครงการได้รับ

13. บรรณานุกรม ระบุชื่อหนังสือ เอกสาร และแหล่งข้อมูลที่น่ามาใช้ในการทำโครงการ

14. ภาคผนวก นำเสนอข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้จัดทำโครงการเห็นว่ามีความสำคัญแต่ไม่ได้นำเสนอไว้ในส่วนเนื้อหา เช่น ภาพประกอบการทำโครงการ รายละเอียดของข้อมูลต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 7 การนำเสนอโครงการ

โครงการที่ได้จัดทำเรียบร้อยแล้ว ผู้จัดทำต้องนำเสนอผลการดำเนินงานทั้งหมดซึ่งอาจอยู่ในรูปเอกสาร รายงาน ชิ้นงาน สิ่งประดิษฐ์ หรือแบบจำลอง ตามประเภทของโครงการที่ทำ นำเสนอให้ผู้เกี่ยวข้องได้รับทราบ ขั้นตอนนี้ถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่มีความสำคัญขั้นตอนหนึ่ง เป็นการแสดงความสามารถในการนำเสนอการสื่อสารแนวคิดของสิ่งที่ศึกษามาเพื่อนำเสนอต่อผู้อื่นให้รับรู้และเข้าใจ ผู้นำเสนอต้องเตรียมตัวตอบคำถามเกี่ยวกับโครงการที่ทำ รับฟังข้อเสนอแนะเพื่อนำไปปรับปรุงผลงาน การนำเสนอโครงการสามารถทำได้ในรูปแบบต่างๆ กัน ขึ้นอยู่กับเวลา โอกาส และสถานที่ เช่น การนำเสนอในที่ประชุมด้วยสื่อคอมพิวเตอร์ การจัดป้ายนิเทศ การแสดงในรูปแบบนิทรรศการ ซึ่งผู้จัดทำโครงการต้องอธิบายประกอบเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจ การนำเสนอโครงการสามารถนำเสนอผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เปิดช่องทางให้ผู้เข้าชมมีปฏิสัมพันธ์โดยถามคำถามและแสดงความคิดเห็น เพื่อนำผลไปปรับปรุงและพัฒนางานต่อไป

ในการแนะนำขั้นตอนการทำโครงการกับนักเรียนที่กล่าวมาแล้ว สามารถปรับให้เหมาะสมกับวัยของนักเรียนได้ นักเรียนในชั้นประถมศึกษาสามารถลดหัวข้อของการเขียนรายงานลงได้ การนำเสนอโครงการก็อาจให้นักเรียนนำเสนอหน้าชั้นเรียนเป็นการฝึกฝนการนำเสนอ หลังจากนั้นนำผลงานของนักเรียนมาจัดแสดงบนป้ายนิเทศ เป็นการสร้างความภาคภูมิใจให้กับนักเรียน สำหรับนักเรียนที่เริ่มเรียนรู้การทำโครงการ ครูอาจให้คำปรึกษา ช่วยเหลือและดูแลอย่างใกล้ชิด หลังจากนั้นควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความสามารถอย่างเต็มที่ การให้คำแนะนำของครูที่ปรึกษาโครงการต้องให้ในสิ่งที่เขาขอรับ ไม่ควรใช้คำสั่งให้นักเรียนทำตามความคิดของครู

ในการนำเสนอรายงานโครงการบางกรณี เช่น การเสนอรายงานในการประกวดโครงการอาจมีการกำหนดหัวข้อของรายงานโครงการที่แตกต่างจากนี้ และบางแห่งกำหนดให้มีการนำเสนอส่วนที่เป็นเนื้อหาเป็น 5 บท เช่นเดียวกับการนำเสนอรายงานการวิจัย ดังนี้

ส่วนนำ ประกอบด้วย ชื่อโครงการ ผู้จัดทำ บทคัดย่อ คำนำ สารบัญ

บทที่ 1 ความเป็นมา จุดประสงค์ สมมติฐาน (ถ้ามี)

บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ และทฤษฎีต่าง ๆ

ที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ (อาจมีการให้ระบุประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ)

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

ในการดำเนินงานตามขั้นตอนการทำโครงการที่กล่าวมานี้สามารถปรับให้เหมาะสมกับการปฏิบัติในแต่ละระดับ โดยครูที่ปรึกษาควรเป็นผู้คอยให้คำแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด

จากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่านเกี่ยวกับขั้นตอนในการทำโครงการสรุปได้ว่า เริ่มแรกครูควรสอนให้นักเรียนมีอิสระในการคิดหัวข้อในการทำโครงการ โดยเริ่มตั้งแต่การวางแผน การลงมือปฏิบัติ การเขียนรายงาน การแสดงผลงาน การนำเสนออาจเป็นงานเขียนนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน จัดนิทรรศการภายในโรงเรียน การทำโครงการนั้นเป็นงานที่ผู้ทำมีอิสระทางความคิด ตามความถนัดและความสามารถของตนเอง โดยอาศัยความรู้ หลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับประเด็นที่ต้องการศึกษา

1.6 การประเมินโครงการคณิตศาสตร์

การประเมินโครงการได้มีผู้ให้แนวคิดแตกต่างกัน ดังนี้

ชัยศักดิ์ สีลาจรัสกุล (2542: 15-18) กล่าวว่า การประเมินผลโครงการเป็นกิจกรรมที่จำเป็น และมีความสำคัญอีกกิจกรรมหนึ่งในกระบวนการจัดแสดง โครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียน ตามปกติครูผู้สอนจะเป็นผู้ประเมินโครงการเพื่อเก็บคะแนน และเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผลการเรียนคณิตศาสตร์ตามปกติ จึงได้เสนอแบบการประเมินผลโครงการเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพของโรงเรียนและอาจารย์ผู้สอน โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณา 5 ด้าน ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ทำ
2. การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้แก้ปัญหาทางการศึกษา
3. ความคิดสร้างสรรค์
4. การเขียนรายงาน
5. การจัดแสดงโครงการและการอภิปรายปากเปล่า

จากหัวข้อเหล่านี้ กำหนดให้แต่ละด้านมีคะแนนเต็มเท่าๆ กัน คือ 5 คะแนน รวมคะแนนทั้งหมด (5 ด้าน) 25 คะแนน มีการแบ่งเป็น 5 ระดับคะแนน แต่ละระดับมี 1 ช่วงคะแนน และมีการตีความหมายผลงานเป็น 5 ระดับ ดังนี้

- 1 หมายถึง ต้องปรับปรุง
- 2 หมายถึง พอใช้
- 3 หมายถึง ดี
- 4 หมายถึง ดีมาก
- 5 หมายถึง ดีเยี่ยม

การประเมินผลโครงการเมื่อรวมทั้ง 5 ด้าน แล้วคิดเป็นคะแนนเก็บ 10 คะแนน
ใช้เกณฑ์ดังนี้

ช่วงคะแนน	1.0 – 7.5	อยู่ในระดับต้องปรับปรุง	ได้คะแนน 6 คะแนน
ช่วงคะแนน	7.6 – 12.5	อยู่ในระดับพอใช้	ได้คะแนน 7 คะแนน
ช่วงคะแนน	12.6 – 17.5	อยู่ในระดับดี	ได้คะแนน 8 คะแนน
ช่วงคะแนน	17.6 – 22.5	อยู่ในระดับดีมาก	ได้คะแนน 9 คะแนน
ช่วงคะแนน	22.6 – 25.0	อยู่ในระดับดีเยี่ยม	ได้คะแนน 10 คะแนน

รายละเอียดเกี่ยวกับเกณฑ์การพิจารณาการประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์
มีหลักเกณฑ์ด้านต่างๆ ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ทำ พิจารณาจาก
 - 1.1 การใช้ศัพท์เทคนิคได้ถูกต้องและเหมาะสม
 - 1.2 การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ถูกต้องและเหมาะสม
 - 1.3 มีความเข้าใจในหลักการสำคัญ ๆ ของเรื่องที่ทำ
 - 1.4 การค้นหาเอกสารอ้างอิงถูกต้องและเหมาะสม
 - 1.5 การได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการทำโครงการนอกเหนือจากที่เรียน

หลักสูตรปกติ

2. การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้แก้ปัญหาทางการศึกษา พิจารณาจาก
 - 2.1 การสังเกตที่นำมาสู่ปัญหา
 - 2.2 มีการศึกษาค้นหาข้อมูลหรือข้อเท็จจริงต่าง ๆ เพื่อเป็นพื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่กำลังศึกษาเหมาะสม และตั้งสมมติฐานที่ถูกต้องชัดเจน

2.3 การออกแบบการทดลองหรือการประดิษฐ์มีความสอดคล้องกับปัญหา
หรือสมมติฐานเพียงใด

2.4 การวัดและการควบคุมตัวแปรต่างๆ กระทำได้ครบ ถูกต้อง อุปกรณ์และ
เครื่องมือที่เลือกใช้เหมาะสม การเก็บรวบรวมข้อมูลกระทำได้ละเอียดถูกต้องตรงจุดประสงค์ ที่
ต้องการศึกษา การบันทึกข้อมูลมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยและเหมาะสม

2.5 การแปลความหมายและการสรุปผล มีความสอดคล้องกับผลที่ได้
มาก-น้อยเพียงใด

3. ความคิดสร้างสรรค์ พิจารณาจาก

3.1 ปัญหาหรือเรื่องที่ทำมีความสำคัญและมีความแปลกใหม่เพียงใด

3.2 ได้มีการตัดแปลง เปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมแนวความคิดที่แปลกใหม่ลง
ไปในโครงการที่ทำมาก-น้อยเพียงใด

3.3 มีการคิดและใช้วิธีการที่ใหม่ แปลก ในการควบคุมหรือวัดตัวแปรหรือ
เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ มาก-น้อยเพียงใด

3.4 การเลือกและนำวัสดุอุปกรณ์มาใช้ให้เกิดประโยชน์

3.5 ความสามารถในการเสนอแนะประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

4. การเขียนรายงาน พิจารณาจาก

4.1 ความถูกต้องของแบบฟอร์ม ครอบคลุมหัวข้อที่สำคัญแบ่งแต่ละหัวข้อ
ออกอย่างชัดเจน

4.2 เสนอสาระในแต่ละหัวข้อถูกต้อง ชัดเจน รัดกุม สละสลวย

4.3 การแสดงหลักฐานการบันทึกข้อมูลอย่างเพียงพอ ต่อเนื่องและเป็นระเบียบ

4.4 การออกแบบการนำเสนอข้อมูล ชัดเจน รัดกุมและเหมาะสม

4.5 การอภิปรายผลอย่างมีเหตุผลและสร้างสรรค์

5. การจัดแสดงโครงการและการอภิปรายปากเปล่า พิจารณาจาก

5.1 การจัดแสดงโครงการได้น่าสนใจ ตลอดจนการออกแบบและติดตั้งได้สวยงาม

5.2 การเขียนคำอธิบายในแผ่นโปสเตอร์ชัดเจน เข้าใจง่าย

5.3 การจัดแสดงวัสดุอุปกรณ์ครบถ้วน

5.4 การอภิปรายชัดเจนและใช้ภาษาได้ถูกต้อง

5.5 การตอบคำถามถูกต้องและคล่องแคล่ว

เกณฑ์การพิจารณาลักษณะโครงการแต่ละข้อ

ลักษณะโครงการ	เกณฑ์ประเมินผลงาน	ระดับคะแนน
1. มีคุณสมบัติครบทุกข้อ	ดีเยี่ยม	5
2. ขาดคุณสมบัติเพียง 1 ข้อ	ดีมาก	4
3. ขาดคุณสมบัติเพียง 2 ข้อ	ดี	3
4. ขาดคุณสมบัติเพียง 3 ข้อ	พอใช้	2
5. ขาดคุณสมบัติ 4 ข้อขึ้นไป	ต้องปรับปรุง	1

