



การพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็น
ฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

DEVELOPMENT OF A MODEL TO PROMOTE MATHEMATICAL THINKING AMONG
UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS USING SELF-DIRECTED LEARNING AND
PROJECT-BASED LEARNING

ไพรัช เจริญตรีเพชร

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็น
ฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF A MODEL TO PROMOTE MATHEMATICAL THINKING AMONG
UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS USING SELF-DIRECTED LEARNING AND
PROJECT-BASED LEARNING



PHAIRAT JAROENTREEPHET

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of DOCTOR OF PHILOSOPHY
(Educational Science & Learning Management)
Faculty of Education, Srinakharinwirot University

2023

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน
เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ของ

ไพรัช เจริญตรีเพชร

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รุ่งทิวา แย้มรุ่ง) (รองศาสตราจารย์ ดร. พิเชิด ฤทธิ์จรรยา)

..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติชัย สุธาสีโนบล) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ สัจจพิบูล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอน ปลาย
ผู้วิจัย	ไพรัช เจริญตรีเพชร
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
ปีการศึกษา	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รุ่งทิวา แย้มรุ่ง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติชัย สุทธิสินบอล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการ
เรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 2) ศึกษา
ประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 2.1) การคิดเชิงคณิตศาสตร์ 2.2) ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ที่
พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่มจากห้องเรียน 12 ห้อง ที่
จัดการเรียนแบบคละความสามารถโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 ห้อง เป็นนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5 มีจำนวน 35 คน ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวที่มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
(One Group Pretest-Posttest Design) ทดลองจำนวน 32 คาบ คาบละ 50 นาที ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566
รวมทดสอบก่อนและหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบวัดการคิดเชิง
คณิตศาสตร์ และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย
S.D. และค่า t-test ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้มี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3)
ขั้นตอนการจัด การเรียนรู้ 4) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ โดยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มี 7 ขั้นตอน 1.วินิจฉัย
ความต้องการในการเรียนรู้ 2.กำหนดปัญหา 3.วางแผนแก้สถานการณ์ปัญหา 4.ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้นอกชั้นเรียน
5.ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน 6.สรุปและนำเสนอผลงาน 7.ประเมินผลการเรียนรู้ 2) ผลการศึกษาประสิทธิผล
ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ พบว่า 2.1) คะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่าง
มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงคณิตศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 18.69 และ S.D.
เท่ากับ 4.40 ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงคณิตศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 48.81 และ S.D.= 5.71 หลังการ
จัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนมีคะแนนค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.81 คิดเป็นร้อยละ 81.35 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้อยู่ใน
ระดับดีมาก 2.2) ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด คะแนนเฉลี่ย
เท่ากับ 4.76 และ S.D. = 0.46

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง, การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน, การคิดเชิงคณิตศาสตร์

Title	DEVELOPMENT OF A MODEL TO PROMOTE MATHEMATICAL THINKING AMONG UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS USING SELF-DIRECTED LEARNING AND PROJECT-BASED LEARNING
Author	PHAIRAT JAROENTREEPHET
Degree	DOCTOR OF PHILOSOPHY
Academic Year	2023
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Rungtiwa Yamrung
Co Advisor	Associate Professor Dr. Kittichai Suthasinobol

The objectives of this research are as follows: (1) to develop a learning model based on self-directed learning and project-based learning to enhance mathematical thinking; (2) to study the effectiveness of implementing the developed learning model based on self-directed and project-based learning in the aspect of mathematical thinking and the satisfaction of learning model based on self-directed learning and project-based learning. The subjects of research were 35 Grade 11 students who were selected by the cluster random sampling from 12 classrooms. The subjects took a pretest and a post-test and attended 32 periods at 50 minutes per period in the first semester of the 2023 academic year. The research instruments consisted of a lesson plan based on self-directed and project-based learning, a mathematical thinking test and a questionnaire on satisfaction through model of learning. The data were analyzed by using mean, standard deviation and t-test. The results revealed the following: (1) the learning model was based on self-directed learning and project-based learning and had four main components; principles, objectives, steps of teaching and assessment and evaluation of learning model. The steps of learning model consisted of seven steps: (1.1) observing the needs of the students; (1.2) selecting learning problems; (1.3) problem-solving; (1.4) learning outside the classroom; (1.5) managing the learning process; (1.6) summarizing and presenting; and (1.7) reflection and the learning process. The effectiveness of the learning model showed that it was effective at the highest level ($t = 4.80$, S.D. = 0.41); (2) the results of the effectiveness of implementing the developed learning model demonstrated the following: (2.1) the post-test mathematical thinking scores of the upper high school students were significantly higher than the pre-test at .05 level; (2.2) the mean scores on the pre-test was 18.69 and the standard deviation was 4.40. On the other hand, the mean scores of the post-test were 48.81 and the standard deviation was 5.71; and (2.2) overall student satisfaction through self-directed learning and project-based learning was at the highest level ($t = 4.76$, S.D. = 0.46)

Keyword : self-directed learning, project-based learning, mathematical thinking

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งทิวา แยมรุ่ง อาจารย์ที่ปรึกษาหลักปริญญานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.กิตติชัย สุทธิสินบอล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ปริญญานิพนธ์ ที่เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาแนะนำในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ในทุกขั้นตอน ผู้วิจัยซาบซึ้งในพระคุณนี้อย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต ฤทธิจรรยา ที่กรุณาเป็นประธานสอบปากเปล่า รองศาสตราจารย์ ดร.ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ สัจจพิบูล ที่กรุณาเป็นกรรมสอบปากเปล่า ท่านได้ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงงานวิจัยให้มีคุณภาพ ทำให้ผู้วิจัยสำเร็จการศึกษาอย่างสมบูรณ์ตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี รองศาสตราจารย์ ดร.จิณดิษฐ์ ละออบกษิณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย อักษรคิด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญเพ็ญชัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธินันท์ บุญพัฒนาภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ อาจารย์ ดร.ธีรเชษฐ์ เรืองสุขอนันต์ อาจารย์ ดร.พีชานิกา เพชรสังข์ อาจารย์ ดร.สุธาร์ตน์ สมรรถการ อาจารย์ ดร.เพ็ญดา ทัพไพเราะ อาจารย์ ดร.กุสุมา ยกชู อาจารย์ ดร.นลินทิพย์ คชพงษ์ อาจารย์ ดร.และบุญสม ศรีศักดิ์ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ปิยพงษ์ พรมนันท ที่สละเวลาตรวจแก้ไขรูปเล่ม และอาจารย์นาถนิสร์ ชนินทรเทพ ที่สละเวลาตรวจแก้ไขบทคัดย่อ (abstract) จนถูกต้องสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ที่ส่งเสริมบุคลากรในด้านการศึกษาและจัดสรรทุนการศึกษา ขอขอบคุณอาจารย์สาขาคณิตศาสตร์ที่ให้ความสนใจมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนเทพศิลา และขอขอบคุณอาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ให้ความสะดวกต่าง ๆ ในการเก็บข้อมูลการวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จ ลุล่วงได้ด้วยดี

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และบุคคลในครอบครัวทุกท่านที่ให้กำลังใจกระทั่งได้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี น้องอ้วน น้องบอย ที่ช่วยเหลืออย่างดี ตลอดจนพี่กล้า พี่เจี๊ยบ ส้มโอ เพื่อน พี่ น้องนิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจด้วยดีเสมอมา

ไพรัช เจริญตรีเพชร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูปภาพ	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
คำถามการวิจัย.....	9
ความมุ่งหมายของงานวิจัย.....	9
ความสำคัญของการวิจัย	10
ขอบเขตการวิจัย	10
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	11
กรอบแนวคิดการวิจัย	16
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
1. แนวความคิดและหลักการที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ด้วยนำตนเอง	19
1.1 ความหมายของการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง	19
1.2 ลักษณะการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง	20
1.3 องค์ประกอบของการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง	22
1.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง	23
1.5 บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง.....	28

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง.....	30
2. แนวความคิดและหลักการที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน.....	36
2.1 ความหมายของแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน	36
2.2 ลักษณะสำคัญของแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน	38
2.3 องค์ประกอบของหลักการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนตามแนวคิดการเรียนรู้.....	40
โดยใช้โครงงานเป็นฐาน.....	40
2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน	44
2.5 ประโยชน์ของแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน	54
2.6 บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน	57
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน.....	62
3. แนวความคิดและหลักการที่เกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์	60
3.1 ความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์	60
3.2 ความสำคัญของการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	61
3.3 องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	61
3.4 กระบวนการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	63
3.5 วิธีการวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	65
3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	66
4. แนวความคิดและหลักการที่เกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	87
4.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	87
4.2 ประเภทของรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	87
4.3 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	90
4.4 กระบวนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	92
4.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	94

5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ	104
5.1 ความหมายของความพึงพอใจ	104
5.2 แนวคิดและทฤษฎีความพึงพอใจ.....	104
5.3 องค์ประกอบของความพึงพอใจ	108
5.4 กระบวนการและรูปแบบของความพึงพอใจ.....	110
5.5 วิธีการสร้างความพึงพอใจ	110
5.5 การวัดความพึงพอใจ.....	111
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	114
ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาตอนปลาย (Research:R ₁).....	115
ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาและการศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำ ตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Development:D ₁).....	117
ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้และการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำ ตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Research:R ₂)	128
ขั้นตอนที่ 4 แก้ไข และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการ เรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้น มัธยมศึกษาตอนปลาย (Development: D ₂)	132
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	133
ผลการศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอน ปลาย	134
ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	145

ผลการหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย	148
ผลแก้ไข และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดย ใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	165
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	169
ความมุ่งหมายของการวิจัย	169
วิธีดำเนินการวิจัย.....	169
สรุปผลการวิจัย.....	171
อภิปรายผล	173
ข้อเสนอแนะ	184
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้.....	184
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป.....	185
บรรณานุกรม	186
ภาคผนวก.....	197
ประวัติผู้เขียน.....	236

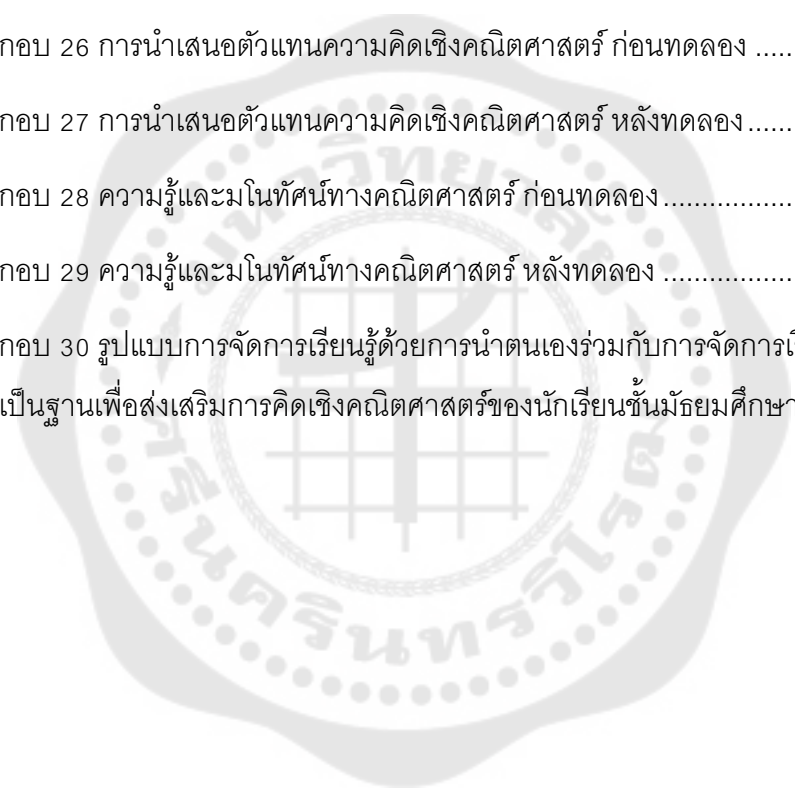
สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 การสังเคราะห์ขั้นต้นของการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง	34
ตาราง 2 การสังเคราะห์กระบวนการการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน.....	67
ตาราง 3 การสังเคราะห์การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง และการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน.....	69
ตาราง 4 การสังเคราะห์ขั้นต้นของการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์	75
ตาราง 5 การสังเคราะห์บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	82
ตาราง 6 แบบแผนการทดลองการวิจัย.....	129
ตาราง 7 องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	134
ตาราง 8 ผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	141
ตาราง 9 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากผู้เชี่ยวชาญ.....	149
ตาราง 10 ผลการเปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการทดสอบค่าที (t-test)(n=35).....	150
ตาราง 11 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	163

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 คะแนนเฉลี่ย PISA ปีการศึกษา 2000 - 2018	3
ภาพประกอบ 2 ระดับความสามารถด้านคณิตศาสตร์	4
ภาพประกอบ 3 กรอบแนวคิดในการวิจัย	17
ภาพประกอบ 4 ผัง กลยุทธ์การสอนต่าง ๆ ในการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน	37
ภาพประกอบ 5 การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการทำโครงงาน. 39	
ภาพประกอบ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน กับการคิดเชิงคณิตศาสตร์	81
ภาพประกอบ 7 จัดประเภทความต้องการพื้นฐาน 5 ระดับของ Maslow Economic Theory (Edward, 2000)	106
ภาพประกอบ 8 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนทดลอง คนที่ 1	152
ภาพประกอบ 9 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนทดลอง คนที่ 2	152
ภาพประกอบ 10 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนทดลอง คนที่ 3	153
ภาพประกอบ 11 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนทดลอง	153
ภาพประกอบ 12 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง คนที่ 1	153
ภาพประกอบ 13 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง คนที่ 2	154
ภาพประกอบ 14 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง คนที่ 3	154
ภาพประกอบ 15 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง คนที่ 4	154
ภาพประกอบ 16 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลอง คนที่ 1	155
ภาพประกอบ 17 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลอง คนที่ 2	155
ภาพประกอบ 18 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง คนที่ 1	156
ภาพประกอบ 19 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง คนที่ 2	157

ภาพประกอบ 20 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลอง.....	157
ภาพประกอบ 21 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลอง.....	158
ภาพประกอบ 22 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง คนที่ 1	158
ภาพประกอบ 23 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง คนที่ 2	158
ภาพประกอบ 24 การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนทดลอง	159
ภาพประกอบ 25 การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง.....	160
ภาพประกอบ 26 การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนทดลอง	160
ภาพประกอบ 27 การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง	161
ภาพประกอบ 28 ความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ก่อนทดลอง	161
ภาพประกอบ 29 ความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ หลังทดลอง	162
ภาพประกอบ 30 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย....	168



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์หนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา และกระบวนการคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์สามารถคิดเป็นระบบ มีแบบแผน มีเหตุผลมากยิ่งขึ้น สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน เพื่อนำไปสู่การคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ไขปัญหาย่างถูกต้องและเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกประการหนึ่งคณิตศาสตร์ยังช่วยพัฒนาความเจริญก้าวหน้าของกระบวนการคิดของมนุษย์และช่วยให้มนุษย์สามารถคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ สร้างสรรค์งานหรือนวัตกรรมเพื่อส่งเสริมให้มนุษย์ได้รับความสะดวกสบายและความปลอดภัยมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานในการพัฒนาศาสตร์สาขาอื่น ๆ เช่น วิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ แพทยศาสตร์ สถิติศาสตร์ สังคมศาสตร์ เป็นต้น ในฐานะเครื่องมือในการคิดการทำงาน และการสร้างองค์ความรู้ (อัมพร ม้าคนอง, 2558) เป็นวัตถุประสงค์หลักของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามที่สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551) ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะด้านการวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การใช้เทคโนโลยี เพื่อให้ทันสมัยขและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์