พิมพันธ์ เดชะคุปต์และคณะ(2552: 136) กล่าวถึงการประเมินผลการทำงานว่าการประเมินผลเป็นบทบาทสำคัญของครู ครูควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเรียนรู้ (learning) การเรียนการสอน(instruction) การประเมินการเรียนรู้ (assessment)และการประเมินผล (evaluation) อย่างชัดเจน ซึ่งคำดังกล่าวข้างต้น มีความสัมพันธ์กัน ครูมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในขณะเดียวกันการประเมินผลก็ใช้เป็นการตัดสินการเรียนรู้ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

ในการประเมินผลการเรียนรู้ เป็นการประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริง (authentic assessment) มีการประเมินอะไรบ้าง การประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริงนั้น เป็นการประเมินในเรื่องต่อไปนี้

1. ผลการเรียนรู้ด้านวิชาการ คือความรู้ ความเข้าใจในสาระ
 2. การใช้เหตุผล คือ การใช้กระบวนการแก้ปัญหา การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การใช้กระบวนการสร้างความรู้
 3. ทักษะและสมรรถนะ เช่น ทักษะการนำเสนอ ทักษะการเขียน ทักษะการทำงานเป็นทีม ทักษะการวิจัย ทักษะการจัดระบบและวิเคราะห์ข้อมูล ทักษะการใช้เทคโนโลยี ทักษะการทำงานด้วยความอดทนและฝ่าฟันอุปสรรค ทักษะการแก้ปัญหาความขัดแย้ง เป็นต้น
 4. เจตคติ เช่น การพัฒนาเจตคติต่อการเรียน การรักเรียน ความเป็นพลเมืองดี ใฝ่รู้ใฝ่เรียน เป็นนักอ่าน อึดมโนทัศน์ ความรักธรรมชาติ
 5. นิสัยการทำงาน เช่น การทำงานได้สำเร็จตรงตามเวลาใช้เวลาอย่างมีค่า ความเป็นมิตร ความอดทนเพื่อให้ได้งานที่มีคุณภาพ การทำงานอย่างต่อเนื่อง
- การสร้างเกณฑ์การประเมินที่นิยมใช้มากมี 2 วิธี

1. เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ (rubrics scoring) เป็นเกณฑ์ที่ต้องกำหนดรายละเอียดให้คะแนนอย่างชัดเจนสำหรับทุกตัวบ่งชี้ ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลต้องมีความเป็นปรนัยสูง และมีความตรงสูง
2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราประมาณค่า (rating scale) เป็นเกณฑ์ที่กำหนดเป็นกลางไม่มีรายละเอียดการให้คะแนนอย่างชัดเจนในแต่ละข้อมูล (item) สะดวกต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยข้อมูลที่ได้มีความเป็นปรนัยน้อยกว่าวิธีให้คะแนนแบบรูบริกส์

สุวรร กาญจนมยุร (2544: 54-55) ให้ความหมายว่า การประเมินโครงการคณิตศาสตร์หมายถึง การประเมินความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มว่า มีความถูกต้องและสมบูรณ์ในแต่ละด้านต่อไปนี้เพียงใด

1. ด้านเนื้อหาของโครงการงาน
 - 1.1 ถูกต้องตรงตามหลักการทางคณิตศาสตร์
 - 1.2 ถูกต้องตรงตามเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์
 - 1.3 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ แปลกใหม่ น่าสนใจ
 - 1.4 เลือกใช้แหล่งความรู้ที่เชื่อถือได้
 - 1.5 สรุปความรู้ชัดเจนตรงตามจุดประสงค์ที่ศึกษา ค้นคว้า
2. ด้านทักษะ/กระบวนการ
 - 2.1 มีทักษะ/กระบวนการคิดในการคิดคำนวณและแก้ปัญหา
 - 2.2 มีทักษะ/กระบวนการคิดในการให้เหตุผลและการพิสูจน์
 - 2.3 มีทักษะ/กระบวนการคิดในการสื่อสารหรือสื่อความหมาย
3. ด้านการนำเสนอโครงการงาน
 - 3.1 แนวคิดและวิธีการเรียนรู้องค์ความรู้ที่ค้นพบ
 - 3.2 ข้อสรุปของโครงการงานบรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้
 - 3.3 ข้อมูลสมบูรณ์และชัดเจน
 - 3.4 รูปแบบการนำเสนอเหมาะสม

อัลลิ่งเจอร์ และคณะ (Allinger and others, 1998: 8 อ้างถึงใน สมวงษ์

แปลงประสพโชคและคณะ 2552: 9) เสนอแนวคิดว่าการประเมินผลโครงการควรแบ่งเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. ผู้ประเมินโครงการควรบอกเกณฑ์การประเมินให้ผู้ทำโครงการทราบ ระหว่างการประเมิน ผู้ประเมินอาจจะให้คำถามบอกจุดที่จะนำมาอภิปรายและข้อเสนอแนะในการพัฒนา แก่ผู้ทำโครงการ
 2. หลังการประเมิน ควรมีการสัมภาษณ์ผู้ทำโครงการเพื่อให้ทราบว่าโครงการได้เรียนรู้อะไรบ้าง และผู้ประเมินควรได้คำแนะนำแก่ผู้ทำโครงการ
 3. ผลการประเมินควรนำมาถูกตรวจสอบกันเองในกลุ่มผู้ประเมินและการให้คะแนนแต่ละคนอาจต้องมีการอภิปรายถ้าจำเป็น
 4. ผลการประเมิน ควรจะนำมาให้ผู้ทำโครงการรับทราบเป็นลายลักษณ์อักษร ถ้าผลการประเมิน ถูกนำมาเผยแพร่ รูปแบบและวิธีการของการพิมพ์จะต้องชัดเจนก่อน
- โบลท์และฮอบส์ (Bolt and Hobbs, 1993 อ้างถึงใน สมวงษ์ แปลงประสพโชค และคณะ 2552: 10) ได้เสนอแนววิธีประเมินผลโครงการ ดังนี้

1. ประเมินการทำงานกลุ่ม

2. ประเมินการนำเสนอโครงการ

3. ประเมินเนื้อหาของโครงการ

4. ประเมินการจัดทำโครงการ

แบ่งเกณฑ์การประเมินเป็น 5 ระดับ คือ

5 เห็นด้วยมากที่สุด

4 เห็นด้วยมาก

3 เห็นด้วยปานกลาง

2 เห็นด้วยน้อย

1 เห็นด้วยน้อยที่สุด

ถ้ามีผู้ให้คะแนนหลายคนให้นำมาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตแล้วแปลงผลด้วยเกณฑ์

ดังนี้

4.1 ขึ้นไป ดีมาก

3.1 – 4 ดี

2.1 – 3 พอใช้

ต่ำกว่า 2 ปรับปรุง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 156-161) สรุปการประเมินผลการทำโครงการคณิตศาสตร์มีสาระสำคัญที่จำเป็นต้องประเมิน ประกอบด้วย การประเมินด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ คุณลักษณะที่พึงประสงค์ และแหล่งการเรียนรู้ การประเมินผลการทำโครงการคณิตศาสตร์ทำได้หลายรูปแบบ ทั้งการประเมินตนเองของผู้เรียน การประเมินจากเพื่อน ผู้สอน ผู้รู้ และผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ โดยใช้วิธีการประเมินแบบอิงมาตรฐาน ที่ต้องสร้างเกณฑ์ให้สัมพันธ์กับพฤติกรรมหรือการแสดงออกในแต่ละรายการประเมิน และกำหนดระดับความสามารถของผู้เรียนด้วยคำอธิบายที่บอกคุณภาพของงานตามลำดับ เพื่อแสดงความก้าวหน้าของผลการเรียนรู้ของผู้เรียนหรือกำหนดเป็นตัวเลขก็ได้

เกณฑ์การประเมินผลการทำโครงการคณิตศาสตร์มีแนวทางดังนี้

1. การประเมินผลแบบรวมของการทำโครงการคณิตศาสตร์ เป็นการประเมินผลในภาพรวมของโครงการนั้นๆ ซึ่งจะกำหนดระดับคุณภาพตามผลงานที่ปรากฏ โดยมีคำอธิบายประกอบว่าผู้เรียนทำอะไร และทำได้อย่างไร

2. การประเมินผลการทำโครงการคณิตศาสตร์แบบวิเคราะห์ เป็นการประเมินโดยแยกเป็นรายองค์ประกอบ การให้น้ำหนักคะแนนของแต่ละองค์ประกอบจะแตกต่างกันตามระดับความสำคัญ

การประเมินโครงการคณิตศาสตร์นั้นพอสรุปได้ว่า เป็นการวัดผลและประเมินผล การเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามสภาพจริง เน้นการวัดผลระหว่างที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมที่ หลากหลายตามสภาพจริง ผู้เรียนมีโอกาสประเมินตนเองร่วมกับครูผู้สอน โดยประเมินจากภาระ งานที่ได้รับมอบหมาย ผลของการประเมินจะทำให้ทราบถึงสมรรถนะของผู้เรียนในด้านความรู้ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ผลที่ได้บ่งบอกถึงความรู้ ความสามารถของผู้เรียน แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ของการประเมินผลด้วย

ตอนที่ 2 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์

2.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

อัมพร ม้าคนอง (2546 : 1-2) ได้กล่าวไว้ว่า เพียเจต์ เป็นนักจิตวิทยาชาว สวิตเซอร์แลนด์ที่มีบทบาทในวิชาชีพต่าง ๆ มาก ในช่วงปี ค.ศ.1930-1980 เพียเจต์เชื่อว่า พัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์พัฒนาขึ้นเป็นลำดับ 4 ขั้น โดยแต่ละขั้นแตกต่างกันในกลุ่มคน และอายุที่กลุ่มคนเข้าสู่แต่ละขั้นจะแตกต่างกันไปตามลักษณะทางพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม ลำดับขั้นทั้งสี่ของเพียเจต์ คือ

1. ขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensory – Motor Stage)
2. ขั้นเตรียมพร้อมปฏิบัติการ (Preoperational Stage)
3. ขั้นปฏิบัติการที่เป็นรูปธรรม (Concrete Operational Stage)
4. ขั้นปฏิบัติการที่เป็นแบบแผน (Formal Operational Stage)

พัฒนาการของมนุษย์จะเป็นไปตามลำดับขั้นและต่อเนื่องกัน ทฤษฎีนี้มีประโยชน์ ต่อการศึกษา เนื่องจากขั้นทั้งสี่กล่าวถึงข้อเท็จจริงว่า วิธีคิด ภาษา ปฏิกริยา และพฤติกรรมของ เด็กแตกต่างจากของผู้ใหญ่ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ดังนั้นการจัดการศึกษาให้เด็กจึงต้องมี รูปแบบที่แตกต่างจากผู้ใหญ่ และสิ่งที่มีความหมายมากที่นักการศึกษาได้รับจากงานของ เพียเจต์ คือ แนวคิดที่ว่าเด็กที่มีอายุน้อย ๆ จะเรียนได้ดีที่สุดจากกิจกรรมที่ใช้สื่อรูปธรรม (Ginsburg & Oppen, 1969) หากแนวคิดนี้ถูกนำไปใช้ในห้องเรียน ผู้สอนจะต้องจัดสิ่งแวดล้อมใน การเรียนรู้และแนะนำผู้เรียนมากกว่าเป็นผู้สอนโดยตรง ตามทฤษฎีของเพียเจต์ เมื่อเด็กโตขึ้นและ เข้าสู่ลำดับขั้นที่สูงกว่า เด็กจะต้องการเรียนรู้จากกิจกรรมลดลง เนื่องจากพัฒนาการของ สติปัญญาที่ซับซ้อนและทันสมัยขึ้น แต่ไม่ได้หมายความว่าเด็กจะไม่ต้องการทำกิจกรรมเลย การ เรียนรู้โดยการทำกิจกรรมยังคงอยู่ในทุกลำดับขั้นของการพัฒนา นอกจากนี้ เพียเจต์ ยังเน้นว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนมีบทบาทเป็นอย่างมากต่อการพัฒนาสติปัญญาทั้งในเชิง