ถึงแม้ว่าคณิตศาสตร์จะมีความสำคัญดังที่ได้กล่าวข้างต้น แต่ผลการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในประเทศไทยในช่วงหลายปีที่ผ่านมายังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร สาเหตุอาจสืบเนื่องมาจาก 2 ประการหลัก ๆ ได้แก่ 1) ผู้เรียนยังไม่สามารถคิดแก้ปัญหา และไม่สามารถนำตนเองไปสู่การเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังจะเห็นได้จากการประเมินความสามารถด้านคณิตศาสตร์ในระดับชาติและนานาชาติที่มีค่าเฉลี่ยของช่างต่ำกว่ามาตรฐาน ประการที่ 2 วิธีการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ยังขาดความเหมาะสม ไม่สอดคล้องกับบริบทของเนื้อหาที่สอน ขาดการเน้นและพัฒนาทางด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ผู้เรียนไม่สามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผู้สอนเป็นเพียงผู้อธิบาย และสอนให้ผู้เรียนรู้เพียงเนื้อหา ขาดการสอนให้ผู้เรียนมีความสามารถในการเรียนรู้และมีประสิทธิภาพในอนาคต (W. Joyce, 2000) จึงไม่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียน มีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ไม่สามารถนำตนเองไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลให้

ผู้เรียนขาดทักษะการรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม ซึ่งเป็นทักษะที่ควรส่งเสริมและเป็นส่วนหนึ่งของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking)

การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นวิธีการคิด การทำความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหา โดยใช้ความรู้ ทักษะ ตลอดจนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาดำเนินการในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาและสามารถถ่ายทอดความรู้คิดของตนให้คนอื่นเข้าใจได้ (Greenwood, 1993; Henderson, 2002; Mason, Burton, & Stacey, 2010; O'Daffer & Thornquist, 1993; รุ่งทิภา นามารุง, 2550; สุทินันท์ บุญพัฒนาภรณ์, 2559) จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยพบว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์นั้นประกอบด้วย 1) ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์ คือ เนื้อหา ความรู้ และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ 2) ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ และการสร้างและขยายความคิดเชิงคณิตศาสตร์ 3) ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทางคณิตศาสตร์ คือ ความเชื่อ ความรู้สึกที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Henderson, 2002; NCTM, 2000; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551; สุทินันท์ บุญพัฒนาภรณ์, 2559)

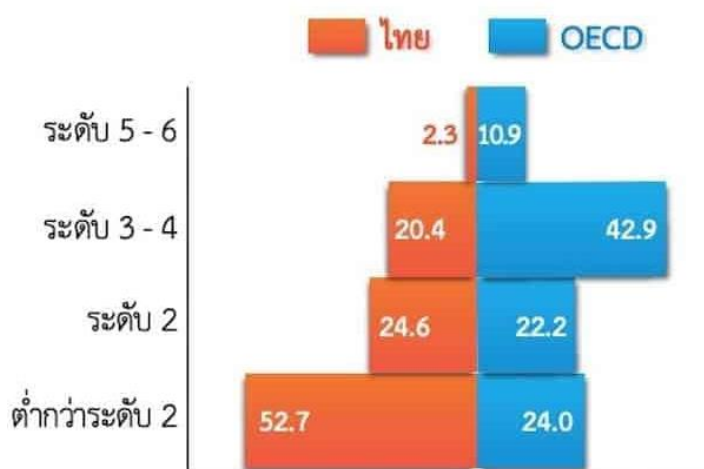
การคิดเชิงคณิตศาสตร์จึงเป็นกระบวนการคิดที่สำคัญต่อการพัฒนาและเรียนรู้ของผู้เรียน ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสรุปข้อเท็จจริงได้อย่างเที่ยงตรง โดยอาศัยชุดของข้อมูลมาประกอบ ผู้เรียนต้องสร้างข้อคาดเดา ค้นหาวิธีการ ศึกษาหาความรู้ การทดลอง เพื่อแก้ปัญหาหรือเพื่อสรุปเป็นสมบัติหรือกฎเกณฑ์ แล้วตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพื่อ ยืนยันการสรุปด้วยเหตุผลที่เหมาะสม แต่การศึกษากำหนดการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในระบบการศึกษาของไทยยังไม่หลากหลายเท่าที่ควร และไม่ปรากฏการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์โดยตรงอย่างจริงจัง ส่งผลให้การวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ต้องอาศัยผลการทดสอบทางคณิตศาสตร์ตามโครงการประเมินผลผู้เรียนนานาชาติ Programme for International Student Assessment หรือ PISA ซึ่งเป็นการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์เรื่อง ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ โดยมุ่งเน้นให้ความสำคัญกับการวัดความสามารถของผู้เรียนในการคิด การใช้และตีผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ในบริบทที่หลากหลาย จากผลการประเมิน ค.ศ. 2018 พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียนไทยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD ได้คะแนน 419 คะแนน ซึ่งค่าเฉลี่ยของ OECD เป็น 489 คะแนน (OECD, 2018)



ภาพประกอบ 1 คะแนนเฉลี่ย PISA ปีการศึกษา 2000 - 2018

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2562)

จากผลการประเมินชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนไทยยังไม่มีความรู้และทักษะที่เพียงพอต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง และยังสะท้อนถึงคุณภาพการเรียนรู้ที่ได้รับของผู้เรียนจากการจัดการเรียนการสอนในช่วงก่อนหน้านี้ หากต้องการให้ประสบความสำเร็จในการสอบ PISA ผู้เรียนจำเป็นต้องสามารถให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และใช้หลักการ กระบวนการ ข้อเท็จจริง และเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้อธิบายและการคาดการณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้หากพิจารณาระดับความสามารถด้านคณิตศาสตร์พบว่า 1) นักเรียนไทย 47% มีความสามารถด้านคณิตศาสตร์ตั้งแต่ระดับ 2 ขึ้นไป ซึ่งค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD มีนักเรียน 76% ที่มีความสามารถในระดับดังกล่าว โดยที่ระดับ 2 นี้ นักเรียนสามารถตีความและรู้ได้โดยไม่ต้องบอกโดยตรงว่าในสถานการณ์หนึ่ง ๆ (ที่ไม่ซับซ้อน) จะสามารถใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์แทนได้อย่างไร เช่น เปรียบเทียบระยะทางของเส้นทางสองเส้น หรือแลกเปลี่ยนเงินตราเป็นสกุลเงินอื่น 2) นักเรียนไทย 2.3% มีความสามารถด้านคณิตศาสตร์ในระดับสูง (ระดับ 5 และระดับ 6) ซึ่งค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD มีนักเรียน 11% ที่มีความสามารถในระดับนี้ โดยที่ระดับสูงนี้ นักเรียนสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของสถานการณ์ที่ซับซ้อนและสามารถเลือก เปรียบเทียบ และประเมินกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ ((สสวท), 2562) ดังภาพ



ภาพประกอบ 2 ระดับความสามารถด้านคณิตศาสตร์

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2562)

และเหตุผลอีกประการหนึ่ง คือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์นั้นมีความสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนเลือกยุทธวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สามารถนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ทำให้มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ และมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้ดี ดังนั้นผู้เรียนควรได้รับการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้วยรูปแบบวิธีการที่เหมาะสม เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ด้วยเหตุดังกล่าวนี้การแสวงหาแนวทางหรือกระบวนการในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่ผู้เรียนกำลังประสบปัญหาอยู่จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เมื่อพิจารณาสภาพปัญหาดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าการคิดเชิงคณิตศาสตร์จำเป็นต้องส่งเสริมผู้เรียนให้มีทักษะการคิด การทำความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหา การใช้ความรู้ ทักษะ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาดำเนินการในการปัญหาเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหา และสามารถถ่ายทอดความคิดของตนให้คนอื่นเข้าใจได้ จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อการแก้ไขปัญหา ผู้วิจัยมีความเชื่อว่า พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) และการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง (Self-directed Learning) จะเป็นแนวคิดที่สำคัญที่สามารถส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ตามความสนใจของผู้เรียน เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกทำตามความสนใจ ช่วยให้เกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วย

ตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติจริงในลักษณะของการศึกษา สํารวจ ค้นคว้า ทดลอง ประดิษฐ์ คิดค้น มี การทำงานกลุ่ม โดยมีผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก แนะนำการเรียนรู้ เป็นผู้กระตุ้น คอย ช่วยเหลือผู้เรียนตามความเหมาะสม อีกทั้งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคิด ความเข้าใจ และรู้จักตนเอง ในด้านความสามารถและความถนัด ซึ่งความสอดคล้องกับมาตรา 22 การจัดการศึกษาของ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ที่ยึดหลักผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ และมาตรา 24 (2) และ (3) แห่ง พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545 หมวด 4 แนวการจัดการศึกษา ให้นําการฝึกทักษะกระบวนการคิด ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วย ตนเองจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย การฝึกปฏิบัติจริง และการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อการป้องกัน และแก้ปัญหา จะเห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน จะช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะการ ปฏิบัติงาน และทักษะการแก้ปัญหาสูงขึ้น มีความสามารถทางด้านวิชาการสูงกว่าก่อนใช้การ จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และมีคะแนนความก้าวหน้าทางวิชาการสูงขึ้น (สำนักงาน คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545) จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็น ฐานทั้งในและต่างประเทศพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานสามารถส่งเสริมให้ ผู้เรียนที่ผลสัมฤทธิ์สูงขึ้น เช่น การศึกษาของ Barak & Dori (2005: 117-139) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพเกี่ยวกับความเข้าใจในวิชาเคมีของผู้เรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ โครงงานผสมผสานกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการสนับสนุนกิจกรรม ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพหลังเรียนของผู้เรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานโดยใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน จะ มีคะแนนการทดสอบหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน และการใช้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานใน วิชาเคมีจะช่วยให้ผู้เรียนเพิ่มความเข้าใจในเรื่องทฤษฎีเคมี แนวคิดเกี่ยวกับเคมี โครงสร้างโมเลกุล สูงขึ้นด้วย (Barak & Dori, 2005) ทำนองเดียวกับการศึกษาของสุวัฒน์ นิยมไทย (2553: 288-304) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนา รูปแบบการเรียนการสอนวิชาชีวแบบผสมผสาน โดยใช้ โครงงานเป็นฐานในสถานประกอบการเพื่อพัฒนาการปฏิบัติงานและการแก้ปัญหา ผู้เรียนที่เรียน ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนวิชาชีวแบบผสมผสาน โดยใช้โครงงานเป็นฐานในสถาน ประกอบการ มีทักษะการปฏิบัติงาน และทักษะการแก้ปัญหาสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการ เรียนการสอนวิชาชีวแบบปกติ และมีความพึงพอใจในรูปแบบการเรียนการสอนวิชาชีวที่ พัฒนาขึ้นมาอยู่ในระดับมาก (สุวัฒน์ นิยมไทย, 2553) เช่นกัน ในขณะที่การศึกษาของประภัสสร วงษ์ดี (2561: 109-126) ได้ทำการวิจัยเรื่อง รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริม

ความสามารถในการทำวิจัยในชั้นเรียนของผู้เรียน พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในการทำวิจัยอยู่ในระดับดีมาก มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิจัยทางการศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานโดยรวมอยู่ในระดับมาก นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนมากที่บ่งชี้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ช่วยส่งเสริมทักษะและกระบวนการคิดของผู้เรียน(ประภัสสร วงษ์ดี, 2561) ดังที่เนตรนพิศ คตจำปา (2558: 64) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปฏิบัติการโดยใช้โครงงานเป็นฐานที่ส่งผลต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปฏิบัติการโดยใช้โครงงานเป็นฐานอยู่ในระดับดีขึ้นไป และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปฏิบัติการโดยใช้โครงงานเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน(เนตรนพิศ คตจำปา, 2558) และเพ็ญนภา สีสูกอง (2561: 55) ได้ศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 รายวิชาส 30233 เพิ่มเติมหน้าที่พลเมืองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน พบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน มีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดหรือร้อยละ 70 ขึ้นไป (เพ็ญนภา สีสูกอง, 2561) และพรณิสรา จันแยม (2563: 228) ได้ศึกษาการใช้ผังความคิดกราฟิกแบบร่วมมือออนไลน์ในการเรียนโดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เชิงธุรกิจและจริยธรรมของนักศึกษาปริญญาตรี พบว่า กลุ่มทดลองที่ใช้ชุดกิจกรรมที่ใช้ผังความคิดกราฟิกแบบร่วมมือออนไลน์ในการเรียนโดยใช้โครงงานเป็นฐานมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เชิงธุรกิจและจริยธรรมหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน(พรณิสรา จันแยม, 2563) นอกจากนี้เดชวิชัย พิมพ์โคตร (2563: 141) ได้ศึกษาการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมครูในการจัดการเรียนรู้โครงงานเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนวิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษกอุดรธานี พบว่า การทดลองใช้หลักสูตรฝึกอบรมครูในการจัดการเรียนรู้โครงงานเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนวิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษกอุดรธานี ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีคะแนนทดสอบวัดความรู้ผ่านเกณฑ์ทุกคน มีระดับทักษะการออกแบบการจัดการเรียนรู้โครงงานเป็นฐานในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และมีระดับทักษะการจัดการเรียนรู้โครงงานเป็นฐานในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (เดชวิชัย พิมพ์โคตร, 2563) และเพชรรัตน์ บุญเสนอ (2563: 141) ได้

ศึกษากระบวนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานที่มีผลต่อทักษะการคิดแก้ปัญหาของเด็กปฐมวัยชั้นคละโรงเรียนรุ่งอรุณ พบว่า หลังจากการใช้กระบวนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ผู้เรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการทักษะการคิดแก้ปัญหาสูงขึ้น เนื่องจากกระบวนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน มีขั้นตอนโครงงานและระยะชัดเจน มีขั้นตอนในการพัฒนากระบวนการเด็ก และผู้สอนเปิดโอกาสให้เด็กได้เรียนรู้ทั้งด้านความรู้ ด้านทักษะการลงมือปฏิบัติ และด้านคุณค่า (เพชรรัตน์ บุญเสนอ, 2563)

อย่างไรก็ตามแม้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานช่วยส่งเสริมทักษะและกระบวนการคิดของผู้เรียน แต่ไม่สามารถเรียนรู้เนื้อหาและขั้นตอนการปฏิบัติได้ทั้งหมด เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนยังจำกัดด้วยเวลา ผู้สอนจำเป็นต้องเลือกวิธีการสอนที่เหมาะสมมาบูรณาการ และการทำกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านช่องทางเทคโนโลยีอื่น ๆ นั้นเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีความเหมาะสมกับยุคสมัยของผู้เรียนในสมัยนี้ที่ใช้เทคโนโลยีได้ดี ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้ง่ายขึ้น เป็นการย่อขนาดชั้นเรียนมาอยู่ในระบบเทคโนโลยี แต่การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานมีข้อจำกัดบางประการ คือ ผู้เรียนต้องมีความกระตือรือร้นที่จะเรียน มีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ด้วยตนเองในการค้นคว้าหาความรู้ ผู้สอนจำเป็นต้องออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับผู้เรียน ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง มีสิทธิ์ตัดสินใจเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของตนเอง และแสวงหาประสบการณ์อย่างอิสระจากการตัดสินใจด้วยข้อมูลที่เพียงพอ และรับผิดชอบการกระทำของตนเอง ดังนั้นผู้วิจัยมีความเชื่อว่าการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองจะช่วยส่งเสริมความรับผิดชอบของผู้เรียนในขั้นตอนของการวางแผน ซึ่งการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองเป็นกระบวนการศึกษาค้นคว้าที่เป็นระบบ ผู้เรียนสร้างเส้นทางการเรียนรู้ด้วยตนเอง ภายใต้อาสาสนใจ ความต้องการ ความถนัดของตนเองเป็นสำคัญ มีส่วนร่วม ความรับผิดชอบ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความตั้งใจในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดแผนการเรียนการสอน เป้าหมายการเรียนรู้ กลยุทธ์การเรียนรู้ รูปแบบการประเมิน และแหล่งการเรียนรู้ด้วยตนเอง ให้มีความเหมาะสมกับบริบทของตนเอง ดำเนินการภายใต้บรรยากาศที่เป็นอิสระอาจเป็นการเรียนรู้ตามลำพังหรือเรียนรู้กับเพื่อนหรือครู (Areglado, Bradley R.C., & Lane, 1996; Candy, 1991; Costa & Kallick, 2004; Hammond & Collins, 1991; Knowles, 1975; Lounsbury., 2014; Skager, 1978; วัฒนาพร กระจับทุกข์, 2545; สมคิด อิศระวัฒน์, 2541; สุวัฒน์ วัฒนวงศ์, 2551) จากการศึกษาของสุวรรณค์ ศรีประไพและสุวิรี ศิวะแพทย์ (2556: 183-196) พบว่า การเรียนรู้ด้วยการนำตนเองของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 24 จังหวัดกาฬสินธุ์ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปัจจัยลักษณะทางจิต

ได้แก่ แรงจูงใจภายใน และความพร้อมในการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง ต้องได้รับการปลูกฝังและส่งเสริมจากผู้สอนหรือผู้ปกครอง และปัจจัยทางสังคม ได้แก่ บทบาทของครูในการเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้สัมพันธ์ภาพกับเพื่อน และความพร้อมของแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ โดยสัมพันธ์ภาพกับเพื่อนมีสัมพันธ์สูงที่สุด ผู้สอนควรมีความสำคัญกับการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำกิจกรรมในระหว่าง การจัดการเรียนการสอนร่วมกันสนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกับเพื่อนผู้เรียน ดังนั้นการเรียนรู้แบบนำตนเองจึงเป็นวิธีการที่ผู้เรียนแสวงหา และค้นพบความรู้ ด้วยตนเองจากการคิด และปฏิบัติจริง เน้นการสร้างมโนทัศน์ และความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเป็นเป้าหมายในการเรียน การเรียนรู้จึงเกิดจากผู้เรียนได้ลงมือกระทำ เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้ ผู้สอนต้องให้โอกาสผู้เรียนได้ลงมือแก้ปัญหาจากการทำความเข้าใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องในการเชื่อมโยงความรู้เดิม ประสบการณ์เดิมกับข้อมูลใหม่โดยให้ผู้เรียนศึกษาสถานการณ์ เพื่อสร้างความเข้าใจมโนทัศน์ใหม่โดยอาศัยความรู้เดิม (จันทร์ศรีมิโชติ, 2558)

จากที่กล่าวมาข้างต้นถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันในหลาย ๆ ด้าน ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการเนื้อหาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนต้องลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองหรือกระบวนการกลุ่มอย่างเป็นระบบเป็นขั้นตอน ด้วยกระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทักษะทางภาษา พัฒนาทักษะทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 สามารถสร้างองค์ความรู้ และสรุปความรู้ด้วยตนเองได้ และสามารถเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริงได้ และการจัดการเรียนรู้ให้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบัน ในขณะที่การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองจะมีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง วิเคราะห์ความต้องการในการเรียนรู้ คำนึงถึงความแตกต่างในการเรียนรู้ ความแตกต่างด้านความคิด และความสนใจของผู้เรียน กำหนดเป้าหมายในการเรียนอย่างเป็นระบบ มีการวางแผนในการเรียนรู้ เลือกวิธีการในการเรียนรู้ สามารถควบคุมตนเองได้ตลอดการเรียนรู้ แสวงหาแหล่งการเรียนรู้ได้ มีการวัดและประเมินด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องและมีความหลากหลาย จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แนวคิด มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมุ่งเน้นการศึกษาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 7 องค์กรประกอบ ได้แก่ 1) การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ 2) การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ 3) การสื่อสารความคิดเชิง

คณิตศาสตร์ 4) การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ 5) การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ 6) ด้านความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และ 7) อัจฉริยภาพทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 สามารถนำตนเองไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถเลือกยุทธวิธีที่เหมาะสม นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม เกิดทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และทักษะการนำเสนอตัวแทนความคิดของกระบวนการแก้ปัญหา นำตนเองไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างยั่งยืน และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ตลอดจนรูปแบบการจัดการเรียนรู้จะเป็นแนวทางให้กับองค์กร หน่วยงานทางการศึกษา และผู้สนใจนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

คำถามการวิจัย

1. องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ควรมีลักษณะอย่างไร
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่พัฒนาขึ้นมา มีลักษณะอย่างไร
3. ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีลักษณะอย่างไร
4. ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีลักษณะอย่างไร

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

4. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. ได้แนวทางให้ครูและบุคลากรทางการศึกษาในการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีหลักการ ขั้นตอน บทบาทครู บทบาทนักเรียนอย่างชัดเจน สามารถนำไปใช้หรือนำไปประยุกต์ใช้ตามบริบทที่ต้องการได้

4. ข้อค้นพบที่ได้จากการวิจัยสามารถเป็นแนวทางในการศึกษาอื่นและพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อการคิดเชิงคณิตศาสตร์ให้แก่ นักเรียนในระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป

ขอบเขตการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.4-6) แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ของโรงเรียนเทพศิลา จำนวน 12 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 456 คน ที่จัดการเรียนแบบคละความสามารถ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ของโรงเรียนเทพศิลา ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จากห้องเรียนทั้งหมด 12 ห้อง โดยมีห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม (Sampling Unit) ได้กลุ่มตัวอย่าง 1 ห้องเรียน จำนวน 35 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. ตัวแปรต้น ได้แก่ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเป็นการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งประกอบด้วย สาระจำนวนและพีชคณิต สาระสถิติและความน่าจะเป็น สาระการวัดและเรขาคณิต และสาระแคลคูลัส โดยเป็นรายวิชาเพิ่มเติม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 (1 ภาคเรียน) จำนวน 32 คาบ คาบละ 50 นาที รวมทดสอบก่อนและหลังเรียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หมายถึง กระบวนการออกแบบและสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบตามแนวคิดของนักการศึกษา โดยใช้ขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเพื่อกำหนดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Research: R₁) 2) การออกแบบและการหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Development: D₁) 3) การทดลองใช้และการหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Research: R₂) 4) แก้ไข และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้

โครงการเป็นฐาน (Development: D₂) (Dick & Carey, 1996; W. Joyce, 2000; Kelly, 2007; เรขา อรรถวรงค์, 2543; ทิศนา แหมมณี, 2560)

2. การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้กำหนดเส้นทางการเรียนรู้ แผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง และความถนัดของผู้เรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง วิเคราะห์ความต้องการในการเรียนรู้ คำนึงถึงความแตกต่างในการเรียนรู้ ความแตกต่างด้านความคิด และความสนใจของผู้เรียน กำหนดเป้าหมายในการเรียนอย่างเป็นระบบ มีการวางแผนในการเรียนรู้ เลือกวิธีการในการเรียนรู้ สามารถควบคุมตนเองได้ตลอดการเรียนรู้ แสวงหาแหล่งการเรียนรู้ได้ มีการวัดและประเมินด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องและมีความหลากหลาย ซึ่งผู้สอนมีหน้าที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้กระบวนการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ความต้องการในการเรียนรู้ ขั้นที่ 2 วางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นที่ 3 กำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ ขั้นที่ 4 ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ ขั้นที่ 5 ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ และ ขั้นที่ 6 ประเมินผลการเรียนรู้

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการเนื้อหาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนต้องลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองหรือกระบวนการกลุ่มอย่างเป็นระบบเป็นขั้นตอน โดยใช้ทักษะกระบวนการวิจัย ความรู้ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ หรือใช้ความรู้เชื่อมโยงข้ามศาสตร์ ด้วยวิธีการศึกษาอย่างเป็นระบบ ระเบียบแบบแผน ด้วยกระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทักษะทางภาษา พัฒนาทักษะทางเทคโนโลยีสารสนเทศที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 สามารถสร้างองค์ความรู้ และสรุปความรู้ด้วยตนเองได้ และสามารถเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริงได้ กระบวนการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 ขึ้นกำหนดปัญหา ขั้นที่ 2 ขึ้นวางแผน ขั้นที่ 3 ขึ้นลงมือปฏิบัติ ขั้นที่ 4 ขึ้นสรุปและนำเสนอผลงาน

4. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หมายถึง แบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่จัดขึ้นอย่างเป็นระบบระเบียบด้วยวิธีและเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีพฤติกรรมตามความคาดหวัง โดยมีสองแนวคิดเป็นรากฐานในการจัดการเรียนรู้ คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง และการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน รวมถึงทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ทฤษฎีการเรียนรู้ของ Ausubel ประกอบไปด้วยองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ที่สำคัญ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และ 4) การวัดประเมินผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย บนพื้นฐานแนวคิด ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของ Ausubel การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง และการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ใช้สถานการณ์ปัญหาเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มี การคิดเชิงคณิตศาสตร์ และมีการประเมินตามสภาพจริงและให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน

2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบหลัก 14 องค์ประกอบย่อย ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์

องค์ประกอบย่อยที่ 1.1 ทำความเข้าใจปัญหา

องค์ประกอบย่อยที่ 1.2 วางแผนแก้ปัญหา

องค์ประกอบย่อยที่ 1.3 ดำเนินการแก้ปัญหา

องค์ประกอบย่อยที่ 1.4 ตรวจสอบความถูกต้อง

องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์

องค์ประกอบย่อยที่ 2.1 ให้เหตุผล

องค์ประกอบย่อยที่ 2.2 สร้างและตรวจสอบ

องค์ประกอบที่ 3 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์

องค์ประกอบย่อยที่ 3.1 สร้างและรวบรวมแนวคิดผ่านการสื่อสาร

องค์ประกอบย่อยที่ 3.2 วิเคราะห์และประเมินค่า

องค์ประกอบที่ 4 การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์

องค์ประกอบย่อยที่ 4.1 เชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์กับสาระคณิตศาสตร์

องค์ประกอบย่อยที่ 4.2 เชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

องค์ประกอบที่ 5 การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์

องค์ประกอบย่อยที่ 5 สร้างตัวแทนความคิด

องค์ประกอบที่ 6 ด้านความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบย่อยที่ 6 ความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบที่ 7 อรรถาธิบายทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบย่อยที่ 7.1 ความมุ่งมั่น

องค์ประกอบย่อยที่ 7.2 ความยืดหยุ่น

3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้
โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน สรุปได้ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนพูดคุยและ
สอบถามผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนเคยเรียนมาแล้ว เพื่อให้ผู้เรียนได้ทบทวน
ความรู้ของตนเอง และสะท้อนความรู้ที่ตนเองมีออกมา

ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดปัญหา เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนให้ผู้เรียนได้ตั้งเป้าหมายของ
ตนเอง ในการเรียนรู้ในคาบเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้สถานการณ์ปัญหา เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนร่วมกัน
วางแผนแก้สถานการณ์ปัญหา กำหนดขั้นตอนวิธีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบเพื่อเรียนรู้และหา
ข้อมูลในการนำมาแก้สถานการณ์ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้นอกชั้นเรียน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนศึกษา
ข้อมูล ความรู้ และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ จากภายนอกชั้นเรียน เพื่อเตรียมดำเนินแก้สถานการณ์
ปัญหาที่เป็นกิจกรรมในชั้นเรียน

ขั้นที่ 5 ขั้นดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำข้อมูล
ความรู้ และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้จากภายนอกชั้นเรียน มาแก้สถานการณ์ปัญหา
แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย

ชั้นย่อยที่ 5.1 ชั้นทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา เป็นชั้นที่ผู้เรียนเข้าใจสถานการณ์ปัญหา วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา โดยใช้ยุทธวิธีที่ได้เรียนรู้มาจากภายนอกชั้นเรียน

ชั้นย่อยที่ 5.2 ชั้นแก้สถานการณ์ปัญหา เป็นชั้นที่ผู้เรียนดำเนินการแก้สถานการณ์ปัญหา ตามที่วางแผนไว้ ตามลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียน และสามารถให้เหตุผลของวิธีการที่นำมาใช้

ชั้นย่อยที่ 5.3 ชั้นสะท้อนคิด เป็นชั้นที่ผู้เรียนและเพื่อนในกลุ่มร่วมกันตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการแก้สถานการณ์ปัญหา และคำตอบที่ได้

ชั้นที่ 6 ชั้นสรุปและนำเสนอผลงาน เป็นชั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอขั้นตอนตั้งแต่ได้รับสถานการณ์ปัญหา การวางแผน การเรียนรู้ชั้นเรียนร่วมกัน ดำเนินการในชั้นเรียน และข้อสรุปที่ได้ ผู้เรียนทั้งห้องร่วมกันอภิปราย ข้อสรุป การแก้สถานการณ์ปัญหาของห้องเรียน

ชั้นที่ 7 ชั้นประเมินผลการเรียนรู้ เป็นชั้นตอนที่ผู้เรียนประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของตนเองที่ได้ตั้งไว้ตอนต้นคาบเรียน

4) การวัดประเมินผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

1. ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนที่สะท้อนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในระหว่างการจัดการเรียนรู้

2. ผู้สอนประเมินผลงานของผู้เรียนที่สะท้อนการคิดเชิงคณิตศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้

3. ผู้สอนประเมินการเขียนอนุทินรายคาบของผู้เรียนที่สะท้อนผลลัพธ์การเรียนรู้หลังการจัดการเรียนรู้

4. ผู้เรียนสะท้อนคิดความรู้ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

5. ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน หมายถึง ผลจากการพิจารณาร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยผู้เชี่ยวชาญ ในประเด็นความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ด้วยค่านวนหาค่า IOC มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป และความเหมาะสมขององค์ประกอบต่าง ๆ ของรูปแบบ

การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ด้วยแบบประเมินมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ จากผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 ท่าน โดยมีเกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป

6. ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นหลังจากใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปใช้กับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย

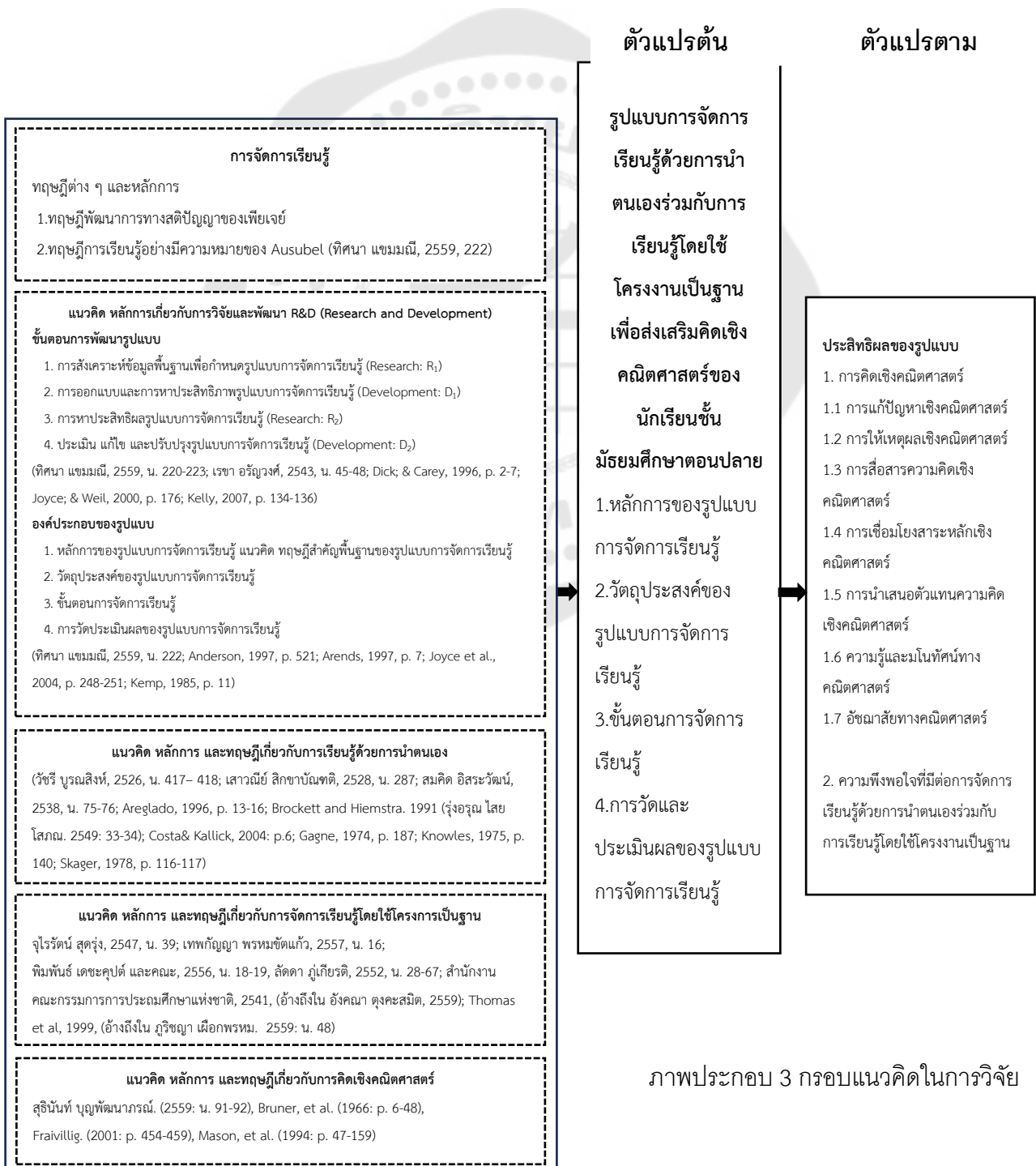
6.1 การคิดเชิงคณิตศาสตร์หลังการทดลองมีระดับสูงกว่าก่อนการทดลอง โดยใช้แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบอัตนัย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 3 ข้อ และประเมินตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