ปริมาณและคุณภาพ การทำให้ผู้เรียนได้คิด พุด อภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และประเมินความคิดของตนเองและผู้อื่น จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจตนเองและผู้อื่นได้ดีขึ้น เพียเจต์ เรียกกระบวนการนี้ว่าการกระจายความคิด (Decentration) ซึ่งเป็นความสามารถของเด็กที่จะต้องได้รับการพัฒนาให้เติบโตตามลำดับขั้น เพื่อพิจารณาสิ่งต่างๆ จากมุมมองของผู้อื่น ซึ่งประเด็นนี้ การศึกษาจะเข้ามามีบทบาทสำคัญ ในการจัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียน เพื่อส่งเสริมความสามารถนี้

2.2 ทฤษฎีพัฒนาสติปัญญาของบรูเนอร์

ประภาพรรณ เอี่ยมสุภชาติ (2553: 2-23) ได้กล่าวไว้ว่า บรูเนอร์ (Bruner) นักจิตวิทยาที่มีความเชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวบุคคลไม่สามารถสังเกตเห็นได้นอกจากนี้บุคคลยังมีอีกสิ่งหนึ่งที่เรียกว่าโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) ที่ทำหน้าที่รับและจัดระบบความรู้ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ บรูเนอร์ เรียกทฤษฎีของเขาว่าทฤษฎีการสอน แทนที่จะเรียกว่าทฤษฎีการเรียนรู้ ซึ่งเขามองว่าทฤษฎีการเรียนรู้เป็นการอธิบายถึงสิ่งที่ได้เกิดขึ้นแล้ว ทฤษฎีการสอนของบรูเนอร์นั้นเป็นทฤษฎีที่ค่อนข้างจะเข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อนใดๆ ซึ่งทฤษฎีของเขากล่าวไว้ว่า การที่ครูจะจัดการเรียนการสอนให้กับเด็กนั้นต้องพิจารณาหลัก 4 ประการ ดังต่อไปนี้

1. แรงจูงใจ (Motivation) แรงจูงใจที่ดีที่สุดที่จะทำให้เกิดความปรารถนาที่จะเรียนรู้นั้นน่าจะเป็นแรงจูงใจที่เกิดขึ้นภายในตัวเด็กเองเพราะแรงจูงใจภายในนั้นจะทำให้เกิดความปรารถนาที่จะเรียนรู้ของเด็กคงอยู่ได้นาน ครูจะต้องทำให้เด็กเกิดความปรารถนาที่จะเรียนรู้ โดยการจัดการทำให้เด็กมีแรงจูงใจเพิ่มมากขึ้น เพื่อที่เด็กจะได้พยายามสำรวจทางเลือกต่างๆ อย่างมีความหมายและพึงพอใจ อันจะนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ
2. โครงสร้างของความรู้ (Structure of Knowledge) สามารถจัดโครงสร้างของเนื้อหาวิชาต่างๆ ให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถจะถ่ายทอดและให้เด็กแทบทุกคนเข้าใจได้ถ้าเราจัดให้เหมาะสม โดยที่เสนอในรูปแบบที่ง่ายเพียงพอที่ผู้เรียนจะสามารถเข้าใจได้ โครงสร้างของรู้นั้นสามารถจัดได้ 3 ลักษณะ คือ ลักษณะของการเสนอเนื้อหา (Mode of Presentation) การเสนออย่างกระชับหรืออย่างประหยัด (Economy) และการเสนออย่างมีอำนาจ(Power)
3. ลำดับขั้นของการเสนอเนื้อหา (Sequence) ต้องเสนอในรูปแบบของการกระทำให้มากที่สุด ใช้คำพูดให้น้อยที่สุด
4. การเสริมแรง (Reinforcement) การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพเป็นอย่างมากถ้ามีการให้การเสริมแรง เมื่อเด็กแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ การให้ข้อมูล

ป้อนกลับจัดได้ว่าเป็นการเสริมแรงที่ดีเพราะจะทำให้เด็กได้รู้ทันทีว่าสิ่งที่เขาทำนั้นถูกต้องหรือควรปรับปรุงเช่นใด

2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2543 : 38-39) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้แบบร่วมมือว่าเป็นวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการจัดสภาพแวดล้อมทางการเรียนให้แก่ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มเล็กๆ แต่ละกลุ่มประกอบด้วยสมาชิกที่มีความรู้ ความสามารถแตกต่างกัน โดยที่แต่ละคนมีส่วนร่วมอย่างแท้จริงในการเรียนรู้และในความสำเร็จของกลุ่มทั้งโดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การแบ่งปันทรัพยากรการเรียนรู้ รวมทั้งการเป็นกำลังใจแก่กันและกัน คนที่เรียนเก่งจะช่วยเหลือคนที่เรียนอ่อนกว่า สมาชิกในกลุ่มไม่เพียงแต่รับผิดชอบต่อการเรียนของตนเองเท่านั้น หากแต่จะต้องร่วมรับผิดชอบต่อการเรียนของเพื่อนสมาชิกในกลุ่มทุกคนความสำเร็จของแต่ละบุคคลคือความสำเร็จของกลุ่ม

ขั้นตอนของการเรียนรู้แบบร่วมมือ

1. ขั้นเตรียม ประกอบด้วย ครูแนะนำทักษะในการเรียนรู้ร่วมกัน และจัดเป็นกลุ่มย่อยๆ ประมาณ 2-6 คน
2. ขั้นสอน ครูนำเข้าสู่บทเรียน แนะนำเนื้อหา แนะนำแหล่งข้อมูลและมอบหมายงานให้แก่แต่ละกลุ่ม
3. ขั้นทำกิจกรรมกลุ่ม ผู้เรียนเรียนรู้ร่วมกันในกลุ่มย่อย โดยที่แต่ละคนมีบทบาทและหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมาย เป็นขั้นตอนที่สมาชิกในกลุ่มจะได้ร่วมกันรับผิดชอบต่อผลงานของกลุ่ม
4. ขั้นตรวจสอบผลงานและทดสอบ เป็นการตรวจสอบว่าผู้เรียนได้ปฏิบัติหน้าที่ครบถ้วนแล้วหรือยัง ผลการปฏิบัติเป็นอย่างไร เน้นการตรวจสอบผลงานกลุ่มและรายบุคคล ในบางกรณีผู้เรียนอาจต้องซ่อมเสริมส่วนที่ยังขาดตกบกพร่อง ต่อจากนั้นเป็นการทดสอบความรู้
5. ขั้นสรุปบทเรียนและประเมินผลการทำงาน ครูและผู้เรียนช่วยกันสรุปบทเรียน ถ้ามีสิ่งที่ยังไม่เข้าใจครูควรอธิบายเพิ่มเติม ครูและผู้เรียนช่วยกันประเมินผลการทำงานกลุ่ม และพิจารณาว่า อะไรคือจุดเด่นของงาน และอะไรคือสิ่งที่ควรปรับปรุง

สมศักดิ์ ภู่วิภาคารวรรณ (2544: 3) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือเป็นวิธีการเรียนที่มีการจัดกลุ่มการทำงานเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และเพิ่มพูนแรงจูงใจทางการเรียน การเรียนรู้แบบร่วมมือไม่ใช่วิธีการจัดนักเรียนเข้ากลุ่มรวมกันแบบธรรมดา แต่เป็นการรวมกลุ่มอย่างมีโครงสร้างที่ชัดเจน กล่าวคือสมาชิกแต่ละคนในทีมจะมีปฏิสัมพันธ์ต่อการเรียนรู้ และสมาชิกทุกคนจะได้รับการกระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจเพื่อที่จะช่วยเหลือและเพิ่มพูนการเรียนรู้ของ

สมาชิกในทีม ดังนั้นการจัดผู้เรียนเข้ากลุ่มทำงาน โดยทั่ว ๆ ไปจึงอาจไม่ใช่การเรียนรู้แบบร่วมมือ เพราะมักพบว่านักเรียนที่เก่งเท่านั้นจะเป็นผู้จัดการให้เกิดผลงานในทีม สมาชิกอื่นๆอาจไม่มีโอกาสในการแสดงออกซึ่งการเรียนรู้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 6-7) ได้กล่าวว่า การเรียนแบบร่วมมือเป็นวิธีสอนแบบหนึ่ง โดยกำหนดให้นักเรียนที่มีความสามารถต่างกัน ทำงานพร้อมกันเป็นกลุ่มขนาดเล็ก โดยทุกคนมีความรับผิดชอบงานตนเองและงานส่วนรวมร่วมกัน มีปฏิสัมพันธ์กันและกัน มีทักษะการทำงานกลุ่ม เพื่อให้งานบรรลุเป้าหมาย ส่งผลให้เกิดความพอใจ อันเป็นลักษณะเฉพาะของกลุ่มแบบร่วมมือ กลุ่มที่เรียนแบบร่วมมือมีลักษณะที่แตกต่างจากการเรียนแบบกลุ่ม โดยการเรียนรู้แบบร่วมมือมีลักษณะ ดังนี้

1. องค์ประกอบของกลุ่มประกอบด้วยผู้นำ สมาชิกและกระบวนการกลุ่ม
2. สมาชิกมีตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป
3. กลุ่มประกอบด้วยสมาชิกที่มีความสามารถทางการเรียนคละกัน เพศคละกัน เชื้อชาติคละกัน
4. สมาชิกทุกคน ต้องมีบทบาทหน้าที่ชัดเจนและทำงานไปพร้อมๆกันรวมทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคละกัน
5. สมาชิกทุกคนต้องมีความรับผิดชอบร่วมกัน
6. คะแนนของกลุ่ม คือคะแนนที่ได้จากคะแนนสมาชิกแต่ละคนรวมกัน

สลาวิน (Slavin 1983: 2-7 อ้างถึงใน พิมรัตน์ โสธารัตน์) กล่าวว่า “ การเรียนแบบร่วมมือเป็นวิธีสอนที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสอนได้หลายวิชาและหลายระดับชั้น ซึ่งวิธีการนี้กำหนดให้นักเรียนเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มเล็กโดยปกติมี 4 คน สมาชิกในกลุ่มมีผลการเรียนที่แตกต่างกัน คือ นักเรียนที่มีความสามารถสูง 1 คน ปานกลาง 2 คนและต่ำ 1 คน นักเรียนจะต้องรับผิดชอบและเรียนรู้ร่วมกันภายในกลุ่มของตนเอง นักเรียนจะประสบผลสำเร็จก็ต่อเมื่อสมาชิกทุกคนในกลุ่มประสบผลสำเร็จด้วย โดยมีเป้าหมายร่วมกัน ซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนช่วยเหลือซึ่งกันและกัน สมาชิกในกลุ่มจะได้รับรางวัลร่วมกันเมื่อกลุ่มของตนทำคะแนนได้ถึงเกณฑ์ที่กำหนด”