6.2 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ด้วยแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ วิธีการสอน ด้านความรู้ และด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ผลการประเมินเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด

กรอบแนวคิดการวิจัย

การพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research & Development) ที่ออกแบบเพื่อใช้พัฒนาระบบการจัดการเรียนรู้ หรือการเรียนการสอน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนที่สำคัญในการพัฒนา ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Research: R₁) ขั้นตอน 2 การออกแบบและการหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Development: D₁) ขั้นตอน 3 การหาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Research: R₂) ขั้นตอน 4 แก้ไข และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Development: D₂) โดยกรอบแนวคิดในการวิจัยในครั้งนี้ได้จากการ

สังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการดำเนินการวิจัย ได้แก่ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของ Ausubel การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง และการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีและหลักการสอนต่าง ๆ ในการนำไปเป็นหลักการในการสร้างและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยสามารถสรุปและแสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพประกอบดังนี้



ภาพประกอบ 3 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ในสถานการณ์ปัจจุบัน เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นพื้นฐาน แนวทางในการวิจัย โดยศึกษารายละเอียดตามลำดับหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. แนวคิดและหลักการที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง
 - 1.1 ความหมายของการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง
 - 1.2 ลักษณะการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง
 - 1.3 องค์ประกอบของการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง
 - 1.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง
 - 1.5 บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง
 - 1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง
2. แนวคิดและหลักการที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน
 - 2.1 ความหมายของแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน
 - 2.2 ลักษณะสำคัญของแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน
 - 2.3 องค์ประกอบของหลักการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน
 - 2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน
 - 2.5 ประโยชน์ของแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน
 - 2.6 บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน
 - 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน
3. แนวคิดและหลักการที่เกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์
 - 3.1 ความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์
 - 3.2 ความสำคัญของการคิดเชิงคณิตศาสตร์
 - 3.3 องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์
 - 3.4 กระบวนการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์

- 3.5 วิธีการวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์
- 3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์
- 4. แนวคิดและหลักการที่เกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้
 - 4.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
 - 4.2 ประเภทของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
 - 4.3 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
 - 4.4 กระบวนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้
 - 4.5 การนำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์
 - 4.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้
- 5. แนวคิดและหลักการที่เกี่ยวกับความพึงพอใจ
 - 5.1 ความหมายของความพึงพอใจ
 - 5.2 แนวคิดและทฤษฎีความพึงพอใจ
 - 5.3 องค์ประกอบของความพึงพอใจ
 - 5.4 กระบวนการและรูปแบบของความพึงพอใจ
 - 5.5 วิธีการสร้างความพึงพอใจ
 - 6.5 การวัดความพึงพอใจ

1. แนวการคิดและหลักการที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ด้วยตนเอง

1.1 ความหมายของการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองไว้ว่า คือ การเรียนรู้ซึ่งผู้เรียนเป็นผู้กำหนดเส้นทางการเรียนรู้ด้วยตนเอง ภายใต้ความสนใจ ความต้องการ ความถนัดของตนเองเป็นสำคัญ มีส่วนร่วมมีความรับผิดชอบ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีความตั้งใจในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดแผนการเรียนการสอน เป้าหมายการเรียนรู้ กลยุทธ์การเรียนรู้ รูปแบบการประเมิน และแหล่งการเรียนรู้ ด้วยตนเอง ให้มีความเหมาะสมกับบริบทของตนเอง ดำเนินการภายใต้บรรยากาศที่เป็นอิสระอาจเป็นการเรียนรู้ตามลำพังหรือร่วมกับผู้อื่นก็ได้ ซึ่งผู้สอนมีหน้าที่อำนวยความสะดวก หรือเป็นกัลยาณมิตรในการเรียนรู้มากกว่าที่จะเป็นผู้สอน (Areglado et al., 1996; Candy, 1991; Costa & Kallick, 2004; Hammond & Collins, 1991; Knowles, 1975; Lounsbury., 2014; Skager, 1978; Taylor & Burgess, 1995; วัฒนาพรระจับทุกข์, 2545; สมคิด อิศระวัฒน์, 2541; สุวัฒน์ วัฒนวงศ์, 2551)

สมบัติ สุวรรณพิทักษ์ (2543: น. 4) ได้กล่าวว่า วิธีการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองเป็นการเรียนที่ได้ผลดี ซึ่งมีหลักที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. ผู้เรียนเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยความเต็มใจ ซึ่งถ้าเรียนด้วยความเต็มใจ ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีและมากกว่าการเรียนด้วยการถูกบังคับ เพราะว่าการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง ผู้เรียนมีจุดมุ่งหมายที่แน่นอน มีแรงจูงใจภายใน ซึ่งผู้เรียนจะสามารถนำผลที่ได้จากการเรียนรู้ไปใช้ได้คุ้มค่าและนานขึ้น

2. กระบวนการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง เป็นวิธีการเรียนรู้ที่มีความสอดคล้องกับสภาพและกระบวนการพัฒนาทางจิตวิทยา เมื่อได้รับพัฒนาบ่อยครั้งขึ้น จะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถพึ่งพาตนเองได้ และเมื่อการพัฒนาขั้นสูงสุด จนผู้เรียนมีความรับผิดชอบในชีวิิตตนเอง

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า การเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง คือ กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้กำหนดเส้นทางการเรียนรู้ แผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ภายใต้ความสนใจ ความต้องการ และความถนัดของผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งผู้สอนมีหน้าที่อำนวยความสะดวกหรือเป็นกัลยาณมิตรในการเรียนรู้

1.2 ลักษณะการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึง ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง ดังนี้

1. การมีส่วนร่วมในกระบวนการ คือ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดกิจกรรม การเรียนรู้ กำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ วิเคราะห์ความต้องการในการเรียนรู้ การวางแผนการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับบริบทของตนเอง ตลอดจนการประเมินการเรียนรู้ของตนเอง

2. การให้ความสำคัญกับบริบทของผู้เรียนเป็นหลัก คือ คำนึงถึงความแตกต่างในการเรียนรู้ ความแตกต่างด้านความคิด และความสนใจของผู้เรียน ผู้สอนอาจอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านการเตรียมเนื้อหา สื่อการเรียนรู้ และผู้เรียนจำเป็นต้องมีความสามารถในการแสวงหาแหล่งความรู้ แหล่งทรัพยากรที่เหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้

3. การพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง คือ การส่งเสริมให้เกิดกระบวนการคิด การสืบค้นข้อมูลการใช้แหล่งเรียนรู้ การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ การเลือกแผนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ การเก็บรวบรวมข้อมูล และนำข้อมูลที่ค้นพบไปใช้ได้เหมาะสม ด้วยตนเอง

4. การพัฒนาความสามารถในการประเมินการเรียนรู้ของตนเอง คือ การเข้าใจในการประเมิน การเรียนรู้ของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ได้รับประสบการณ์ในการประเมินที่หลากหลาย เพื่อพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (สมบัติ สุวรรณพิทักษ์, 2543)

5. ความสามารถในการสร้างความสัมพันธ์อันดีกับผู้สอนและเพื่อน คือ การขอความช่วยเหลือหรือขอคำแนะนำตลอดจนเป็นผู้สะท้อนทราบถึงความต้องการในการเรียนรู้ การวางแผนการเรียนรู้ของตนเอง รวมทั้งช่วยเหลือผู้อื่น ตลอดจนได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลอื่น (Areglado et al., 1996; Gagne, 1974; Knowles, 1975; Skager, 1978; เสาวณีย์ ศึกษาบัณฑิต, 2538; วชิร บูรณสิงห์, 2526; สมคิด อิศระวัฒน์, 2538)

นอกจากนี้ Costa & Kallick (2004: 6) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับผู้ที่มีลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง ดังนี้

1. การจัดการตนเอง (Self-Managing) หมายถึง ผู้เรียนที่มีความสามารถในการวางแผน กำหนดตัวชี้วัดความสำเร็จ และเก็บรวบรวมข้อมูลให้บรรลุผลสำเร็จ สามารถทำได้โดยกระตุ้นให้เกิดการจัดการ ฝึกการคิดยืดหยุ่น การสอบถาม ฝึกการประยุกต์ความรู้ การรวบรวมข้อมูล สร้างนวัตกรรมใหม่

2. การควบคุมและตรวจสอบตนเอง (Self-Monitor) หมายถึง ผู้เรียนที่มีความรู้เพียงพอในการทำงาน แล้วดำเนินการตามแผนที่ได้วางไว้ ตรวจสอบความสำเร็จตามตัวชี้วัด และตัดสินใจดำเนินการตามแผนหรือปรับเปลี่ยนแผนใหม่ สามารถทำได้โดย ฝึกให้ผู้เรียนได้ตระหนักต่อการคิดของตนเอง ยืนยันในความคิดของตนเอง รับฟังในความคิดที่แตกต่างด้วยความเข้าใจ และ

3. การปรับปรุงตนเอง (Self-Modifying) หมายถึง ผู้เรียนนำผลจากการประเมินมาวิเคราะห์และนำผลสรุปที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในอนาคต สามารถทำได้โดย คิดและสื่อสารอย่างชัดเจนด้วยความถูกต้อง ยอมรับผลการประเมิน มีการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง (Costa & Kallick, 2004)

Brockett & Hiemstra (รุ่งอรุณ ไสยโสภณ. 2549: 33-34 อ้างอิงจาก Brockett & Hiemstra, 1991) ได้ทำการสังเคราะห์ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองและนำเสนอในรูปแบบของการเน้นความรับผิดชอบส่วนบุคคล แสดงองค์ประกอบของการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองและรูปแบบการเน้นความรับผิดชอบส่วนบุคคลไว้ 4 ส่วน ดังนี้

1. ความรับผิดชอบส่วนบุคคล หมายถึง ผู้เรียนเป็นเจ้าของการกระทำของตนเอง สามารถควบคุมสถานการณ์ ศักยภาพในการชี้นำตนเองได้ และยอมรับผลที่เกิดขึ้นจากการกระทำของตนเอง

2. การเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง ประกอบด้วย ลักษณะ ดังนี้ กิจกรรมที่ตอบสนองผู้เรียน มีแหล่งความรู้ที่พร้อม มีการลงมือปฏิบัติในการเรียนรู้ มีการประเมินผลการเรียนรู้ มีการเสนอรายบุคคล

3. การนำตนเองของผู้เรียน เป็นลักษณะและบุคลิกภาพของผู้เรียน คือลักษณะส่วนบุคคลทั้งภายในและภายนอกที่จะนำไปสู่ความรับผิดชอบในการเรียนรู้ของตนเอง

4. การนำตนเองในการเรียนรู้ เป็นลักษณะที่สามารถมองได้ในสภาพของการเรียนรู้ที่ต่อเนื่อง และจะได้ผลสูงสุดเมื่อระดับการนำตนเองสอดคล้องกับโอกาสการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง

จากลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองข้างต้น สรุปได้ว่า ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง คือ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง วิเคราะห์ความต้องการในการเรียนรู้ คำนึงถึงความแตกต่างในการเรียนรู้ ความแตกต่างด้านความคิด และความสนใจของผู้เรียน กำหนดเป้าหมายในการเรียนอย่างเป็นระบบ มีการวางแผนในการเรียนรู้ เลือกรูปแบบในการเรียนรู้ สามารถควบคุมตนเองได้ตลอดการเรียนรู้ แสวงหาแหล่งการเรียนรู้ได้ มีการวัดและประเมินด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องและมีความหลากหลาย ผู้เรียนสามารถขอความช่วยเหลือโดยขอคำแนะนำจากผู้อื่นได้ ซึ่งลักษณะดังกล่าวมาสามารถฝึกฝนได้ในกลุ่มผู้เรียนที่เป็นวัยผู้ใหญ่หรือผู้เรียนที่มีวุฒิภาวะที่สูงเพียงพอ เช่น วัยผู้ใหญ่ ผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นต้น เนื่องจากผู้ที่มีวุฒิภาวะที่สูงเพียงพอจะมีความรับผิดชอบต่อตนเองที่สูง และสามารถควบคุมตนเองได้ นอกจากนี้กลุ่มผู้เรียนที่มีวุฒิภาวะที่สูงเพียงพอมีความคาดหวังในการประสบความสำเร็จทางการศึกษา ดังนั้นจึงมีความตั้งใจและความสนใจในการเรียนเพื่อนำไปสู่เป้าหมายที่ตนต้องการ (Brockett & Hiemstra, 1991)

1.3 องค์ประกอบของการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง

นักวิชาการหลายท่าน ได้กล่าวถึง องค์ประกอบของการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง (Brockett & Hiemstra, 1991; Garrison, 1997; อาชัญญา รัตนอุบล, 2551) สามารถแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบหลัก คือ

ประการแรก คือ ผู้เรียนทำหน้าที่นำตนเองในการเรียนรู้ มีสามารถในการจัดการตนเอง (Self-management) คือ การที่ผู้เรียนควบคุมและจัดการตนเองในกระบวนการเรียนรู้

ตั้งเป้าหมาย บริหารวิธีการเรียนรู้ สนับสนุน และประเมินผลการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง สามารถกำกับตนเอง (Self-monitoring) คือ เป็นกระบวนการทางด้านสติปัญญาและการรู้คิดในการกำกับตนเองให้มีกลยุทธ์ในการเรียนรู้ หรือตระหนักในความสามารถในการคิด วางแผน และปรับปรุงการคิดเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของกระบวนการเรียนรู้ และมีแรงจูงใจ (Motivation) คือ การริเริ่มและคงไว้ซึ่งความพยายามในการเรียนรู้เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการเรียนรู้ แรงจูงใจของผู้เรียนสะท้อนถึงการรับรู้ถึงคุณค่าและความสำเร็จของการบรรลุซึ่งเป้าหมายของการเรียนรู้ซึ่งอยู่ระหว่างจุดเริ่มต้น และระหว่างกลางของการควบคุม และความรับผิดชอบระหว่างกระบวนการเรียนรู้

ประการที่สอง คือ กระบวนการเรียนการสอนที่มีครูผู้สอน (Instructor) ทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก สร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ปรับเปลี่ยนวิธีการสอน ร่วมการเรียนรู้กับผู้เรียน ให้การสนับสนุนผู้เรียน มีกลยุทธ์วิธีช่วยผู้เรียน ซึ่งผู้สอนจำเป็นต้องมีความชำนาญในด้านเนื้อหา มีความกระตือรือร้นในการสอน มีการยืดหยุ่นในการสอน มีความอดทน และสามารถควบคุมอารมณ์ตนเองได้ ตลอดจนมีความทันสมัย และทันต่อเหตุการณ์และมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี

ประการที่สาม คือ แหล่งทรัพยากรในการเรียนรู้ (Learning Resources) เป็นแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ หรือแหล่งการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นสำคัญ แหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ผู้เรียนต้องแสวงหา ซึ่งอาจได้รับคำแนะนำจากผู้สอน เพื่อน หรืออาจไม่ได้รับคำแนะนำเพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ตามที่ผู้เรียนต้องการ