ทิสนา แคมมณี (2545: 98) ได้ให้ความหมายของการเรียนแบบร่วมมือไว้ว่า “การเรียนแบบร่วมมือ คือการเรียนเป็นกลุ่มย่อย โดยสมาชิกกลุ่มมีความสามารถแตกต่างกัน ประมาณ 3-6 คนช่วยกันเรียนรู้เพื่อไปสู่เป้าหมายของกลุ่ม”

สิริพร ทิพย์คง (2545: 151-152) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้แบบร่วมมือว่าเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ต้องการเน้นให้นักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน ได้เรียนรู้ร่วมกัน เกิดความร่วมมือ ความรับผิดชอบและการช่วยเหลือกัน มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกัน

และกัน ตลอดจนการฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่น จอห์นสัน และ จอห์นสัน (Johnson and Johnson 1991) ได้กล่าวว่า การเรียนแบบร่วมมือมีองค์ประกอบที่สำคัญ 5 ประการ ถ้าขาดองค์ประกอบใด องค์ประกอบหนึ่งจะเป็นการทำงานกลุ่ม (group work) จะไม่ใช่การเรียนแบบร่วมมือ (cooperative learning) และองค์ประกอบทั้ง 5 ประการสรุปได้ดังนี้

1. การพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกันในทางบวก (Positive interdependence) นักเรียนจะต้องเข้าใจว่าความสำเร็จของแต่ละคนในกลุ่มขึ้นอยู่กับความสำเร็จของกลุ่ม งานของกลุ่มจะประสบความสำเร็จบรรลุจุดประสงค์หรือไม่ ขึ้นอยู่กับสมาชิกทุกคนในกลุ่มที่จะต้องช่วยเหลือพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน

2. การรับผิดชอบของกลุ่ม (Individual accountability) นักเรียนแต่ละคนต้องมีความรับผิดชอบร่วมกันในการทำงานของกลุ่ม เพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงเป็นหน้าที่ของสมาชิกในแต่ละกลุ่มที่จะต้องคอยตรวจสอบว่าสมาชิกทุกคนในกลุ่มเกิดการเรียนรู้หรือไม่

3. การติดต่อปฏิสัมพันธ์กัน โดยตรง (Face-to-Face Promotive Interaction) การปฏิสัมพันธ์จะเกิดขึ้นได้เมื่อสมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีการส่งเสริมสนับสนุนความคิด ผลงานซึ่งกันและกัน มีการอธิบาย การทำความเข้าใจและการให้เหตุผลต่างๆร่วมกัน ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน มีความเข้าใจและเรียนรู้การรู้จักอยู่ร่วมกันในสังคมมากขึ้น

4. ทักษะความสัมพันธ์กันในกลุ่มเล็กและผู้อื่น (Interpersonal and Small Group Skills) การทำงานเป็นกลุ่มเล็กจะต้องได้รับการฝึกฝนเป็นอย่างดี เพื่อให้งานบรรลุผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมาย ทำให้งานของกลุ่มมีประสิทธิภาพสูง สมาชิกทุกคนในกลุ่มต้องไว้วางใจซึ่งกันและกัน ต้องยอมรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน สนับสนุนกัน มีวิธีการสื่อสารและสื่อความหมายที่ชัดเจน

5. กระบวนการกลุ่ม (Group Processing) สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันทำงาน แสดงความคิดเห็น เมื่อทำงานเสร็จแล้วสมาชิกในกลุ่มสามารถตอบคำถาม อธิบายงาน บอกที่มาของผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นได้ สมาชิกต้องช่วยกันประเมินประสิทธิภาพการทำงานของกลุ่ม และประเมินได้ว่าสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มสามารถปรับปรุงการทำงานของตนให้ดีขึ้นได้อย่างไร สมาชิกทุกคนในกลุ่มต้องช่วยกันแสดงความคิดเห็นและตัดสินใจได้ว่า งานครั้งต่อไปจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ขั้นตอนใดที่ยังขาดตกบกพร่อง ต้องการแก้ไขปรับปรุงอะไรและอย่างไรให้ดีขึ้น

อัมพร ม้าคอน (2546: 38) กล่าวถึง การสอนที่เน้นการเรียนแบบร่วมมือจากการศึกษาของนักวิชาการพบว่าการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางเป็นการสอนที่มีประสิทธิภาพทั้งในแง่ของการแก้ปัญหา การนำความรู้ไปใช้ ทักษะคิดและแรงจูงใจในการเรียน ตลอดจนทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น (Sorcinelli, 1991) เพราะการเรียนรู้จะได้ผลสูงสุดเมื่อผู้เรียนได้จัดการกับ

ข้อมูลในวิถีทางที่มีความหมายต่อตนเองไม่ว่าจะเป็นการจัดระบบข้อมูล การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล และการนำข้อมูลไปใช้ในบริบทใหม่ (Svinicki, 1991) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน การเรียนแบบร่วมมือเป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับแนวคิดของการเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เนื่องจากการเรียนแบบร่วมมือทำให้เกิดสิ่งต่างๆ ดังนี้

1. ทำให้เกิดแรงจูงใจที่จะเรียนเพิ่มขึ้น
2. ทำให้เกิดการพัฒนาทางวิชาการในสมาชิกที่ทำงานร่วมกัน
3. ทำให้เกิดการรับรู้ในทางบวกเกี่ยวกับความตั้งใจของผู้อื่น
4. เพิ่มการยอมรับความแตกต่างระหว่างเพื่อน
5. ลดความต้องการพึ่งพาครู
6. เพิ่มการช่วยเหลือและลดการแข่งขัน
7. เพิ่มความเชื่อถือในตนเอง

จากความหมายของการเรียนแบบร่วมมือดังกล่าว สรุปได้ว่า การเรียนแบบร่วมมือ เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนที่มีความสามารถที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันในการเรียนและการทำงาน เกิดการเรียนรู้ร่วมกัน มีการนำเสนอผลงานของแต่ละคนและอภิปรายร่วมกัน มีความรับผิดชอบและช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ มาใช้กับการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ โดยแบ่งนักเรียนแบบลดความสามารถ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน ร่วมกันปฏิบัติการภายในกลุ่ม

2.4 ทฤษฎีการเรียนรู้ของกานเย

อัมพร ม้าคนอง (2546: 4-5) ได้กล่าวว่า ทฤษฎีการเรียนรู้ของกานเยมีสาระสำคัญเกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์ เนื่องจากกานเยใช้คณิตศาสตร์เป็นสื่อสำหรับการใช้ทฤษฎีของเขารับการเรียนรู้ กานเย จำแนกสาระในการเรียนคณิตศาสตร์เป็น 4 ประเภท คือ

1. ข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Facts) เป็นข้อเท็จจริงที่พบในทางคณิตศาสตร์ เช่น ตัวเลข (3) เป็นสัญลักษณ์แทนจำนวนหรือของสามสิ่ง เครื่องหมาย (-) เป็นสัญลักษณ์สำหรับการดำเนินการหักออกหรือการลดลง
2. ทักษะทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Skills) เป็นการกระทำตามขั้นตอนการทำงานที่ผู้เรียนทำด้วยความถูกต้องและรวดเร็ว ทักษะเฉพาะใด ๆ อาจถูกนิยามได้จากกฎ หรือลำดับขั้นตอนการทำงานที่เรียกว่า ขั้นตอนหรือวิธีการ (Algorithms)
3. มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Concepts) เป็นความคิดนามธรรมที่ทำให้มนุษย์สามารถแยกแยะวัตถุหรือเหตุการณ์ว่าเป็นตัวอย่างหรือไม่เป็นตัวอย่างของความคิดที่

เป็นนามธรรมนั้น ตัวอย่างของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เช่น มโนทัศน์ของการเท่ากัน มโนทัศน์ของการเป็นสับเซต มโนทัศน์เกี่ยวกับลักษณะของสามเหลี่ยม เป็นต้น

4. กฎหรือหลักทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Principles) เป็นขั้นตอนในมโนทัศน์หรือความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ต่างๆ เช่น รูปสามเหลี่ยมสองรูปจะคล้ายกันได้ก็ต่อเมื่อรูปสามเหลี่ยมสองรูปนั้นมีขนาดของมุมเท่ากันเป็นคู่ๆ สามคู่

กานเย แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 8 ประเภท คือ

1. การเรียนรู้สัญญาณ (Signal Learning)
2. การเรียนรู้สิ่งเร้า / การตอบสนอง (Stimulus-Response Learning)
3. การเรียนรู้แบบลูกโซ่ (Chaining)
4. การเรียนรู้โดยใช้การสัมพันธ์ทางภาษา (Verbal Association)
5. การเรียนรู้แบบจำแนกความแตกต่าง (Discrimination Learning)
6. การเรียนรู้มโนทัศน์ (Concept Learning)
7. การเรียนรู้กฎ (Rule Learning)
8. การเรียนรู้การแก้ปัญหา (Problem Learning)

กานเย เชื่อว่า การเรียนรู้ทั้ง 8 ชนิดข้างต้น เกิดขึ้นในผู้เรียนเป็นลำดับ 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นรับหรือจับใจความ (Apprehending Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนตระหนักถึงสิ่งเร้า ที่ตนเองประสบ ทำให้รับรู้ลักษณะของสิ่งเร้าเหล่านั้น ซึ่งผู้เรียนแต่ละคนอาจรับรู้ในสิ่งเดียวกันแตกต่างกัน การเรียนรู้ในขั้นนี้จึงสามารถอธิบายได้ว่า เพราะเหตุใดเมื่อผู้สอนสอนสิ่งเดียวกัน นักเรียนจึงตีความสิ่งนั้นแตกต่างกัน

2. ขั้นการได้มาซึ่งความรู้ (Acquisition Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนรับและครอบครองความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ทักษะ มโนทัศน์ และกฎหรือหลักการที่ตนเรียน ภายหลังจากการได้สัมผัสกับสิ่งเร้าในขั้นที่หนึ่ง

3. ขั้นการจัดเก็บความรู้ (Storage Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจำหรือจัดเก็บสิ่งที่เรียนรู้ มาเป็นความจำ ซึ่งมี 2 ชนิด คือ ความจำระยะสั้น (Short-Term Memory) และความจำระยะยาว (Long-Term Memory)

4. ขั้นการระลึกถึงหรือดึงความรู้มาใช้ (Retrieval Phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนระลึกถึงหรือดึงข้อมูลที่เก็บไว้ในความจำออกมา ซึ่งขั้นตอนนี้มีความซับซ้อนทางสมองมากกว่าขั้นตอนอื่นๆ

ตอนที่ 3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์

3.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์

โครงงานเป็นกิจกรรมที่นักเรียนสนใจศึกษาค้นคว้าขึ้นเองเป็นพิเศษภายใต้การให้คำแนะนำเสนอแนะแนวทางของครู โครงงานอาจมีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกับสาระการเรียนรู้ในบทเรียนโดยตรงเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้หรือเป็นการขยายฐานความรู้จากบทเรียนให้กว้างขวางยิ่งขึ้นก็ได้ การจัดทำโครงงานของนักเรียนโดยทั่วไปต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ นักเรียนที่เริ่มต้นเรียนรู้การทำโครงงานถ้าเริ่มต้นด้วยการให้นักเรียนทำโครงงานที่มีองค์ประกอบที่สมบูรณ์อาจเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2554 : 32-42) ได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กิจกรรมโครงงาน สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนใหญ่ๆ ได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเรียนรู้โครงงานเบื้องต้น ฝึกทำแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมทางคณิตศาสตร์โดยให้นำเสนอในรูปโครงงานอย่างง่าย ฝึกการตั้งชื่อโครงงาน กำหนดจุดประสงค์ของโครงงาน ระบุหัวข้อของเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และเขียนรายงานผลการดำเนินงานที่สอดคล้องกับจุดประสงค์

ขั้นตอนที่ 2 ฝึกฝนเติมสาระและระบุวิธีดำเนินงาน เพิ่มเติมหัวข้อจากขั้นตอนที่ 1 โดยเพิ่มรายละเอียดของเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องกับโครงงานอย่างง่ายที่ทำ และเพิ่มการเขียนวิธีดำเนินงานสั้นๆ ในการจัดทำโครงงาน

ขั้นตอนที่ 3 สอดประสานทำโครงงานที่สมบูรณ์ ฝึกทำโครงงานที่สัมพันธ์กับบทเรียนให้มีความลุ่มลึกมากยิ่งขึ้น เขียนรายงานการทำโครงงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 1 และ 2 โดยให้มีความละเอียดชัดเจนขึ้น และเพิ่มเติมหัวข้อที่สำคัญในการเขียนรายงานให้สมบูรณ์ ได้แก่ ความเป็นมา ระยะเวลาดำเนินงาน สรุปและข้อเสนอแนะ และหัวข้ออื่นๆ ที่เห็นว่าเหมาะสม

ขั้นตอนที่ 1-3 เป็นการฝึกให้นักเรียนทำโครงงานที่สอดคล้องกับกิจกรรมหรือแบบฝึกหัดของบทเรียนในกรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้ รวมถึงการขยายขอบข่ายขององค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน เป็นการสอดแทรกโครงงานเข้าไปในกิจกรรมการเรียนรู้ของบทเรียน เมื่อนักเรียนประสบความสำเร็จแล้วจึงดำเนินการในขั้นตอนที่ 4 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 เพิ่มพูนประสบการณ์ทำโครงงานที่สนใจ เพิ่มเติมความรู้เกี่ยวกับการจัดทำโครงงานประเภทต่าง ๆ นอกเหนือไปจากการจัดทำโครงงานที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการทำโครงงานอย่างเต็มที่ อาจเป็นโครงงานที่นักเรียน

สนใจศึกษาเพิ่มเติมเชิงลึกเป็นการเฉพาะ ซึ่งมีความเชื่อมโยงหรือบูรณาการกับเนื้อหาสาระหลายสาระก็ได้

แนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงานทั้ง 4 ขั้นตอน สามารถอธิบายได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเรียนรู้สู่โครงงานเบื้องต้น

ขั้นตอนทั่ว ๆ ไปของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่นิยมใช้กันสรุปย่อ ๆ ได้ดังนี้

1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยการทบทวนความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องเพื่อเตรียมความพร้อมในการเรียนเนื้อหาใหม่ หรือสร้างความตระหนักให้เห็นความสำคัญของบทเรียน
2. นำเสนอเนื้อหาใหม่ ด้วยการเสนอตัวอย่าง บทนิยาม หรือใช้การแก้ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องเพื่อเชื่อมโยงสู่เนื้อหาใหม่
3. เสริมสร้างความเข้าใจ นำเสนอตัวอย่างเพิ่มเติม ครูและนักเรียนสรุปข้อความรู้ร่วมกัน
4. นำไปใช้ แสดงการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ อาจอยู่ในรูปการแก้โจทย์ปัญหา
5. ฝึกทักษะและทบทวน รวมทั้งการขยายฐานความรู้ ด้วยการให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด หรือกิจกรรมที่สอดคล้องกับบทเรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามขั้นตอนข้างต้นสามารถสอดแทรกกิจกรรมโครงงาน โดยปรับเปลี่ยนและเพิ่มเติมส่วนท้ายของกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นฝึกทักษะและทบทวน ด้วยการให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด หรือกิจกรรมที่สอดแทรกแนวคิดของการจัดทำโครงงานโดยแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน ให้นำเสนอกิจกรรมในรูปโครงงานอย่างง่ายขนาดเล็กอาจเรียกว่า “โครงงานน้อย (mini project)” ซึ่งสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ให้มีองค์ประกอบที่สำคัญของการเขียนรายงานการทำโครงการเพียง 3-4 ส่วนก็พอ

องค์ประกอบที่สำคัญของการเขียนรายงานการทำโครงงานขั้นตอนที่ 1 เริ่มเรียนรู้สู่โครงงานเบื้องต้น

1. ชื่อโครงงาน สามารถกำหนดให้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระที่นักเรียนกำลังเรียน หรือเป็นชื่อในลักษณะที่ดึงดูดความสนใจซึ่งมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระที่จะนำเสนอในรูปโครงงาน
2. ผู้จัดทำโครงงาน ระบุชื่อนักเรียนที่ทำ หรือชื่อกลุ่มที่จัดทำโครงงานร่วมกัน กลุ่มละ 3-4 คน

3. จุดประสงค์ ในส่วนนี้ถือว่าเป็นเรื่องใหม่สำหรับนักเรียน การเริ่มต้นฝึกให้นักเรียนมีความรู้สึกรู้ว่าการเขียนจุดประสงค์ไม่ยากและสามารถทำได้ด้วยตนเองก็ถือเป็นการปรับเปลี่ยนคำสั่งที่ให้ทำแบบฝึกหัด พัฒนามาเป็นจุดประสงค์ของโครงการ

ครูผู้สอนจะต้องทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาโครงการไปด้วยในตัว ช่วยดูแล และแนะนำ การเขียนจุดประสงค์ของโครงการให้อยู่ในกรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื่องจากเป็นโครงการในระยะเริ่มต้นที่มีความเชื่อมโยงกับบทเรียนโดยตรงไปตรงมา

4. สารแนวคิดศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ให้ระบุเพียงชื่อหัวข้อ หรือชื่อเรื่องของบทเรียนที่นักเรียนกำลังเรียนอยู่ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับโครงการที่นักเรียนทำ ในการทำโครงการขั้นตอนแรกนี้ให้นักเรียนระบุเพียงชื่อของหัวข้อ หรือชื่อเรื่อง ก็เป็นการเพียงพอ รายละเอียดต่างๆ ให้อธิบายไว้มาก่อนก็ได้

5. ผลการดำเนินงาน ส่วนประกอบของโครงการในส่วนนี้ต้องมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ของโครงการ เนื่องจากจุดประสงค์ของโครงการสามารถพัฒนามาจากคำสั่งของแบบฝึกหัดหรือคำสั่งของกิจกรรม ผลการดำเนินงานก็สามารถพัฒนามาจากวิธีทำและคำตอบที่ทำตามคำสั่ง รวมถึงการแสดงผลตามที่ระบุในจุดประสงค์นั่นเอง ทั้งนี้ผู้จัดทำต้องมีวิธีการนำเสนอเป็นของตนเอง นำเสนอให้น่าสนใจว่าการทำแบบฝึกหัดตามปกติ

หลังจากนักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาสาระทางคณิตศาสตร์แล้ว ในขั้นฝึกทักษะและทบทวนรวมทั้งการขยายฐานความรู้ ครูกำหนดให้นักเรียนทำโครงการเพิ่มเติมจากการทำแบบฝึกหัด หรือทดแทนการทำแบบฝึกหัด ซึ่งครูควรมีตัวอย่างโครงการในเนื้อหาสาระนั้นให้นักเรียนศึกษาด้วย

แนวคิดง่ายๆ ในขั้นตอนเริ่มต้นทำโครงการก็คือนักเรียนจัดทำโครงการจากกิจกรรมที่นักเรียนคุ้นเคยอยู่แล้ว โดยการพัฒนามาจากกิจกรรมการเรียนรู้หรือจากการทำแบบฝึกหัดของนักเรียนที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด ในระยะแรกนี้ครูจะมีบทบาทในการแนะนำนักเรียนค่อนข้างมาก เพื่อให้การจัดทำโครงการอยู่ในกรอบจุดประสงค์ของบทเรียน แต่นักเรียนก็ยังมีอิสระในการคิด ค้นหา ในส่วนที่เป็นรายละเอียดด้วยตนเอง และการคิดหาวิธีนำเสนอให้น่าสนใจ

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเรียนรู้โครงการเบื้องต้น ครูอาจต้องใช้เวลาในการจัดกิจกรรมสัก 3-4 ครั้ง ครั้งละ 1-2 ชั่วโมง เพื่อให้ นักเรียนมีความคุ้นเคยกับการทำโครงการอย่างง่าย สามารถกำหนดชื่อโครงการได้ เขียนจุดประสงค์ ระบุเนื้อหาแนวคิดศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และผลการดำเนินงานที่สอดคล้องกันได้ นอกจากนี้ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอโครงการที่กลุ่มของนักเรียนจัดทำขึ้น ด้วยวิธีนำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยใช้สื่อช่วยการนำเสนอ เช่น แผ่นโปสเตอร์ เครื่องฉายภาพทาบแสง การนำเสนอด้วยโปรแกรม และที่สำคัญคือการให้นักเรียนได้มีโอกาส

จัดแสดงโครงงานบนป้ายนิเทศของห้องเรียน ติดแสดงไว้ครั้งละประมาณ 1 สัปดาห์ ให้นักเรียนกลุ่มอื่นได้มาศึกษา ช่วยตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะ ซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนเกิดความรู้ภาคภูมิใจในผลงานของตนเองอีกด้วย

ขั้นตอนที่ 2 ฝึกฝนเติมสาระและระบุวิธีดำเนินงาน

หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการคิด ในขั้นการให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด หรือกิจกรรมหลังเรียน ครูสามารถฝึกให้นักเรียนนำเสนอในรูปแบบโครงงานอย่างต่อเนื่องต่อไป ส่วนประกอบของรายงานการทำโครงงานที่ควรให้นักเรียนเพิ่มเติมในการจัดทำโครงงานขั้นตอนที่ 2 นี้ คือ การเพิ่มเติมรายละเอียดของเนื้อหาสาระ คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการเขียนวิธีการดำเนินงาน โดยให้เขียนต่อจากจุดประสงค์ ก่อนที่จะแสดงผลของการดำเนินงาน

1. สาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ให้นักเรียนพิจารณาว่าโครงงานคณิตศาสตร์ที่จัดทำ มีความเกี่ยวข้องหรือได้นำเนื้อหาใดของคณิตศาสตร์มาใช้บ้าง ซึ่งในขั้นตอนที่ 1 นั้นให้นักเรียนเขียนเฉพาะชื่อหัวข้อ หรือชื่อเรื่อง ต่อมาในขั้นตอนที่ 2 นี้ อาจให้เพิ่มเติมสาระสำคัญของเนื้อหาคณิตศาสตร์ลงไปด้วย นักเรียนสามารถเขียนสาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องโดยนำมาจากเนื้อหา ในหนังสือเรียน หรือจากบทสรุปข้อความรู้ของบทเรียน