จากองค์ประกอบของการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองข้างต้น สรุปได้ว่า การเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง มีองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้ 1. ผู้เรียน ทำหน้าที่นำตนเองในการเรียนรู้ มีความรับผิดชอบต่อตนเองในการเรียนรู้ สามารถในการจัดการตนเอง กำกับตนเอง และมีแรงจูงใจในการเรียนรู้ 2. ผู้สอน ทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก สร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการเรียนรู้ เป็นเพื่อนร่วมการเรียนรู้กับผู้เรียน มีความยืดหยุ่นในการสอน และมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี และ 3. แหล่งทรัพยากรในการเรียนรู้ที่จำเป็น

1.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง

นักการศึกษาหลายท่าน ได้กล่าวถึงกระบวนการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองเป็นการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนที่เป็นผู้ใหญ่ (Mezirow, 1981; Smith, 1982; อาชัญญา รัตนอุบล, 2551) ซึ่งมีกระบวนการ ดังนี้

1. สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ หมายถึง ผู้สอนต้องสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ที่มีความอบอุ่น มีความเป็นกัลยาณมิตรต่อกัน มีการไว้วางใจกัน มีการให้เกียรติซึ่งกันและกัน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาพร้อมกันในการแสวงหาคำตอบ

2. วางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ โดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับบริบทของผู้เรียนเป็นสำคัญ

3. วินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้ หมายถึง ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันวินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้และทำความเข้าใจถึงความถนัดของผู้เรียน เพื่อให้ตรงตามเป้าหมายประสงค์การเรียนรู้ของผู้เรียน นอกจากนี้การเสริมแรงแก่ผู้เรียน จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการคิดบวกต่อการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองอีกด้วย

4. กำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ หมายถึง ผู้เรียนและผู้สอนกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้ เพื่อความชัดเจนในการเรียนรู้และสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน ซึ่งผู้สอนสามารถช่วยเสริมและเพิ่มวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ตลอดจนการวางแผนและประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้

5. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ หมายถึง การกำหนดและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมกับสภาพความต้องการและความสนใจของผู้เรียน การกำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ แหล่งทรัพยากร ประสบการณ์การเรียนรู้ ตลอดจนเกณฑ์การประเมินการเรียนรู้ ร่วมกันของผู้เรียนและผู้สอน ซึ่งผู้สอนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองกับบริบทของผู้เรียน โดยคำนึงถึงลักษณะการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลที่มีความแตกต่างกัน เพื่อให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

6. ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ดำเนินการตามที่ได้กำหนดและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ไว้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้

7. ประเมินผลการเรียนรู้ หมายถึง การพิจารณาถึงผลการเรียนรู้ของผู้เรียนถึงความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

Knowles (1975: 40-47) ได้อธิบายถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองไว้ดังนี้

1. วิเคราะห์ความต้องการของตนเอง โดยให้ผู้เรียนแต่ละคนบอกความต้องการและความสนใจของตนเองในการเรียน ให้เพื่อนอีกคนหนึ่งทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำปรึกษาแนะนำ และเพื่อนอีกคนหนึ่งทำหน้าที่จับบันทึก ทำเช่นนี้หมุนเวียนไปจนครบทั้ง 3 คน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงบทบาทครบทั้ง 3 ด้าน คือ ผู้เสนอความต้องการ ผู้ให้คำปรึกษา และผู้คอยจับบันทึก

สังเกตการณ์ การเรียนรู้บทบาทดังกล่าวให้ประโยชน์อย่างยิ่ง สำหรับผู้เรียนในการเรียนร่วมกัน และช่วยเหลือซึ่งกันและกันในทุก ๆ ด้าน

2. กำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียน โดยเริ่มต้นจากบทบาทของผู้เรียน ผู้เรียนควรศึกษาจุดมุ่งหมายของวิชา แล้วเริ่มเขียนจุดมุ่งหมายในการเรียน ควรเขียนจุดมุ่งหมายให้เข้าใจง่าย มีความชัดเจน ผู้อื่นอ่านแล้วเกิดความเข้าใจ ควรเน้นถึงพฤติกรรมที่ผู้เรียนคาดหวัง และควรกำหนดจุดมุ่งหมายที่สามารถวัดได้

3. วางแผนการเรียน โดยผู้เรียนกำหนดวัตถุประสงค์ของวิชา ผู้เรียนควรวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนตามลำดับ ดังนี้

3.1 ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดเกี่ยวกับการวางแผนการเรียนของตนเอง

3.2 การวางแผนการเรียนของผู้เรียน เริ่มต้นจากผู้เรียนกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ด้วยตนเอง

3.3 ผู้เรียนเป็นผู้จัดเนื้อหาให้มีความเหมาะสมกับสภาพความต้องการและความสนใจของตนเอง

3.4 ผู้เรียนเป็นผู้ระบุวิธีการเรียน เพื่อให้เหมาะสมกับตนเองมากที่สุด

4. แสวงหาแหล่งวิทยาการ เป็นกระบวนการศึกษาค้นคว้าที่มีความสำคัญต่อการศึกษาในปัจจุบัน ดังนี้

4.1 ประสพการณ์การเรียนแต่ละด้านที่จัดให้ผู้เรียนสามารถแสดงให้เห็นถึงความมุ่งมั่น ความหมาย และความสำเร็จของประสบการณ์นั้น ๆ

4.2 แหล่งวิทยาการ เช่น ห้องสมุด วัด สถานีอนามัย สามารถนำมาใช้ได้ อย่างเหมาะสม

4.3 เลือกแหล่งวิทยาการให้เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน

4.4 มีการจัดสรรกิจกรรมอย่างเหมาะสม กิจกรรมบางส่วนผู้เรียนจะเป็นผู้จัดการเองตามลำพัง และบางส่วนเป็นกิจกรรมที่จัดร่วมกันระหว่างครูกับผู้เรียน

5. การประเมินผล เป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ช่วยให้ ผู้เรียนทราบถึง ความก้าวหน้าในการเรียนของตนเอง การประเมินผลจะต้องสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์ ทั้งนี้เกี่ยวข้องกับสิ่ง ต่อไปนี้ คือ ความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ ทักษะคิด และค่านิยม ซึ่ง ขั้นตอนในการประเมินผล มีดังนี้

5.1 กำหนดเป้าหมาย วัตถุประสงค์ให้แน่ชัด

5.2 ดำเนินการทุกอย่าง เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ใช้ประเมินผลการเรียนการสอน

5.3 รวบรวมหลักฐาน การตัดสินใจจากการประเมินผลจะต้องอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่สมบูรณ์ และเชื่อถือได้

5.4 รวบรวมข้อมูลก่อนเรียน เพื่อเปรียบเทียบหลังเรียนว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้ามากน้อยเพียงใด

5.5 แหล่งของข้อมูล จะหาข้อมูลจากครูและผู้เรียนเป็นหลักในการประเมิน (Knowles, 1975)

นอกจากนี้ สุรกูล เจนอบรม (2532: 61) ได้อธิบายถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองไว้ดังนี้

1. การสำรวจตนเอง เป็นการทำความรู้จักและสำรวจว่าตนสนใจเรื่องใดมากที่สุด มีความสามารถเฉพาะด้านใด สนใจอะไรบ้างตลอดเวลาที่ผ่านมาประสบความสำเร็จในการเรียนมาก น้อยเพียงใดมีความพอใจจะเรียนอย่างไร ด้วยวิธีใด

2. ทำสมุดบันทึกส่วนตัว เพื่อใช้บันทึกข้อมูล ความคิด เรื่องราวต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้หรือเกิดขึ้นในสมองของเรา สมุดนี้จะช่วยเก็บสะสม ความคิดที่ละเอียดที่ละน้อยเข้าไว้ด้วยกันเพื่อเป็น แนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมให้กว้างไกลออกไป

3. กำหนดโครงการที่จะเรียนจากสมุดบันทึก และจากการสำรวจตนเองนำมาขยายเป็นโครงการแผนการเรียนจะเรียนอย่างไรโดยพิจารณาว่าความรู้ที่ต้องการแสวงหานั้นช่วยให้เราถึงวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ เกิดความพอใจ ความสนุกสนานที่จะเรียนวิชานี้หรือเปล่า ประหยัดเงินและเวลามากน้อย แค่ไหน

4. สร้างห้องสมุดของตนเอง หมายถึง การรวบรวมรายชื่อ ข้อมูล แหล่งความรู้ต่าง ๆ หนังสือที่คิดว่าจะเป็นประโยชน์ตรงกับความสนใจ เพื่อใช้ศึกษาค้นคว้า

5. ค้นหาแหล่งความรู้ที่มีอยู่ในชุมชนนั้น เช่น ผู้รู้ผู้เชี่ยวชาญในอาชีพต่าง ๆ ห้องสมุด สมาคม เป็นต้น ซึ่งแหล่งความรู้เหล่านี้จะเป็นแหล่งสำคัญในการค้นคว้า

6. หาเพื่อนร่วมชั้น เพื่อก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้กันขึ้น

7. การเลือกเรียนวิชาต่าง ๆ ที่สนใจ ซึ่งอาจจะเลือกเรียนจากสถานศึกษาที่เปิดสอนเวลาเย็นหรือวันหยุดหรือเรียนทางวิทยุโทรทัศน์ไปรษณีย์จากมหาวิทยาลัยเปิด เป็นต้น โดยที่ลักษณะของการเรียนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนไม่จำเป็นต้องเข้าชั้นเรียน

8. การเรียนรู้จากการฝึกและปฏิบัติซึ่งก่อให้เกิดความรู้และประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนำตนเอง (สุรกุล เจนอบรม, 2532)

สำนักงาน กศน.ภาคกลาง (2558: 10) ได้อธิบายถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองไว้ดังนี้

1. การเรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแต่ละคนได้แสวงหาความรู้ใหม่ ๆ หรือพัฒนาทักษะที่ต้องการด้วยตนเอง เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมความคิดริเริ่มความรับผิดชอบปลูกฝังนิสัยใฝ่รู้ใฝ่เรียนซึ่งผู้เรียนอาจเรียนรู้ได้ด้วยตนเองจากห้องสมุด ศูนย์บริการสื่อการศึกษาชั้นพื้นฐานนอกระบบ แหล่งวิทยากรต่างๆ หรือขอคำแนะนำปรึกษา และช่วยเหลือจากผู้อื่น เช่น ครู เพื่อน ญาติพี่น้อง ผู้รู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่น และอาสาสมัครที่ปรึกษา

2. วิธีดำเนินการ

2.1 ผู้สอนศึกษาแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อดูว่าเนื้อหาใดบ้างที่ผู้เรียนเลือกที่จะศึกษาด้วยตนเอง

2.2 ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องการจัดเตรียมสื่อต่าง ๆ เช่น หนังสือ เรียน เทปเสียง วิดีทัศน์ซีดีและอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น มีการประชุมประสานงาน/ประสานแผนกับ บรรณารักษ์ผู้ดูแลศูนย์สื่อการศึกษาชั้นพื้นฐานนอกระบบและ/หรือมีบทบาทที่สำคัญในการจัด รวบรวมและดูแลศูนย์สื่อประสานงานกับผู้รู้ภูมิปัญญาในท้องถิ่น เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความสะดวกในการไปศึกษาหรือเรียนรู้ด้วยตนเอง

3. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง ขั้นตอนนี้สามารถดำเนินการได้หลายวิธี คือ การศึกษาค้นคว้าหรือทำกิจกรรมตามใบงาน การศึกษาตามความสนใจในขอบข่ายเนื้อหาที่เรียน การเรียนรู้จากการทำโครงการและการเรียนรู้โดยใช้สื่อประสม ดังนี้

3.1 การศึกษาค้นคว้าหรือทำกิจกรรมตามใบงาน ใบงานเป็นเสมือนใบคำสั่งหรือใบบอกกล่าว เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ว่าตนจะทำอะไรเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และประสบการณ์นั้นโดยผู้เรียนอาจปฏิบัติกิจกรรมคนเดียว หรือทำงานเป็นกลุ่มครูอาจเป็นผู้จัดทำใบงาน หรือให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมตามใบงานที่ปรากฏในเนื้อหาวิชานั้น ๆ ก็ได้ เมื่อผู้เรียนได้ปฏิบัติตามใบงานนั้น ๆ แล้วครูจะต้องติดตามผลการปฏิบัติ หรือผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยต้องพยายามให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในทุกกระบวนการเรียนจนถึงการประเมินผลการปฏิบัติตามใบงานนั้น

3.2 การศึกษาตามความสนใจในขอบข่ายเนื้อหาที่เรียน เนื้อหาบางเรื่อง ผู้สอนให้ผู้เรียนเลือกหัวข้อที่ตนถนัดหรือสนใจ แล้วไปศึกษาหาความรู้จากสื่อหรือแหล่งความรู้

ต่าง ๆ ให้ผู้เรียนจัดบันทึกผลการเรียนรู้ในหัวข้อที่ตนรับผิดชอบและนำมาเผยแพร่ในกลุ่ม (สถาบันกศน.ภาคกลางสำนักงานกศน., 2558)

จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองข้างต้น สรุปได้ว่า กระบวนการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง ประกอบด้วย 1. วินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้ หมายถึง ผู้เรียนสำรวจความสนใจของตนเอง เพื่อให้ตรงตามเป้าประสงค์การเรียนรู้ของผู้เรียน 2. วางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ผู้เรียนกำหนดเกี่ยวกับการวางแผนการเรียนรู้ของตนเอง เริ่มต้นจากกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ จัดเนื้อหาให้มีความเหมาะสมกับสภาพความต้องการและความสนใจของตนเอง ระบุวิธีการเรียน โดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับบริบทของผู้เรียนเป็นสำคัญ 3. กำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ หมายถึง ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้ โดยเริ่มต้นจากผู้เรียนศึกษาจุดมุ่งหมายของวิชา ซึ่งผู้สอนสามารถช่วยเสริมและเพิ่มวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ตลอดจนการวางแผนและประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ 4. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ หมายถึง ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันกำหนดและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมกับสภาพความต้องการและความสนใจของผู้เรียน 5. ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ดำเนินการตามที่ได้กำหนดและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้ และ 6. ประเมินผลการเรียนรู้ หมายถึง การพิจารณาถึงผลการเรียนรู้ของผู้เรียนถึงความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

1.5 บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง

Mezirow (1981: 3-24) และ Hiemstra (1994: 81-87) ได้กล่าวถึง บทบาทของผู้สอนต่อการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง ไว้ดังนี้

1. เป็นผู้อำนวยการความสะดวก ซึ่งแนะนำให้คำปรึกษาผู้เรียน สร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ของผู้เรียน
2. การเลือกใช้เทคนิควิธีการสอนที่มีความเหมาะสมต่อเนื้อหาความรู้
3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนพึ่งพาตนเองในการเรียนรู้ ลดการพึ่งพาผู้สอนหรือผู้อำนวยการความสะดวก
4. ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงแหล่งวิทยาการต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประสบการณ์จากผู้อื่น รวมทั้งผู้สอนหรือผู้อำนวยการความสะดวกซึ่งต้องให้ความสัมพันธ์ดีต่อกัน
5. ช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงความจำเป็นในการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับการรับรู้ความต้องการของตัวเอง ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของวัฒนธรรมหรือสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง

6. ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบในการหาเป้าหมายของการเรียนรู้ การวางแผน และการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง

7. ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากปัญหาของผู้เรียนแต่ละคน

8. ช่วยให้ผู้เรียนตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่มีผู้เสนอทางเลือกให้ผู้เรียน ซึ่งจะเกิดการเรียนรู้ต่อไป

9. กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้เกณฑ์หรือมาตรฐานในการตัดสินใจ ซึ่งเกี่ยวกับตนเองและประสบการณ์ทั้งหมดที่ผ่านมา

10. ช่วยให้ผู้เรียนเข้าไปสู่การเรียนรู้ด้วยการมองตนเองอย่างถูกต้อง

11. ชี้ปัญหาและทำความเข้าใจในการแก้ปัญหาให้เข้าใจโดยง่าย ซึ่งต้องตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาส่วนบุคคลและส่วนรวมด้วย