2. วิธีดำเนินงาน ส่วนประกอบของโครงงานในส่วนนี้ให้กล่าวถึงวิธีการที่นำไปสู่การได้คำตอบ สิ่งที่ต้องการ หรือผลตามที่กำหนดในจุดประสงค์ ให้กล่าวถึงวิธีการขั้นตอนที่นำไปสู่การได้ผลการดำเนินงานตามโครงงาน นักเรียนสามารถเรียบเรียงขึ้นจากวิธีการขั้นตอนที่นักเรียนปฏิบัติโดยตรง การเขียนเล่าสิ่งที่ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเป็นสิ่งที่ไม่ยากสำหรับนักเรียน วิธีดำเนินงานที่ใช้ในโครงงาน เช่น การศึกษาเอกสาร ตำรา การสัมภาษณ์ผู้รู้ การสำรวจ การสังเกต การทดลอง การสร้างสิ่งประดิษฐ์ รวมถึงการสร้างแบบจำลองเพื่อหาคำตอบ

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนมีอิสระในการทำกิจกรรมในรูปแบบโครงงานมากขึ้น แต่ยังคงอยู่ในกรอบจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน ครูยังต้องช่วยเสนอแนะอยู่พอสมควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นสาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง จำเป็นที่ครูจะต้องช่วยตรวจสอบความถูกต้อง ไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนของมโนคติทางคณิตศาสตร์ ครูสามารถนำสาระสำคัญจากแผนการจัดการเรียนรู้ของครูมาใช้แนะนำการเขียนสาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในโครงงานของนักเรียนได้

ในตอนท้ายของกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละครั้ง ครูสามารถกำหนดงานให้นักเรียนจัดทำโครงงานที่มีความสัมพันธ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ สาระสำคัญของเรื่องที่เรียนก็จะไปปรากฏอยู่ในส่วนสาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

ขั้นตอนที่ 3 สอดประสานทำโครงการที่สมบูรณ์

เมื่อถึงระยะนี้ถือว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในการจัดทำโครงการได้

พอสมควรแล้ว สามารถฝึกทำโครงการที่มีความลุ่มลึกและมีขนาดใหญ่ขึ้นได้ การเขียนรายงานการทำโครงการในขั้นตอนที่ 3 เป็นการเขียนหัวข้อต่าง ๆ ที่มีความละเอียดชัดเจนขึ้น มีการเพิ่มเติมองค์ประกอบของโครงการให้สมบูรณ์ตามรูปแบบของการเขียนรายงานโครงการ สำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดแทรกโครงการอย่างง่ายมาตั้งแต่ต้น เมื่อถึงขั้นตอนนี้ สาระในบทเรียนคณิตศาสตร์ทั่ว ๆ ไป มักเป็นเรื่องการประยุกต์ใช้ความรู้ในลักษณะการแก้โจทย์ปัญหา หรือเป็นการขยายฐานความคิดของเรื่องที่เรียนออกไป ซึ่งครูสามารถสนับสนุนให้นักเรียนแสดงการประยุกต์ใช้ความรู้ในแนวทางที่นักเรียนสนใจในรูปของการจัดทำโครงการ โดยกำหนดกรอบความคิดด้วยจุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้ ในขั้นตอนที่ 3 นี้ ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้จัดทำโครงการที่มีองค์ประกอบครบถ้วน เป็นโครงการที่สมบูรณ์ชัดเจนจัดว่าเป็นโครงการใหญ่ที่ต้องใช้ความคิดและเวลาพอสมควร

หัวข้อหรือองค์ประกอบของรายงานการทำโครงการในขั้นตอนที่ 3 ที่ควรเพิ่มเติมจากขั้นตอนที่ 1 และ 2 ให้สมบูรณ์ มีดังนี้

1. ครูที่ปรึกษา โครงการที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ครูที่ปรึกษาหรืออาจารย์ที่ปรึกษาก็คือครูผู้สอน และอาจมีครูท่านอื่นซึ่งมีความถนัดและความสนใจในเรื่องที่นักเรียนจัดทำโครงการมาช่วยเป็นที่ปรึกษา เป็นการเตรียมตัวนักเรียนสำหรับทำโครงการที่นักเรียนคิดได้เองอย่างอิสระต่อไป หัวข้อครูที่ปรึกษานี้อาจมีปรากฏในโครงการตั้งแต่ขั้นตอนต้น ๆ ก่อนหน้านี้อีกได้

2. ความเป็นมา ให้กล่าวถึงเหตุผล แรงจูงใจที่ทำให้เกิดความสนใจทำโครงการนี้ขึ้นมา

3. ระยะเวลาในการดำเนินงาน บอกช่วงเวลา หรือระยะเวลารวมในการจัดทำโครงการ อาจนำไปไว้เป็นส่วนขยายของวิธีการดำเนินงานก็ได้

4. สรุป และข้อเสนอแนะ เป็นการสรุปสาระสำคัญของผลการดำเนินงานที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ ควรสรุปแยกเป็นข้อ ๆ นอกจากนี้สามารถเพิ่มเติมสิ่งที่นักเรียนผู้จัดทำได้รับจากการจัดโครงการในลักษณะที่เป็นข้อค้นพบ ความรู้ รวมถึงแนวทางที่จะเสนอแนะให้ผู้อื่นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

หลังจากที่นักเรียนได้ฝึกการทำโครงการในกรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียนที่กำหนดตามแผนการจัดการเรียนรู้ นับได้ว่านักเรียนมีประสบการณ์ในการทำโครงการพอสมควรแล้ว แต่ยังเป็นโครงการที่อยู่ภายใต้การมีส่วนร่วมในการกำหนดเรื่องของครูผู้สอน

แม้จะมีความเป็นอิสระในการคิดค่อนข้างสูงแต่ก็ยังไม่มีความเป็นอิสระอย่างเต็มที่ เมื่อดำเนินงานมาถึงขั้นตอนที่ 3 อาจถือได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยการสอดแทรกกิจกรรมโครงการสิ้นสุดลงแล้ว ในขั้นตอนต่อไปเป็นระยะที่นักเรียนจะเพิ่มพูนประสบการณ์ในการทำโครงการที่อาจอยู่นอกกรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการคิด วางแผน และจัดทำโครงการเอง โดยครูผู้สอนจะลดบทบาทลงเป็นเพียงผู้ให้คำปรึกษา

ขั้นตอนที่ 4 เพิ่มพูนประสบการณ์ทำโครงการที่สนใจ

ในขั้นตอนที่ 4 นี้ จัดได้ว่าเป็นกิจกรรมที่มุ่งให้นักเรียนจัดทำโครงการโดยตรง เป็นการเปิดโอกาสให้กลุ่มของนักเรียนคิดหัวข้อโครงการเองตามความสนใจ ในลักษณะที่เปิดมากขึ้น มีความเป็นอิสระมากขึ้น ซึ่งไม่จำเป็นต้องอยู่ภายใต้กรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง โครงการอาจมีความเชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์หลายเรื่อง หรือมีความเชื่อมโยงกับสาระอื่นในลักษณะบูรณาการก็ได้ การจัดกิจกรรมในขั้นตอนที่ 4 เพิ่มพูนประสบการณ์ ในการทำโครงการนี้ สามารถดำเนินการในลักษณะเป็นกิจกรรมเสริม นอกเหนือไปจากการเรียนการสอนตามปกติ ในขั้นตอนนี้ครูสามารถให้ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนในการทำโครงการกับนักเรียน และควรให้ความรู้เกี่ยวกับโครงการที่มีลักษณะแตกต่างไปจากเดิม

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ในขั้นต้น นักเรียนจะมีส่วนร่วมในการกำหนดแนวทางการจัดทำโครงการค่อนข้างน้อย บทบาทส่วนใหญ่อยู่ที่ครูจะเป็นผู้กำหนดแนวทาง เพื่อให้โครงการอยู่ในกรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้ แต่ นักเรียนมีอิสระในการดำเนินการ ขั้นตอนต่อมา นักเรียนมีอิสระมากขึ้นจนกระทั่งมีอิสระในการจัดทำโครงการเอง ครูจะลดบทบาทลงเพื่อทำหน้าที่เป็นครูที่ปรึกษา

3.2 บทบาทของครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์

ในการทำโครงการคณิตศาสตร์นั้นแม้จะเป็นคณิตศาสตร์ประเภทหนึ่ง อาจจัดขึ้นภายในโรงเรียนได้ตลอดปีการศึกษาโดยที่จะต้องมียุทธศาสตร์และมีแผนการดำเนินงานว่าจะทำในช่วงไหน และมีระยะเวลานานเท่าใด ในการทำโครงการนี้นักเรียนเป็นผู้ลงมือดำเนินงานเองหมด โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการเป็นผู้ให้คำแนะนำ ช่วยกระตุ้นความสนใจและเสริมกำลังใจแก่นักเรียนในระหว่างทำโครงการอีกด้วย ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2530: 56-58 อ้างถึงใน ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล 2542: 13-15) ได้กล่าวถึงบทบาทของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์ตามการปฏิบัติงานของนักเรียนเป็น 3 ระยะ ดังนี้

1. ระยะเริ่มต้น เป็นเรื่องยากที่สุดในการทำโครงการคณิตศาสตร์ คือ การเลือกหัวข้อหรือปัญหาที่จะศึกษา เพราะจะต้องเป็นเรื่องที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียนและมีแนวทางที่จะหาคำตอบได้ ประสบการณ์ของนักเรียนจะช่วยให้เกิดแนวคิดและเกิดความคิด

สร้างสรรค์ขึ้นได้ ฉะนั้นระยะเริ่มต้นจึงเป็นระยะสำคัญ ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาจะต้องให้ความช่วยเหลือเป็นพิเศษโดยอาจทำได้ดังนี้

- 1.1 กระตุ้นหรือเร้าความสนใจของนักเรียนเกี่ยวกับการทำโครงการ
คณิตศาสตร์
- 1.2 แนะนำวิธีทำโครงการและเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา
- 1.3 จัดเอกสารและแนะนำแหล่งค้นคว้าเพื่อให้นักเรียนสำรวจความสนใจและ
ศึกษาเพิ่มเติม
- 1.4 จัดให้มีบรรยายโดยวิทยากรในเรื่องที่นักเรียนสนใจหรือจัดศึกษานอก
สถานที่
- 1.5 ช่วยแนะนำในการวางแผนโครงย่อ และการวางแผนการทำงาน
- 1.6 ให้คำปรึกษาและดูความเป็นไปได้ของเค้าโครงย่อของโครงการ
2. ระยะที่นักเรียนทำโครงการ เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่จะต้องทำโครงการ
คณิตศาสตร์นอกเวลาเรียนปกติและมักใช้เวลาทำงานตามใจชอบ นอกจากจัดชั่วโมงกิจกรรมไว้ใน
เวลาเรียนปกติ ดังนั้นเวลาจึงเป็นเรื่องสำคัญเรื่องหนึ่งที่อาจารย์ที่ปรึกษาจะต้องควบคุม และเมื่อ
ตรวจแก้เค้าโครงย่อของโครงการแล้ว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ควรปฏิบัติในหัวข้อต่อไปนี้
 - 2.1 ติดตามความก้าวหน้าในการทำงานของนักเรียนโดยดูจากแผนการทำงาน
และควรฝึกให้นักเรียนหาสมมุติเฉพาะสำหรับจุดบันทึกข้อมูลประจำวันไว้
 - 2.2 ให้ความช่วยเหลือทางด้านวิชาการและปฏิบัติการเมื่อนักเรียนมีปัญหา
ซึ่งบางครั้งอาจจะต้องติดต่อขอความช่วยเหลือจากอาจารย์มหาวิทยาลัยหรือผู้ทรงคุณวุฒิ
จากหน่วยงานอื่น
 - 2.3 จัดให้นักเรียนได้พบปะและรวมกลุ่มเพื่อรายงานปากเปล่า โดยมีอาจารย์ที่
ปรึกษารวมอยู่ด้วย ซึ่งจะเป็นวิธีหนึ่งในการช่วยแก้ปัญหาซึ่งกันและกัน
 - 2.4 ให้กำลังใจแก่นักเรียนมิให้ท้อถอย เมื่อผลการดำเนินงานไม่เป็นไปตาม
ความคาดหมายซึ่งอาจจะต้องมีการตั้งต้นทำใหม่หรือทำซ้ำและควรกระตุ้นให้นักเรียนทำโครงการ
จนสำเร็จครบทุกขั้นตอน
3. ระยะสิ้นสุดการทำโครงการ หัวข้อหรือปัญหาที่นักเรียนเลือกทำโครงการอาจ
มีความยากง่ายต่างกัน แต่ก็ยังคงอยู่ในดุลยพินิจของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ซึ่งได้พิจารณาถึง
ความเป็นไปได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้นแล้ว นอกจากนี้การได้วางแผนขั้นตอนการทำงานจะช่วยได้อย่าง
มาก เพราะในการทำโครงการมักจะมีปัญหาที่ไม่คาดคิดเกิดขึ้นเสมอ นักเรียนทำการทดลองเพื่อ

รวบรวมข้อมูลหลายๆครั้งก่อนที่จะแปลผลและลงข้อสรุป แล้วจึงจะเขียนรายงาน ฉะนั้นในช่วงนี้
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการอาจให้คำแนะนำช่วยเหลือดังนี้

- 3.1 จัดเวลาให้นักเรียนได้พบเพื่อเสนอผลงานก่อนที่จะเขียนรายงาน
- 3.2 ตรวจสอบขั้นตอนในการเขียนรายงาน เพื่อให้เป็นไปตามวิธีการทาง
วิทยาศาสตร์และดูการใช้ภาษาเพื่อสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน
- 3.3 อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการทำการประเมินผลให้กำลังใจนักเรียนในความ
อุตสาหวิริยะทำงานจนเป็นผลสำเร็จ และคัดเลือกโครงงานไว้แสดงในกรณีที่จะมีนิทรรศการหรือ
การจัดแสดงโครงงานคณิตศาสตร์ของโรงเรียน สมาคมหรือหน่วยงานต่างๆ
- 3.4 การติดตามผล ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาอาจส่งเสริมโครงงานที่น่าสนใจเป็น
พิเศษ โดยให้นักเรียนทำต่อเพื่อเพิ่มพูนทักษะในการค้นคว้าต่อไปหรือโครงงานที่ยังทำไม่สมบูรณ์ก็
ควรนำมาปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมให้เสร็จ

3.5 ในแต่ละปีการศึกษา ควรมีการรวบรวมรายชื่อรายงานโครงงาน
คณิตศาสตร์ของนักเรียนไว้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำโครงงานในปีต่อไป

อัลลิ่งเจอร์ และคณะ(Allinger and others, 1998: 8 อ้างถึงใน สมวงษ์ แปลง
ประสพโชคและคณะ 2552: 7-8) แนะนำบทบาทสำหรับครูดังนี้ สิ่งที่สำคัญที่สุดของหน้าที่ครูก็คือ

1. การกระตุ้นส่งเสริมให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นอยากทำโครงงาน
2. ให้แนวคิดกว้างๆและให้คำแนะนำที่เหมาะสมสำหรับโครงงาน
3. ขอความช่วยเหลือจากบรรณารักษ์ จากการค้นคว้าทางอินเทอร์เน็ต
4. ครูอาจแนะนำแหล่งอื่นๆ เช่น หนังสือ วารสาร จุลสาร
5. อาจช่วยนักเรียนเลือกหัวข้อและทบทวนเกณฑ์ต่างๆก่อนที่จะเริ่มทำโครงงาน
ซึ่งควรเป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจจริงๆ และอยู่ในกรอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
6. ไม่จำเป็นต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องที่นักเรียนเลือกทำ ครูเป็นเพียงผู้แนะนำ
ช่วยเหลือในทุกด้าน เช่น การให้กำลังใจ การดูแลการจัดทำรายการให้สมบูรณ์และถูกต้อง การ
เตรียมการจัดและแสดงผลงาน

สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (2547: 11) ได้กล่าวถึง บทบาทของอาจารย์ที่
ปรึกษาไว้ดังนี้

1. ใช้วิธีการต่างๆ ที่จะกระตุ้นให้นักเรียนคิดหัวข้อเรื่องโครงงาน
2. จัดหาสิ่งอำนวยความสะดวก วัสดุอุปกรณ์ในการทำงาน
3. ติดตามการทำงานอย่างใกล้ชิด ด้ก้วยประเมินศึกษาควรคำนึงถึงความปลอดภัย
เป็นสิ่งสำคัญ

4. ให้กำลังใจในกรณีที่ล้มเหลว ควรแก้ปัญหาต่อไป
5. ชี้แนะแหล่งข้อมูล แหล่งความรู้ ผู้รู้ เอกสารต่างๆในการศึกษาค้นคว้า
6. ประเมินผลงาน ส่งผลงานเข้าร่วมประกวด จัดเวทีให้แสดงความรู้

ความสามารถ

ตอนที่ 4 การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์

4.1 การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีผู้กล่าวถึงแตกต่างกัน ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 83) ได้กล่าวถึง การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ต้องการให้นักเรียนมีความรู้และมีพื้นฐานเพียงพอ ที่จะนำไปศึกษาต่อนั้น จำเป็นต้องบูรณาการหรือเชื่อมโยงเนื้อหาต่างๆในวิชาคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เช่น การใช้ความรู้เรื่องเซตมาช่วยในการให้บทนิยามของฟังก์ชันในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและการเรียนเรื่องจำนวนจริงโดยอาศัยทฤษฎีบทพีทาโกรัสในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

นอกจากการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาต่างๆในคณิตศาสตร์ด้วยกันแล้ว ยังต้องมีการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆโดยใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้และการแก้ปัญหา เช่น ในเรื่องการเงิน การคิดดอกเบี้ยทบต้น ก็อาศัยความรู้เรื่องเลขยกกำลังและผลบวกของอนุกรมมาช่วย หรือในงานศิลปะและการออกแบบก็ใช้ความรู้เรื่องเรขาคณิตมาช่วย เป็นต้น

นอกจากนี้แล้วยังมีการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิตความเป็นอยู่ประจำวันอีก เช่น การซื้อขาย การชั่ง ตวง วัด การคำนวณระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเดินทาง การวางแผนในการออมเงินพร้อมผลประโยชน์ที่จะได้รับเพื่อไว้ใช้ในชว่บั้นปลายของชีวิต เป็นต้น

สมบัติ แสงทองคำสุก (2545: 42 อ้างถึงใน รัชณี พุ่มแห้ว 2552: 36) ได้สรุปถึงการเชื่อมโยงในวิชาคณิตศาสตร์ว่า นักเรียนจำเป็นต้องทำการเชื่อมโยงภายในขอบเขตวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อว่าพวกเขาจะได้เห็นการบูรณาการทั้งหมด มากกว่าการจัดโดยไม่มี การเชื่อมโยงความคิด ครูมีส่วนช่วยนักเรียนในการเชื่อมโยงความคิดกับหัวข้อทั่วไป เช่น ทศนิยม เศษส่วน เปอร์เซ็นต์ การบวก การลบ การคูณ การหาร และการวัดทางคณิตศาสตร์ โอกาสเหมาะที่จะทำการเชื่อมโยงได้เกิดขึ้นเกือบทุกวันและครูเตรียมพร้อมรับทราบโอกาสที่เหมาะสมกับข้อดีของการ

ทำกิจกรรมของพวกเขา โครงการงานคณิตศาสตร์เป็นสถานการณ์หนึ่งที่นักเรียนบางคนเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับหลักสูตรเนื้อหาวิชาอื่นๆและชีวิตจริงได้

การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นทักษะและกระบวนการที่นักเรียนควรจะเรียนรู้ฝึกฝนทักษะ และพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน เพราะการที่นักเรียนเห็นการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จะส่งเสริมให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาต่างๆในคณิตศาสตร์และความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้ลึกซึ้งและยาวนานขึ้น ตลอดจนช่วยให้นักเรียนเห็นว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีคุณค่า น่าสนใจ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตจริงได้

4.2 ความหมายและแบบของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

การเชื่อมโยงและแบบของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ มีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

อัมพร ม้าคนอง (2553 : 60) การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นสิ่งสะท้อนให้เห็นถึงการใช้งานของคณิตศาสตร์ ในชีวิตจริงที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไป การเชื่อมโยงมีความสำคัญและจำเป็น สำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย เนื่องจากการเชื่อมโยงจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจคณิตศาสตร์ที่เรียนในห้องเรียนได้ดีขึ้น ตลอดจนมองเห็นความสำคัญและคุณค่าของคณิตศาสตร์ในแง่ของการเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ ที่สามารถนำไปใช้กับศาสตร์สาขาอื่นได้ ทำให้คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่น่าสนใจ ไม่ใช่เป็นเพียงวิชาที่เรียนทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยาม เพื่อใช้แก้ปัญหาคณิตศาสตร์เฉพาะในห้องเรียนอีกต่อไป ด้วยเหตุผลดังกล่าว ทักษะการเชื่อมโยงจึงถูกเน้นมากในการเรียน การสอนปัจจุบัน

สุพัฒตรา หล้าฤทธิ์ (2547 อ้างถึงใน รัชณี ทุ่มแก้ว 2552: 36) การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ คือ การผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกันให้รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกันซึ่งแบ่งออกเป็น

1. การเชื่อมโยงภายในวิชา เป็นการนำเนื้อหาภายในวิชาเดียวกันไปสัมพันธ์กันให้นักเรียนได้ประยุกต์ความรู้ และทักษะไปใช้ในชีวิตจริง ช่วยนักเรียนให้ทำความเข้าใจถึงความแตกต่างของเนื้อหาวิชา รวมทั้งพีชคณิต เรขาคณิต และตรีโกณมิติ ซึ่งจะทำให้การเรียนของนักเรียนมีความหมาย

2. การเชื่อมโยงระหว่างวิชา เป็นการรวมศาสตร์ต่างๆ ตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไป ภายใต้หัวข้อที่เกี่ยวข้องกันให้มาสัมพันธ์กัน เช่น วิชาคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ สังคม กีฬาและศิลปะ เป็นการเรียนรู้โดยใช้ความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในวิชาต่างๆมากกว่า 1 วิชาขึ้นไป จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและตรงกับสภาพชีวิตจริง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 83-99) กล่าวถึงการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการคิด วิเคราะห์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และหลักการทางคณิตศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างความรู้และทักษะและกระบวนการที่มีในเนื้อหาคณิตศาสตร์กับงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา และการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนหรือสมบูรณ์ขึ้น

รูปแบบของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ อาจจำแนกตามลักษณะการเชื่อมโยงได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1. การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ เป็นการนำความรู้และทักษะและกระบวนการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ไปสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผล ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธีหรือจะตัดรัดขึ้น และทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีความหมายสำหรับนักเรียนมากยิ่งขึ้น

2. การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เป็นการนำความรู้และทักษะและกระบวนการต่างๆทางคณิตศาสตร์ไปสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลกับเนื้อหาและความรู้ของศาสตร์อื่นๆ เช่น วิทยาศาสตร์ ดาราศาสตร์ พันธุกรรมศาสตร์ จิตวิทยาและเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น ทำให้การเรียนคณิตศาสตร์น่าสนใจ มีความหมายและนักเรียนเห็นความสำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์