12. การช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจทางเลือกหรือการตัดสินใจไม่ว่าจะเป็นวิธีการที่จะปรับปรุงวิธีการเลือกและกระตุ้นให้ผู้เรียนเป็นสิ่งที่ดีที่สุด (Hiemstra, 1994; Mezirow, 1981)

Knowles (1975: 18) ได้กล่าวถึง บทบาทของผู้เรียนต่อการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองไว้ดังนี้

1. ผู้เรียนวินิจฉัยความต้องการในการเรียนของตนเอง เพื่อการพัฒนาทักษะความรู้ สำหรับการพัฒนาชีวิตและการทำงานอาชีพของตนเอง

2. ผู้เรียนควรจัดเนื้อหาวิชาด้วยตนเอง

3. ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ในการเรียนของตนเอง

4. ผู้เรียนวางแผนการเรียนรู้ของตน และวางแผนการเรียนรู้ร่วมกันกับผู้อื่นได้ อาจจะขอคำแนะนำช่วยเหลือจากผู้สอนหรือเพื่อน ในลักษณะของการร่วมมือกันทำงานได้เช่นกัน

5. ผู้เรียนเลือกใช้วิธีการเรียนที่เหมาะสมกับตนเอง

6. ผู้เรียนเลือกแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อช่วยให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการเรียน

7. ผู้เรียนดำเนินการเรียนตามแผนที่วางไว้อย่างเป็นระบบและเป็นลำดับขั้นตอน

8. ผู้เรียนยอมรับมุมมองสะท้อนกลับจากผู้อื่นที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะที่ต้องปรับปรุงของตนเอง

9. ผู้เรียนตรวจสอบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายของการเรียน

10. ผู้เรียนประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง ควรเป็นการประเมินผลร่วมกันระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน โดยผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันตั้งเกณฑ์การประเมินผล

Wenburg (1972 อ้างถึงใน สิริวิรัตน์ สัมพันธ์ยุทธ, 2540, 23-24) ได้กล่าวถึง บทบาทของผู้เรียนต่อการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง ไว้ดังนี้

1. ผู้เรียนเรียนรู้จากสถานการณ์และสิ่งแวดล้อมที่เป็นอิสระ ซึ่งมีผลทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้เร็วขึ้น
2. ผู้เรียนเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้ค้นพบความจริงด้วยตนเอง
3. ผู้เรียนเรียนรู้จากการร่วมมือ รวมถึงการที่แต่ละฝ่ายช่วยกันส่งเสริมซึ่งกันและกัน ในสถานการณ์การเรียนรู้โดยการให้ข้อมูลป้อนกลับให้สมาชิกอื่นทราบ สิ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนร่วมมือกัน คือ กระบวนการกลุ่ม
4. ผู้เรียนเรียนรู้จากการสร้างความรู้สึกบางอย่างเกี่ยวกับสิ่งที่จะเรียน ไม่ใช่เรียนโดยถูกกำหนดบางสิ่งบางอย่างเข้าไปในตัวผู้เรียน (Chanprasert, 2013)

จากบทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองข้างต้น สรุปได้ว่า ผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก ซึ่งจะให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน โดยเลือกใช้เทคนิควิธีการสอนที่มีความเหมาะสมต่อเนื้อหาความรู้ จัดเตรียมแหล่งวิทยาการต่าง ๆ ที่เหมาะสม ส่งเสริมให้ผู้เรียนพึ่งพาตนเองและมีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ การวางแผน และการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง ส่วนผู้เรียนต้องวินิจฉัยความต้องการในการเรียนของตนเอง จัดเนื้อหาวิชา กำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ในการเรียน วางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง แล้วดำเนินการเรียนตามแผนที่วางไว้อย่างเป็นระบบและเป็นลำดับขั้นตอน เลือกใช้วิธีการเรียนและแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ที่เหมาะสม ตลอดจนตรวจสอบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายของการเรียน และประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง

อุไรวรรณ ชินพงษ์ (2555: 148-157) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาคุณลักษณะการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองของนักศึกษาวิทยาลัยชุมชน วัตถุประสงค์ในการวิจัย คือ 1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมบ่งชี้ของคุณลักษณะการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองของนักศึกษาวิทยาลัยชุมชน 2. พัฒนาและศึกษาประสิทธิผลของการใช้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาคุณลักษณะการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองของนักศึกษาวิทยาลัย 29 ชุมชน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักศึกษาวิทยาลัยชุมชนนราธิวาส ประจำปีการศึกษา 2554 ทั้งหมด 58 คน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า พฤติกรรมบ่งชี้ของคุณลักษณะการเรียนรู้แบบนำตนเองของนักศึกษาวิทยาลัยชุมชนมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความสามารถในการจัดการตนเอง (Self-managing) การ

ควบคุมและตรวจสอบตนเอง (Self-monitoring) และการปรับปรุงตนเอง (Self-modifying) มีการสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาคุณลักษณะการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง (ADAPSER) 7 ขั้น ได้แก่ 1) ขั้นวิเคราะห์ตนเอง (Analyzing Learners by Themselves) 2) ขั้นออกแบบการเรียนรู้ (Designing a Learning Plan: D) 3) ขั้นดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ (Acting Learning Activities : A) 4) ขั้นนำเสนอผลการเรียนรู้ (Presenting Learning Outcome: E) 5) ขั้นสังเคราะห์ความรู้ (Synthesizing Knowledge : S) 6) ขั้นตรวจสอบผลการเรียนรู้ (Evaluating Learning Outcome : E) 7) ขั้นสะท้อนผลการเรียนรู้ (Reflecting Learning Outcome: R) หลังการจัดรูปแบบการเรียนรู้เพื่อพัฒนาคุณลักษณะการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง พบว่า คะแนนคุณลักษณะการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองก่อนการเรียนรู้ และคะแนนหลังการเรียนรู้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผู้เรียนในกลุ่มทดลองหลังการจัดรูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าว มีคุณลักษณะการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองในระดับดี และมีความพึงพอใจในรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาคุณลักษณะการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองของนักศึกษาวิทยาลัยชุมชนอยู่ในระดับดีมาก นอกจากนี้ยัง พบว่า ผู้เรียนที่อายุมากมีแรงจูงใจในการเรียนสูงกว่าผู้เรียนอายุน้อย ดังนั้น สำหรับผู้เรียนที่อายุน้อยจึงควรได้รับการกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้โดยการตั้งคำถาม คอยให้กำลังใจผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความต้องการเรียน ซึ่งความต้องการเรียนนี้เกิดจากการรับรู้ความสามารถที่จะทำสิ่งหนึ่งได้สำเร็จ ส่วนในผู้เรียนที่มีอายุมากควรเน้นให้ผู้เรียนนำประสบการณ์เดิมมาใช้ประโยชน์ ซึ่งเป็นแหล่งความรู้และทรัพยากรสำคัญในการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับพัฒนาการทางจิตวิทยา มนุษย์จะพัฒนามโนภาพแห่งตน (Self-concept) ผู้เรียนจะสามารถพัฒนาไปสู่ภาวะความเป็นตัวของตัวเอง ความเป็นอิสระแห่งตน และสามารถเรียนรู้แบบนำตนเองได้ (อุไรวรรณ ชินพงษ์, 2556)

จิตติรัศญาณี แก่นเพชร (2559: 143-145) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองผ่านสื่อสังคมออนไลน์โดยใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบร่วมกันของผู้เรียนระดับบัณฑิตศึกษา วัตถุประสงค์ในการวิจัย คือ เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองผ่านสื่อสังคมออนไลน์โดยใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบร่วมกันของผู้เรียนระดับบัณฑิตศึกษา และเพื่อศึกษาผลของรูปแบบการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองผ่านสื่อสังคมออนไลน์โดยใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบร่วมกัน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักศึกษาของ สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ลงทะเบียนเรียนชุด วิชาสัมมนาทางเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า รูปแบบมีองค์ประกอบที่สำคัญ 6 องค์ประกอบ คือ 1) กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ 2) แบ่งกลุ่มทำงานและ

วางแผนการเรียน 3) ตกลงร่วมกัน 4) ระดมสมอง 5) นำเสนอผลงาน และ 6) ประเมินผลการเรียนตนเอง ผลการประเมินรูปแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า รูปแบบสอดคล้องกับการนำตนเองสื่อสังคมออนไลน์แนวความคิดการเรียนรู้แบบร่วมกัน และสอดคล้องกับวิธีการเรียนระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช มีดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.6-1.0 โดยผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนสรุปได้ดังนี้ 1. ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพทางการเรียน E1 /E2 เท่ากับ 95.67 / 83.27 แสดงว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 2. ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดวิชา 27704 สัมมนาทางเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จากแบบทดสอบหลังเรียนสูงกว่าแบบทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 3. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ฐิติรัศญาณ์ แก่นเพชร, 2559)

สนธยา หลักทอง (2564: 197-209) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการฝึกอบรมแบบผสมผสานตามหลักการนำตนเองเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้ดิจิทัล สำหรับครูในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้ทำการวิจัยเรื่อง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบและศึกษาผลการทดลองใช้รูปแบบการฝึกอบรมแบบผสมผสานตามหลักการนำตนเองเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้ดิจิทัล สำหรับครูในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานแบ่งการวิจัยเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การพัฒนารูปแบบการฝึกอบรมแบบผสมผสาน กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ทรงคุณวุฒิจากมหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ สำนักงานศึกษาธิการจังหวัดมหาสารคาม สำนักงานส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครูและบุคลากรทางการศึกษา และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 9 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง ระยะที่ 2 การศึกษาผลการทดลองใช้รูปแบบ กลุ่มตัวอย่างเป็นครูในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 40 คน ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ รูปแบบการฝึกอบรมแบบผสมผสานและเอกสารประกอบแบบทดสอบก่อน-หลังการฝึกอบรม แบบประเมินทักษะและคุณลักษณะ และเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการฝึกอบรมสถิติที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ คะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การวิเคราะห์เนื้อหา สถิติสำหรับการทดสอบ ได้แก่ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks และ t-test (Dependent) ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 1) หลักการ 2 จุดมุ่งหมาย 3) องค์ประกอบสำหรับการฝึกอบรมแบบผสมผสาน 4) ขั้นตอนการฝึกอบรมแบบผสมผสานตามหลักการนำตนเอง และ 5) ผลการฝึกอบรมแบบผสมผสาน ผลการทดลองใช้รูปแบบ พบว่า หลังการฝึกอบรมครูมีคะแนนด้านความรู้สูงกว่าก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 มีผลการประเมินด้านทักษะอยู่ในระดับดี

มาก และมีคะแนนการประเมินด้านคุณลักษณะสูงกว่าก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ทอง & การ, 2021)

สุขุมมา อรุณจิต (2565: 127-153) ได้ทำการวิจัยเรื่องการเรียนออนไลน์กับการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองของนักศึกษาคณะสังคมสงเคราะห์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ การเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง (Self-directed learning) ในการเรียนออนไลน์ของนักศึกษาคณะสังคมสงเคราะห์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ มีวัตถุประสงค์การวิจัย 1) เพื่อศึกษาการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองในการเรียนออนไลน์ของนักศึกษา 2) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองในการเรียนออนไลน์ของนักศึกษา 3) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมและความเครียดกับการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองในการเรียนออนไลน์ของนักศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาคณะสังคมสงเคราะห์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ระดับชั้นปีที่ 1-4 ศูนย์รังสิตและศูนย์ลำปาง ปีการศึกษา 2563 จำนวน 312 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ สถิติพื้นฐาน t-test และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way Analysis of Variance ANOVA) และสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) ผลการวิจัยพบว่า 1) การเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง ในการเรียนออนไลน์ของนักศึกษาอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณารายด้านปรากฏว่า นักศึกษามีลักษณะของการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองในการเรียนออนไลน์ในประเด็นด้านความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเองมากที่สุดรองลงมาเป็นประเด็นด้านความรักในการเรียนรู้ และในประเด็นด้านการเปิดโอกาสต่อการเรียนรู้ที่น้อยที่สุด 2) ปัจจัยด้านศูนย์การศึกษาและความถนัดในการใช้คอมพิวเตอร์ที่แตกต่างกันมีผลต่อการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองในการเรียนออนไลน์ของนักศึกษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ ในขณะที่ปัจจัยด้านระดับการศึกษาและผลการเรียนเฉลี่ยสะสมของนักศึกษาไม่มีผลต่อการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองในการเรียนออนไลน์ 3) สภาพแวดล้อมในการเรียนออนไลน์ทุกด้านทั้งสภาพแวดล้อมด้านผู้สอน สภาพแวดล้อมด้านกลุ่มเพื่อนและสภาพแวดล้อมด้านทรัพยากรในการเรียนออนไลน์มีความสัมพันธ์กับการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองในการเรียนออนไลน์ ในขณะที่ความเครียดไม่มีความสัมพันธ์กับการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองในการเรียนออนไลน์ของนักศึกษา (Aroonjit, 2022)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง (Self-Directed Learning) พบว่า พฤติกรรมบ่งชี้ของคุณลักษณะการเรียนรู้แบบนำตนเอง มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความสามารถในการจัดการตนเอง การควบคุมและตรวจสอบตนเอง และการปรับปรุงตนเอง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง มี 6 องค์ประกอบ คือ 1) หลักการและ

แนวคิด 2) วัตถุประสงค์ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4) เงื่อนไขการนำรูปแบบไปใช้ การเตรียมความพร้อมในการเรียน และสื่ออุปกรณ์ 5) นำเสนอผลงาน และ 6) ประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มี 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นวิเคราะห์ตนเอง 2) ขั้นวางแผนออกแบบการเรียนรู้ 3) ขั้นดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้และฝึกปฏิบัติ 4) ขั้นนำเสนอผลการเรียนรู้ 5) ขั้นสังเคราะห์ความรู้ 6) ขั้นตรวจสอบผลการเรียนรู้ และ 7) ขั้นสะท้อนผลการเรียนรู้ นอกจากนี้โปรแกรมการเรียนการสอนผ่านการแก้ปัญหาสามารถจัดการตนเอง ส่งผลให้ด้านการคิดวิเคราะห์ด้านการแก้ปัญหา และด้านความสามารถในการเรียนรู้แบบนำตนเองของผู้เรียนสูงขึ้นทั้งสามด้าน ส่วนการอบรมการพัฒนาแรงจูงใจภายในในการเรียนรู้และความสามารถในการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง มีความพร้อมในการเรียนรู้ด้วยตนเอง แรงจูงใจภายในในการเรียนรู้และความสามารถในการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองสูงกว่าผู้เรียนไม่ได้ฝึกอบรม และผู้เรียนที่ได้รับการพัฒนาแรงจูงใจภายในในการเรียนรู้และความสามารถในการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองมีพฤติกรรมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองแรงจูงใจภายในในการเรียนรู้และความสามารถในการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองสูงกว่าผู้เรียนไม่ได้ฝึกอบรม และยังพบว่า ผู้เรียนที่อายุมากมีแรงจูงใจในการเรียนสูงกว่าผู้เรียนอายุน้อย ดังนั้น สำหรับผู้เรียนที่อายุน้อยจึงควรได้รับการกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้โดยการตั้งคำถาม คอยให้กำลังใจผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความต้องการเรียน จากแนวคิด ทฤษฎี และรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง ผู้วิจัยได้แสดงตารางสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองดังนี้

ตาราง 1 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง

ชื่อวิธี/รูปแบบการจัดการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้
การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง (SELF-DIRECTED LEARNING) Knowles (1975: 9) Mezirow (1985 อ้างถึงใน ชิดชงศ์ ส.นันทนาเนตร, 2549, 16) Smith (1982: 3) สุรกุล เจนอบรม (2532: 61) สำนักงาน กศน. ภาคกลาง (2558: 10) อาชัญญา รัตนอุบล (2551: 17)	ขั้นที่ 1 วินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้ หมายถึง ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันวินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้และทำความเข้าใจถึงความถนัดของผู้เรียน ผู้เรียนสำรวจความสนใจของตนเอง เพื่อให้ตรงตามเป้าประสงค์การเรียนรู้ของผู้เรียน ขั้นที่ 2 วางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดเกี่ยวกับการวางแผนและกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ เลือกเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับสภาพความต้องการและความสนใจ

ชื่อวิธี/รูปแบบการจัดการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้
	<p>ของตนเอง มีผู้สอนร่วมกันวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ โดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับบริบทของผู้เรียนเป็นสำคัญ</p> <p>ขั้นที่ 3 กำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ หมายถึง ผู้เรียนศึกษาจุดมุ่งหมายของวิชา และเขียนจุดมุ่งหมายในการเรียน ซึ่งผู้สอนสามารถช่วยเสริมและเพิ่มวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ตลอดจนการวางแผนและประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้</p> <p>ขั้นที่ 4 ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ หมายถึง ผู้เรียนและผู้สอน ร่วมกันกำหนดและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมกับสภาพความต้องการและความสนใจของผู้เรียน</p> <p>ขั้นที่ 5 ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ดำเนินการตามที่ได้กำหนดและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้</p> <p>ขั้นที่ 6 ประเมินผลการเรียนรู้ หมายถึง การพิจารณาผลการเรียนรู้ของผู้เรียนถึงมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ช่วยให้ผู้เรียนทราบถึงความก้าวหน้าในการเรียนของตนเอง การประเมินผลจะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์</p>

2. แนวความคิดและหลักการที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

2.1 ความหมายของแนวความคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

นักการศึกษาหลายท่าน (ทิตินา แชมมณี, 2560; บุรชัย ศิริมหาสาคร, 2547; พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์., 2559; ลัดดา ภูเกียรติ, 2552; ศศิธร แม้นสงวน, 2555) ได้ให้ความหมายของแนวความคิดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานว่า เป็นการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอน เป็นวิธีการเรียนรู้ที่เกิดจากความสนใจใคร่รู้ของผู้เรียนเพื่อค้นพบความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ และวิธีการใหม่ได้มาซึ่งคำตอบนั้นด้วยตนเอง หรืออยากรู้คำตอบให้ลึกซึ้งชัดเจน หรือต้องการเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ ให้มากขึ้นกว่าเดิม โดยใช้ทักษะกระบวนการวิจัย ความรู้ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ หรือนำความรู้เชื่อมโยงข้ามศาสตร์ ในการแสวงหาความรู้หรือความจริงเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ด้วยวิธีการศึกษาอย่างเป็นระบบ และมีขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง มี การวางแผนในการศึกษาอย่างละเอียด และลงมือปฏิบัติตามที่วางแผนไว้จนได้ข้อสรุป หรือ ผลการศึกษาหรือคำตอบเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ แล้วจึงเขียนรายงานและนำเสนอต่อสาธารณชน การทำโครงงานนั้น สามารถทำการศึกษาเป็นรายบุคคล หรือเป็นกลุ่มได้ และสามารถใช้เวลาในการทำโครงงานในเวลาหรือนอกเวลาเรียนได้ มีผู้สอนเป็นเพียงที่ปรึกษา คอยให้คำแนะนำ ตามความจำเป็น

ในขณะที่ วัฒนา มัคคสมัน (2554: 24) ได้กล่าวว่า เป็นการจัดประสบการณ์ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างลุ่มลึก โดยเรื่องที่เรียน และประเด็นปัญหาที่ศึกษา มาจากความสนใจของผู้เรียนเอง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมุ่งให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรงกับเรื่องที่ศึกษานั้น โดยการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สังเกตอย่างใกล้ชิด จากแหล่งความรู้เบื้องต้น อาจใช้ระยะเวลาที่ยาวนานอย่างเพียงพอตามความสนใจของผู้เรียน เพื่อที่จะให้ผู้เรียนได้ค้นพบคำตอบและคลี่คลายความสงสัยใคร่รู้ ในการจัดกิจกรรมผู้เรียนอาจประสบกับทั้งความสำเร็จและความล้มเหลวในวิธีการแสวงหาความรู้ตามวิธีการของผู้เรียนเอง และเมื่อผู้เรียนพบคำตอบ ก็จะนำความรู้ใหม่ที่ได้นั้นมาเสนอในรูปแบบต่าง ๆ ต้องการของผู้เรียนเอง อาจเป็นงานเขียน งานวาดภาพระบายสี การสร้างแบบจำลอง การเล่นเกม ละคร การทำหนังสือ หรือรูปแบบอื่น ๆ โดยจะนำเสนอความรู้ต่อเพื่อน ๆ ผู้สอนผู้ปกครอง และคนอื่น ๆ ทำให้ผู้เรียนเกิดความภาคภูมิใจในความสำเร็จนั้นตามความ (วัฒนา มัคคสมัน, 2554)

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ (2559: 34) ได้กล่าวถึง การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ไว้ว่า เป็นแนวการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนและเทคนิคการสอนต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ จนถึงมีความสนใจในเรื่องนั้น ๆ แล้วนำเสนอทำโครงงาน ผู้สอนเปลี่ยนบทบาทจากการเป็นผู้อำนวยความสะดวกมาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้ผู้เรียนดำเนินการทำโครงงาน ซึ่งผู้เรียนจะ

ได้เรียนรู้ในแนวการสอนนี้ด้วยกลวิธีต่าง ๆ การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน หรือ PBL สรุปได้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์., 2559) ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 4 ผัง กลยุทธการสอนต่าง ๆ ในการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

ที่มา : พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ. (2559: 34). สอนเด็กทำโครงงาน สอนอาจารย์ทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (PBL - CAR)

นอกจากนี้ Solomon (2003: 10), David, J.L (2008: 80) และ Dimitra Kokotsaki (2016: 267-268) ได้อธิบายว่า แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน คือ เป็นรูปแบบการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ผลของการศึกษาแบบบูรณาการที่มีผลสัมฤทธิ์เป็นชิ้นงาน โดยให้ผู้เรียนรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง ผู้เรียนต้องทำงานเพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์จริง ตามหลักสูตรพื้นฐานและการบูรณาการ ผู้เรียนจะต้องออกแบบชิ้นงานด้วยตัวเอง และสามารถตัดสินใจว่าจะรวบรวมข้อมูลจากแหล่งใดได้ ผู้สอนมีบทบาทเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกในการทำงานร่วมกับผู้เรียน (Dimitra, 2016; Harris, 2014; Solomon, 2003)

จากความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานเป็นผลของการศึกษาแบบบูรณาการที่มีผลสัมฤทธิ์เป็นชิ้นงาน ด้วยวิธีการเรียนของผู้เรียน เพื่อค้นพบความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ และวิธีการใหม่ด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการวิจัย ความรู้ หลักการ แนวคิด ทฤษฎี ต่าง ๆ หรือใช้ความรู้เชื่อมโยงข้ามศาสตร์ ด้วยวิธีการศึกษาอย่างเป็นระบบ ระเบียบแบบแผน โดยผู้เรียนเป็นผู้รับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง ผู้เรียนต้องร่วมมือกันทำงานเพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์จริง โดยมีผู้สอนเป็นเพียงที่ปรึกษา คอยให้คำแนะนำ ตามความจำเป็น

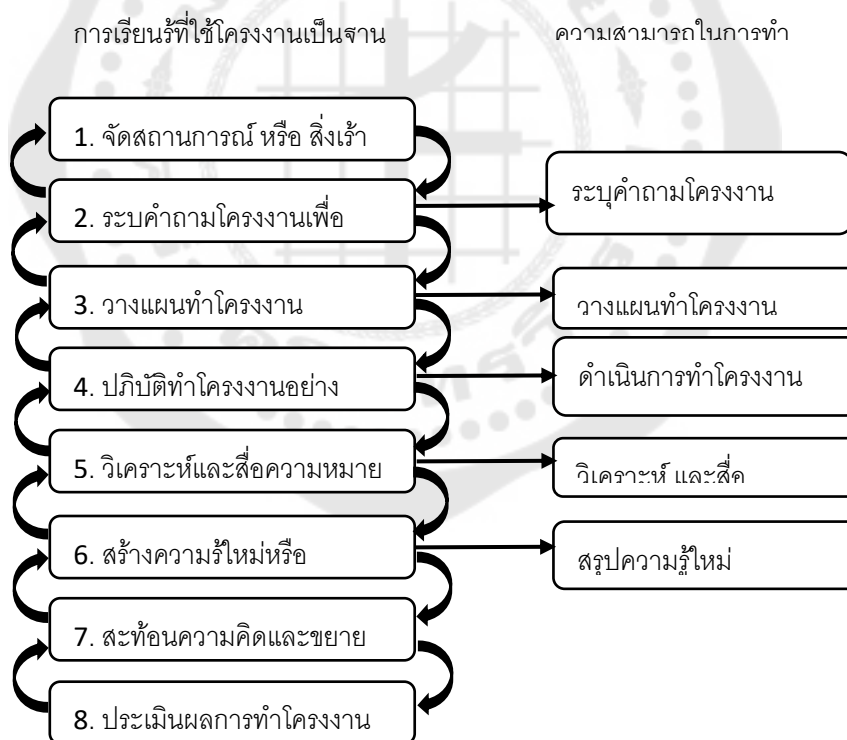
2.2 ลักษณะสำคัญของแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึง ลักษณะสำคัญของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน ไว้ว่า การเรียนรู้แบบโครงการเป็นการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ที่ผู้เรียนต้องเป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง (เทพกัญญา พรหมชัตแก้ว, 2557; จุไรรัตน์ สุตรง, 2547; บุรชัย ศิริมหาสาคร, 2547; ลัดดา ภูเกียรติ, 2552; วัฒนา มัคคสมัน, 2554; ศศิธร แม่นสงวน, 2555) ดังนี้

1. ผู้เรียนที่เป็นรายบุคคลหรือกลุ่มได้เลือกเรื่อง หรือประเด็นปัญหาที่ต้องการจะศึกษาด้วยตนเอง
2. ผู้เรียนมีเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน ในการคิดหาคำตอบเพื่อตอบคำถามว่าทำอะไร ทำไปทำไม และทำเพื่ออะไร
3. ผู้เรียนเลือกและหาวิธีการที่เหมาะสมกับตัวเองและกับกลุ่มเพื่อน ตลอดจนแหล่งของข้อมูลที่จะศึกษาด้วยตนเอง
4. ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ค้นคว้า ทดลอง ประดิษฐ์คิดค้นด้วยตนเอง อย่างเป็นระบบเป็นขั้นตอน ด้วยกระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหาของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการอื่นใดด้วยผู้เรียนเอง
5. ผู้เรียนได้บูรณาการการเรียนรู้เนื้อหา การพัฒนาทักษะทักษะภาษา พัฒนาทักษะต่าง ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 กระบวนการทางสังคม ประสบการณ์ ความรู้ และสิ่งแวดล้อมรอบตัวตามสภาพจริง
6. ผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ และสรุปความรู้ด้วยตนเอง
7. ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนการเรียนรู้กับผู้อื่น เผยแพร่กับผู้อื่นที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจทั่วไปได้รับรู้ผลของการศึกษาที่มีประโยชน์ต่อชุมชน สังคม หรือประเทศชาติ เช่น การจัดนิทรรศการ การรายงาน เป็นต้น

8. ผู้เรียนได้นำความรู้จากห้องเรียนเชื่อมโยงกับชีวิตจริง
9. ผู้เรียนได้รับการประเมินผลงานเน้นด้านคุณภาพ ไม่เน้นปริมาณ และเป็นการประเมินตามสภาพจริงอย่างต่อเนื่อง ตลอดกระบวนการในการทำโครงการ

ในขณะที่ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ (2559: 34-35) ได้อธิบายลักษณะสำคัญของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานไว้ว่า การเรียนรู้ที่ใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เป็นแนวทางที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในการทำโครงงานด้วยการใช้วิธีสอนแบบโครงงานเป็นหลัก ในขณะเดียวกันสามารถใช้วิธีสอนอื่น ๆ ร่วมด้วยตามความเหมาะสมของผู้เรียนและบริบทต่าง ๆ ในการทำโครงงาน ผู้เรียนจะพบปัญหาได้ตลอดเวลาการเรียนรู้ จึงเป็นวงจรการเรียนรู้ไปอย่างต่อเนื่องหรือเรื่อย ๆ โดยไม่มีที่สิ้นสุด หรือกล่าวว่าเป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต การเรียนรู้ที่ใช้โครงงานเป็นฐานจึงจัดเป็นการเรียนรู้ซึ่งมีขั้นตอนดังแผนผังต่อไปนี้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์., 2559)



ภาพประกอบ 5 การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการทำโครงงาน

ที่มา : พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ (2559) สอนเด็กทำโครงงานสอนอาจารย์ทำวิจัย ปฏิบัติการในชั้นเรียน (PBL - CAR).

Thomas et al, (1999 อ้างถึงใน ภาวิชญา เฟือกพรหม, 2559, น. 48) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ดังนี้

1. มุ่งเน้นไปที่แนวคิดหลักของการลงมือปฏิบัติ
2. การมีส่วนร่วมในการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่เชื่อมโยงผู้เรียนเข้ากับโครงงานของจริงที่มีความซับซ้อน โดยให้ผู้เรียนได้ฝึกพัฒนาและประยุกต์ใช้ทักษะและความรู้
3. เป็นการเรียนรู้ที่ผลักดันให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้และลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา
4. เป็นการเรียนรู้ที่ก่อให้เกิดประสบการณ์ในการเรียนรู้ที่จะจัดการและจัดสรรทรัพยากร เช่น เวลาและวัสดุ (ภาวิชญา เฟือกพรหม, 2559)

จากลักษณะสำคัญของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ข้างต้น กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการเนื้อหาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนต้องลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองหรือกระบวนการกลุ่มอย่างเป็นระบบเป็นขั้นตอน ด้วยกระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทักษะทางภาษา พัฒนาทักษะทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 สามารถสร้างองค์ความรู้ และสรุปความรู้ด้วยตนเองได้ และสามารถเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริงได้

2.3 องค์ประกอบของหลักการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดการเรียนรู้ โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึง องค์ประกอบของการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานไว้ดังนี้

Blumenfeld et al. (1994: 539-551) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบสำคัญในการทำโครงงานของการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐานที่สำคัญมี 2 ประการ คือ

1. คำถามหรือปัญหา ซึ่งกำหนดขึ้นเพื่อก่อให้เกิดแรงขับในการทำกิจกรรมที่จะนำไปสู่การสร้างผลงานในตอนท้าย
2. ผลงานชิ้นงาน ซึ่งเป็นการแสดงถึงการแก้ไขปัญหของผู้เรียน โดยการนำความรู้ความคิดต่าง ๆ มาสร้างชิ้นงาน ซึ่งชิ้นงานนี้ควรเป็นสิ่งที่เป็นรูปธรรมเพราะจะทำให้เห็นได้ชัดเจน จะทำให้สามารถเกิดการร่วมกันวิเคราะห์ วิพากษ์ วิจัยเพื่อให้ได้ความคิดเห็นที่จะสะท้อนกลับมายังผู้ทำผลงานได้ (Blumenfeld, Krajcik, Marx, & Soloway, 1994)

Railsback (2002) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบของการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน ดังนี้

1. สถานการณ์หรือปัญหาต่าง ๆ ประโยคหรือคำอธิบายปัญหา หรือปัญหาโครงการที่ต้องการหาคำตอบ
2. วัตถุประสงค์ของโครงการคำอธิบายสั้น ๆ วัตถุประสงค์ของโครงการและวิธีการในการแก้ปัญหา
3. รายละเอียดของโครงการ รายการรายละเอียดของโครงการหรือคุณภาพงานที่ต้องเกิดขึ้น
4. กฎระเบียบ แนวทางสำหรับการดำเนินการโครงการรวมถึงระยะเวลาและเป้าหมายระยะสั้น
5. รายชื่อของผู้เข้าร่วมโครงการที่มีบทบาทที่ได้รับมอบหมาย รวมทั้งโครงการเพื่อน ร่วมทีมของสมาชิกในชุมชน ทีมโรงเรียน และผู้ปกครอง
6. การประเมินผล วิธีการปฏิบัติงานของผู้เรียนจะถูกประเมินในการเรียนรู้โครงการตามกระบวนการเรียนรู้เป็นการประเมินเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (Railsback, 2002)

วารสารณ์ ตระกูลสฤษดิ์ (2545:79-80) ได้อธิบายถึงการเรียนแบบโครงการว่า ควรมีการกำหนดวางแผนการจัดการสอนโดยคำนึงถึงองค์ประกอบ ดังนี้