จากความหมายของการเชื่อมโยงและแบบของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สรุปได้ว่า เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการคิด วิเคราะห์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และหลักการทางคณิตศาสตร์ นำมาผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกันให้รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกัน

4.3 มาตรฐานการเชื่อมโยง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 138-139) กล่าวถึงมาตรฐานทางด้านการเชื่อมโยง ดังนี้

1. ระบุและใช้การเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดต่างๆทางคณิตศาสตร์ได้ (Recognize and connection among mathematical ideas)

2. เข้าใจแนวคิดต่างๆทางคณิตศาสตร์ว่าเชื่อมโยงกันอย่างไร และสร้างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ใหม่ที่สอดคล้องกับของเดิมได้ (Understand how mathematical thinking interconnect and build on one another to produce a coherent whole)

3. ระบุและประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในบริบทอื่นนอกเหนือจากคณิตศาสตร์ได้ (Recognize and apply mathematics in contexts outside of mathematics)

กรมวิชาการ (2544: 25) ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 3 ด้านความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ไว้ดังนี้

1. เชื่อมโยงความรู้เนื้อหาต่างๆ ในคณิตศาสตร์และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ
2. นำความรู้และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้ในสิ่งต่างๆ และในชีวิตจริงได้

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (The National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) 2000: 1-2 อ้างถึงใน เจียมใจ จันทรศรี 2550:35-36) ได้กำหนดมาตรฐานการเชื่อมโยงสำหรับนักเรียนชั้นอนุบาลถึงเกรด 12 ของโปรแกรมการสอนคณิตศาสตร์ไว้เพื่อมุ่งให้นักเรียนสามารถ

1. ตระหนักและรู้จักเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์ ความคิดที่ว่าคณิตศาสตร์สามารถเชื่อมโยงกันได้ ควรสอดแทรกอยู่ในการเรียนการสอนในโรงเรียนในทุกระดับชั้น การให้ประสบการณ์การเรียนรู้กับเด็กในครั้งแรกที่เข้ามาในโรงเรียนไม่ควรแยกเป็นเรื่องราว แต่ควรรวมคณิตศาสตร์เข้ากับหลายๆ เหตุการณ์ ซึ่งเด็กสามารถเรียนรู้และจดจำแบบรูปของคณิตศาสตร์จากจังหวะดนตรี รูปหกเหลี่ยมในรวงผึ้ง นับจำนวนครั้งที่กระโดดเชือกได้
2. เข้าใจคณิตศาสตร์ว่าเชื่อมโยงกันได้อย่างไร และนำความรู้หนึ่งไปสร้างความรู้ใหม่ที่เกี่ยวข้องกันได้ เมื่อนักเรียนตั้งสมมติฐานทางคณิตศาสตร์ที่โรงเรียนไปเรื่อยๆ ความสามารถในการเห็นส่วนที่สามารถเกี่ยวข้องกันได้ ในคณิตศาสตร์ควรมีเพิ่มขึ้น
3. ตระหนักและรู้จักประยุกต์คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ในการเรียนคณิตศาสตร์ควรได้ทำงานเกี่ยวกับปัญหาในวิชาอื่นๆ บ้าง การเชื่อมโยงสามารถทำได้กับวิชาอื่นๆ ที่เป็นชีวิตประจำวันของนักเรียน การให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยการให้งาน ถือเป็นเรื่องสำคัญ คณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ในวิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ เกษตรศาสตร์ และบริหารธุรกิจ การเชื่อมต่อกับคณิตศาสตร์เข้ากับวิทยาศาสตร์ ไม่ได้แค่เฉพาะเนื้อหา แต่ยังรวมถึงกระบวนการเนื้อหาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้นำไปประยุกต์ให้เข้ากับการเรียนคณิตศาสตร์

จากมาตรฐานของการเชื่อมโยงที่กล่าวมาข้างต้นทำให้สรุปได้ว่า มาตรฐานของการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ควรสร้างให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในระหว่างการเรียนรู้การสอนโดยให้นักเรียนปฏิบัติงานหรือทำกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจและสามารถเชื่อมโยงองค์

ความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆหรือนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ตอนที่ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

จากงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์รวม 5 เรื่อง ได้แก่ รายงานวิจัยของ เจียมใจ จันทร์ศรี (2550) สมชาย ทองบ่อ (2551) ทิพรัตน์ ปะสีละเตัง (2551) รัชณี พุ่มแห้ว (2552) และศันสนีย์ อินทบริสุทธี (2554) มีวัตถุประสงค์สอดคล้องกัน คือ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังการใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ ศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ และศึกษาคุณภาพของโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ของงานวิจัยทั้ง 5 เรื่อง สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ โดยออกแบบกิจกรรมตามสถานการณ์ต่างๆที่เน้นให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่มย่อยหรือรายบุคคล โดยสอดแทรกโครงการเข้าเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะค่อยเป็นค่อยไป เริ่มต้นด้วยโครงการที่มีองค์ประกอบง่ายๆแล้วค่อยๆเพิ่มองค์ประกอบให้มากขึ้น จนกระทั่งสมบูรณ์ตามรูปแบบของการจัดทำโครงการ แผนการสอนที่ใช้ในงานวิจัยทั้ง 5 เรื่อง มีจำนวน 6 - 16 แผน ใช้เวลาสอน 15-18 ชั่วโมง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6-16 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แบบปรนัยเลือกตอบ จำนวน 25-40 ข้อ แบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ แบบทดสอบทุกชุดมีคุณภาพ เพราะมีค่าความเที่ยงมากกว่า 0.5 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปทุกชุด แบบประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของงานวิจัยทั้ง 5 เรื่อง อยู่ในระดับดี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.00 - 3.23 แบบประเมินคุณภาพโครงการคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับดี 4 เรื่อง ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.74- 3.94 ส่วนงานวิจัยของทิพรัตน์ ปะสีละเตัง (2551) คุณภาพโครงการคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.12

จากผลการวิจัยทั้ง 5 เรื่องได้ผลสอดคล้องกันงานวิจัยของ เจียมใจ จันทร์ศรี (2550)ได้ทำการวิจัยเรื่อง “ กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์เรื่องทศนิยม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ” พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังได้รับการสอน

โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องทศนิยมของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.23 ซึ่งอยู่ในระดับดี และ 3) คุณภาพโครงงานคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.946 อยู่ในระดับดี งานวิจัยของสมชาย ทองบ่อ (2551) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “ กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ” พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสของนักเรียนหลังการใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนการใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1 2) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสของนักเรียนหลังใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ย 3.08 อยู่ในระดับดี 3) คุณภาพของโครงงานคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ย 3.84 ซึ่งอยู่ในระดับดี งานวิจัยของทิพรรัตน์ ปะสิละเตตัง (2551) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “ กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์เรื่องสถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ” พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องสถิติของนักเรียนหลังการใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.5 อยู่ในระดับดี 3) คุณภาพโครงงานคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 อยู่ในระดับดีมาก งานวิจัยของ รัชณี พุ่มแห้ว (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “ กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ” พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนโดยการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ 2) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละของนักเรียนหลังการสอนโดยการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ย 3.00 อยู่ในระดับดี 3) คุณภาพโครงงานคณิตศาสตร์เรื่องอัตราส่วนและร้อยละของนักเรียน อยู่ในระดับดี งานวิจัยของ ศันสนีย์ อินทบริสุทธี (2554) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “ ผลการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์เรื่องรูปสามเหลี่ยม ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ” พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์สูงกว่าการจัดกิจกรรมแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับดี

4.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

นุช (Knuth, 2000: 500-508 อ้างถึงใน สมชาย ทองบ่อ 2551: 47) ได้ศึกษาความเข้าใจในการสร้างความเชื่อมโยงในระบบพิคตฉากของนักเรียน สืบเนื่องจากการนำเสนอเนื้อหาที่

หลากหลายของฟังก์ชันในวิชาคณิตศาสตร์ ของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา มีนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวนมากไม่เข้าใจการเชื่อมโยงเนื้อหาเหล่านั้น โดยเฉพาะการเชื่อมโยงระหว่างพีชคณิตและกราฟของฟังก์ชัน จากกลุ่มตัวอย่าง 179 คน ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาพีชคณิตของแคลคูลัสปีแรก ผลการวิจัยพบว่า มากกว่า 3 ใน 4 ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเลือกทำแบบทดสอบโดยใช้วิธีทางพีชคณิต แม้ว่าจะหาคำตอบโดยใช้กราฟของฟังก์ชันจะง่ายกว่าก็ตาม และน้อยกว่า 1 ใน 3 ที่ใช้วิธีของกราฟจะใช้วิธีอื่นๆ หรือวิธีทางเลือกอื่นอีก

เรมี (Remey 1997: 786-A อ้างถึงใน รัชนี ทุ่มแห้ว 2552: 47) ได้ศึกษาผลการใช้การเรียนรู้และ โครงงานพื้นฐานด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติของวิชาแคลคูลัส 1 พบว่า การใช้โครงงานเข้ามาปรับใช้ในการสอนแคลคูลัส ทำให้นักเรียนสนุกสนานกับการเรียน สามารถประยุกต์การใช้งานของเทคโนโลยีต่างๆ ไปได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น ซึ่งทั้งหมดนี้ตรงข้ามกับการสอนวิชาแคลคูลัสยุคเก่าที่ต้องสอนในห้องเรียน ผู้สอนเป็นศูนย์กลาง ผลที่ได้จากการศึกษานี้คือนักเรียนค้นพบโลกแห่งการประยุกต์ใช้แคลคูลัสและเพิ่มเติมความสามารถในการคิดวิเคราะห์

คิมเมล และคณะ(Kimmel and others, 1998: Abstrat อ้างถึงใน รัชนี ทุ่มแห้ว 2552: 46) ได้วิจัย “การสอนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยใช้โครงงาน SMART (ใช้แหล่งเรียนรู้และเทคโนโลยี)” งานวิจัยนี้ศึกษาโดยคณะผู้เชี่ยวชาญในด้านวิชาการ กลุ่มตัวอย่างคือเด็กพิการในรัฐนิวเจอร์ซีย์ ประเทศสหรัฐอเมริกา วัตถุประสงค์เพื่อที่จะพัฒนาการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และช่วยพัฒนาการเรียนในกระบวนการกลุ่ม ซึ่งประเมินโดยครูผู้สอน ครูที่ปรึกษา ผู้ปกครองและครูแนะแนว ผลการวิจัยพบว่าโครงการนี้สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ให้สูงขึ้น นอกจากนี้ยังพัฒนาการเรียนการสอนในวิชาอื่นๆ ได้อีกด้วย ปัจจัยที่สำคัญในการมีส่วนร่วมให้โครงการนี้ประสบผลสำเร็จคือ ผู้ปกครองและครูที่ปรึกษา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ โครงงานคณิตศาสตร์ที่กล่าวมาพอสรุปได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาสาระในเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงงานที่เชื่อมโยงกับเรื่องใกล้ตัวและสิ่งแวดล้อมต่างๆ มีผลต่อผู้เรียน ทำให้เกิดความเข้าใจในเรื่องที่เรียนรู้อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการทำงานร่วมกัน รู้จักการแสวงหาความรู้ สามารถนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาได้ ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้น ผู้สอนควรจะช่วยให้ผู้เรียนได้รู้จักวิธีการสร้างความสัมพันธ์เชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ต่างๆ และสิ่งแวดล้อมในชีวิตจริงอย่างเหมาะสม เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจและเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ได้จริง