1. การร่วมมือของผู้เรียน การจัดหลักสูตรจะต้องคำนึงถึงการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการทำงานร่วมกัน มีโอกาสที่จะได้เรียนรู้แบบร่วมมือกัน ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ได้ร่วมตัดสินใจร่วมกัน
2. การกำหนดทิศทางของผู้เรียน การจัดกระบวนการเรียนรู้แบบโครงการต้องกำหนดโครงการที่จะให้ผู้เรียนโดยมุ่งเน้นให้โครงการนั้นมีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาที่เรียนและเกี่ยวข้องกับบริบทของผู้เรียน ต้องมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับโลกความเป็นจริงรอบ ๆ ตัวผู้เรียน มีการออกแบบการนำเสนอที่ดีมีประสิทธิภาพ มีรูปแบบที่ชัดเจนต่อการเข้าใจ มีการให้ผู้เรียนสามารถประเมินตนเอง และประเมินเพื่อนในการเรียนรู้ได้
3. การกำหนดขอบเขตของเวลาในการทำโครงการ และสื่อต่าง ๆ ในการสนับสนุนการเรียนรู้ ควรมีการกำหนดเวลาที่พอเหมาะพอดี เพียงพอในการศึกษาเรียนรู้ และทำโครงการโดยมีสิ่งที่จะให้เวลา สมาชิกได้มีส่วนร่วมในการทำโครงการ การพัฒนาในการร่วมมือกันทำโครงการอย่างมีประสิทธิภาพ ร่วมกันทำงานตามภาระหน้าที่ให้ได้ดี โดยอาศัยแหล่ง

สนับสนุน /แหล่งให้ความรู้/ สื่อ/ ทรัพยากรการเรียนรู้ที่มีอยู่ มีการประเมิน และออกแบบ กระบวนการในการทำโครงการ

4. สื่อผสมรูปแบบต่าง ๆ การเรียนรู้แบบโครงการ จำเป็นต้องนำ สื่อผสม รูปแบบต่าง ๆ ที่เหมาะสมมาช่วยสนับสนุนการเรียนรู้มีขอบเขตที่กว้างขวางขึ้นง่ายสะดวกต่อการ ค้นคว้าหาข้อมูล รวมทั้งติดต่อสื่อสารกัน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เข้าถึงสื่อการเรียนการสอน และ ทรัพยากรการเรียนรู้ต่าง ๆ มีการวางแผนให้ผู้เรียนใช้เวลาที่เหมาะสม ในการเรียนรู้เนื้อหาความรู้ ต่าง ๆ จากสื่อทุกรูปแบบที่มีการจัดเตรียมไว้ ดังนั้น ผู้สอนควรมีการพิจารณาเลือกสื่อผสมรูปแบบ ต่าง ๆ มาช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้บรรลุตามเป้าหมายของตนเอง

5. เนื้อหาของหลักสูตร การกำหนดเนื้อหาของหลักสูตรต้องมีความชัดเจน ของวัตถุประสงค์ หรือเป้าหมายของการเรียนเพียงพอสามารถทำให้ผู้เรียนสามารถรับรู้เรียนรู้ และ เข้าใจได้ เนื้อหาความรู้ทั้งหลาย มีการกำหนดมาตรฐานของหลักสูตร ซึ่งเป็นที่ยอมรับสามารถ กำหนดเกณฑ์ประเมินได้

6. การเชื่อมต่อ/ความสัมพันธ์กับโลกความเป็นจริง การจัดการเรียนการสอน แบบโครงการนี้ สิ่งที่ควรคำนึง คือ จะจัดหลักสูตรอย่างไรให้เปิดโอกาสให้ผู้เรียน แต่ละคนสามารถ พัฒนาตนเองให้สามารถเรียนรู้/รับรู้ เข้าใจ โลกของความเป็นจริงที่อยู่รอบตัวได้ เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้มีการติดต่อสื่อสารกันกับผู้อื่น ให้ผู้เรียนได้ร่วมกันทำงานแบบร่วมมือกัน/ ทำงานเป็นทีม มีการบริหารจัดการโครงการที่เหมาะสม การกำหนดให้ทำโครงการที่มีความสัมพันธ์กับโลกความเป็นจริงหรือปัญหาในปัจจุบัน และมีการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีประสิทธิภาพ

7. ระบบการประเมินผล การเรียนการสอนจำต้องมีการประเมินเพื่อให้ทราบ ผลของการจัดกระบวนการเรียนรู้ ด้วยวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ที่หลากหลายวิธี และยังสามารถติดตามผลการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยว่ามี ความก้าวหน้าเพียงใด ควรปรับปรุงแก้ไขสิ่งใด เรื่องใดบ้าง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สะท้อนความคิด ความรู้สึกและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีการปรับปรุงแก้ไขตนเองในการเรียนและการทำงาน (วรภกรณ์ ตระกูลสฤษดิ์, 2545)

นฤมล ยุตาคม (2543: 35–46) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบที่สำคัญของการทำโครงการมีดังนี้

1. คำถาม คือ คำถามที่กำลังจะหาคำตอบ
2. วิธีการ คือ วิธีการที่จะนำมาซึ่งคำตอบของคำถามนั้น
3. ข้อมูล คือ ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ ทั้งจากการค้นหาจากแหล่งต่าง ๆ การทดลองหรือจากแหล่งอื่น

4. ข้อสรุป คือ ข้อสรุปที่รวบรวมได้จากข้อมูลในข้อที่ 3 (นฤมล ยุตาคม, 2543)

จากองค์ประกอบของหลักการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานข้างต้น กล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

1. คำถามหรือปัญหา ซึ่งกำหนดขึ้นเพื่อก่อให้เกิดแรงขับในการสร้างชิ้นงาน
2. ผลงานหรือชิ้นงาน ซึ่งเป็นการแสดงถึงการแก้ไขปัญหาของผู้เรียน โดยการนำความรู้มาสร้างชิ้นงาน

3. วิธีการที่จะนำมาซึ่งคำตอบของปัญหา
4. การมีส่วนร่วมของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกัน ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน

5. การกำหนดทิศทางของผู้เรียน มุ่งเน้นให้โครงงานนั้นมีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาที่เรียนและสอดคล้องกับบริบทของผู้เรียนมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันกับโลกความเป็นจริง สถานการณ์หรือปัญหารอบ ๆ ตัวผู้เรียน

6. การกำหนดขอบเขตของเวลาในการทำโครงงานให้มีความพอเหมาะสมควร
7. สื่อผสมรูปแบบต่าง ๆ นำมาช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ให้ง่ายต่อการค้นคว้าหาข้อมูล และติดต่อสื่อสาร

8. เนื้อหาของหลักสูตรต้องมีความชัดเจนของวัตถุประสงค์ หรือเป้าหมายของการเรียน

9. ระบบการประเมินผล การเรียนการสอนจำต้องมีการประเมินเพื่อให้ทราบผลของการจัดกระบวนการเรียนรู้ ด้วยวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ที่หลากหลายวิธี และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สะท้อนความคิด ความรู้สึกและมีโอกาสปรับปรุงแก้ไขตนเองในการเรียนและการทำโครงงาน

จะเห็นได้ว่า การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานเป็นรูปแบบการเรียนรู้ขั้นเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่เน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองจากการ เลือกลงในสิ่งที่สนใจ ตามความถนัดและความสามารถของตนเอง โดยผู้เรียนต้องเป็นผู้ดำเนินการเองทั้งสิ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มต้น โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ที่ได้เรียนนำมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติ ซึ่งผู้เรียนจะเป็นผู้ดำเนินการทุกกระบวนการเรียนรู้ ตั้งแต่การวางแผนการเรียนรู้การออกแบบการเรียนรู้ การสร้างสรรค์ประยุกต์ใช้ผลผลิตที่เป็นระบบ ได้ลงมือปฏิบัติจริงและการประเมินผลงาน จนกระทั่งเสร็จสิ้นโครงงานโดยมีผู้สอนเป็นที่ปรึกษาคอยอำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ

และให้คำปรึกษาในระหว่างการทำงานโครงการ ซึ่งเชื่อได้ว่ากระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวน่าจะมีส่วนในการพัฒนาการเรียนรู้โดยการนำตนเองของผู้เรียนได้

2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน

บุรุษย์ ศิริมหาสาคร (2547: 98-103) ได้แบ่งขั้นตอนของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานไว้ 4 ระยะ คือ ระยะเริ่มต้นโครงการ ระยะการทำโครงการ ระยะการเสนอผลการศึกษา และระยะการพัฒนาโครงการ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. ระยะเริ่มต้นโครงการ

1.1 การเลือกเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา การเรียนรู้ด้วยโครงการเริ่มจากผู้เรียนมีความสนใจอยากศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างลึกซึ้ง โดยเรื่องที่ศึกษาอาจเป็นประเด็นทั่วไป หรือปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ซึ่งอาจตรงกับสาขาวิชาใดก็ได้ สิ่งสำคัญ คือ เรื่องหรือปัญหาที่ได้มา ต้องมาจากผู้เรียนเกิดความสงสัย ต้องการหาคำตอบ หรือต้องการปฏิบัติงานนั้น ๆ ด้วยตนเอง ไม่ใช่ผู้สอนเป็นผู้กำหนด ทั้งนี้ โครงการที่ผู้เรียนจะศึกษานั้นผู้เรียนต้องมีความรู้พื้นฐานมาแล้วเพราะโครงการเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำความรู้ที่มีอยู่ไปใช้

1.2 การเลือกเรื่องที่จะทำโครงการ

- 1) เรื่องที่ผู้เรียนสนใจจากตัวผู้เรียนเอง
- 2) เรื่องที่ผู้เรียนสนใจศึกษา เพื่อแก้ปัญหาที่ประสบในชีวิตประจำวัน
- 3) เรื่องที่ผู้เรียนสนใจจากเหตุการณ์ปัจจุบัน เหตุการณ์ในชุมชนหรือจากบทเรียน

4) เรื่องที่ผู้เรียนสนใจจากการกระตุ้นของผู้สอน

2. ระยะการทำโครงการ ระยะการทำโครงการข้างต้นมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 การกำหนดวัตถุประสงค์ การกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน ช่วยให้การทำโครงการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการตอบคำถามว่า ทำโครงการเพื่ออะไร ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนกำหนดแนวทางในการทำงานให้เป็นที่ไปตามวัตถุประสงค์

2.2 การระบุประโยชน์ การระบุประโยชน์ เป็นการคาดหวังไว้ล่วงหน้าว่า ผลที่เกิดขึ้นจากการทำโครงการ จะได้ประโยชน์อะไร ทำให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญในการทำโครงการนั้น และเกิดความพยายามที่จะทำโครงการนั้นให้สำเร็จ

2.3 การหาแนวโน้มหรือการคาดเดาคำตอบ (สมมติฐาน) การหาแนวโน้มหรือการคาดเดาคำตอบ เป็นการรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน เพื่อหาแนวโน้มมาทำนายหรือคาดเดาผลที่น่าจะเกิดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนมีทิศทางของคำตอบ การทำโครงการประเภททดลองนั้น การคาด

เดาคำตอบความสำคัญมาก เพราะเป็นเงื่อนไขที่จะกำหนดวิธีการศึกษาของผู้เรียนและช่วยฝึกให้ผู้เรียนคิดอย่างมีเหตุผล แต่ไม่ใช่ว่าทุกโครงการจะมีการคาดเดาคำตอบล่วงหน้าเสมอไป ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงการว่า เป็นโครงการลักษณะใด

2.4 การกำหนดวิธีการศึกษาที่หลากหลาย ผู้เรียนสามารถกำหนดวิธีการศึกษาได้อย่างหลากหลาย เป็นการหาหนทางไปสู่คำตอบ ซึ่งใช้วิธีการต่าง ๆ หลายวิธี เช่น การสังเกต สัมภาษณ์ สอบถาม ฟังบรรยาย ศึกษาค้นคว้าจากเอกสารตำราปฏิบัติการทดลอง ปฏิบัติงาน ไปทัศนศึกษา ดูของจริง ดูวีดิทัศน์ และอินเทอร์เน็ต เป็นต้น ทั้งนี้ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ว่าการแสวงหาความรู้ สามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่เอื้ออำนวย และสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา ตลอดจนเรียนรู้ว่า วิธีการให้ได้มาซึ่งคำตอบ ไม่ได้มีเพียงวิธีเดียว

2.5 การเลือกวิธีที่จะศึกษาถึงแม้ว่าผู้เรียนจะกำหนดวิธีการศึกษาได้อย่างหลากหลายก็ตาม แต่ผู้เรียนต้องรู้จักเลือกวิธีการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ บทบาทสำคัญของผู้เรียนในขั้นตอนนี้ คือ การคิดตัดสินใจเลือกวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เป็นอยู่ และเหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน บทบาทสำคัญของผู้สอน คือ การสนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามวิธีการที่เขาเลือก และใช้แหล่งเรียนรู้ที่มีอยู่ใกล้ตัว ให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งแหล่งเรียนรู้ที่เป็นบุคคล สถานที่ และภูมิปัญญาท้องถิ่น

2.6 การลงมือศึกษาและเก็บรวบรวมผลที่ได้จากการศึกษา ขั้นตอนนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับผู้เรียน เพราะเป็นขั้นตอนของการลงมือทำ ขั้นตอนต่าง ๆ ที่ผ่านมาเป็นเพียงขั้นตอนของการวางแผนการเรียนรู้เท่านั้น ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้จริง ก็ต่อเมื่อได้ลงมือปฏิบัติ ศึกษา รวบรวมข้อมูล จัดหมวดหมู่ วิเคราะห์ สังเคราะห์ หาแนวโน้ม เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสารสนเทศต่าง ๆ โดยปฏิบัติตามกิจกรรมตามแผนการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ รวมทั้งการปรับปรุงวิธีการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งผู้สอนต้องติดตามช่วยเหลือให้การเรียนรู้ของผู้เรียน ดำเนินไปสู่จุดหมาย

3. ระยะการเสนอผลการศึกษา

3.1 การสรุปผล เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกสร้างความรู้และสรุปความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนต้องรู้จักนำข้อมูลที่รวบรวมไว้มาทำความเข้าใจ วิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อสัมพันธ์เชื่อมโยงข้อมูลนั้น แล้วสรุปผลการดำเนินโครงการเป็นความรู้ที่ค้นพบ รวมทั้งวิธีการได้มาซึ่งความรู้นั้นด้วย

3.2 การนำเสนอผลการศึกษาเมื่อผู้เรียนได้ค้นพบความรู้จากการทำโครงการแล้ว ผู้เรียนต้องนำเสนอผลการดำเนินโครงการ ทั้งในส่วนที่เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ และส่วนที่เป็นผลผลิตหรือองค์ความรู้ที่ค้นพบ ในการเสนอโครงการ ต้องมีการสะท้อนความคิดเห็น

อย่างสร้างสรรค์ต่อการทำโครงการนั้น เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น การนำเสนอโครงการสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การรายงานด้วยเอกสาร หนังสือเล่มเล็ก การเล่าสู่กันฟัง การประชุม การจัดนิทรรศการ หรือการแสดงละคร เป็นต้น โดยผู้เรียนร่วมกันเป็นผู้คิดวิธีการนำเสนอ และควรให้ผู้ปกครองหรือบุคคลในชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการรับฟัง และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ การนำเสนอทำได้ทั้งในระดับชั้นเรียน โรงเรียน ชุมชน อำเภอ จังหวัด ระดับภูมิภาค หรือระดับชาติ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม

3.3 การเผยแพร่ นอกจากการนำเสนอโครงการแล้ว ผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดวิธีการเผยแพร่ ประชาสัมพันธ์โครงการให้กว้างขวางยิ่งขึ้น โดยใช้วารสารวิชาการ องค์กรชุมชน สื่อมวลชน ซึ่งผู้เรียนจะได้มีโอกาสเขียนนำเสนอ และแสดงความคิดเห็นผ่านสื่อต่าง ๆ ด้วยตัวของผู้เรียนเอง

4. ระยะเวลาพัฒนาโครงการ

อย่างไรก็ตามการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมโครงการ ไม่ควรสิ้นสุดหลังจากการนำเสนอโครงการแล้ว แต่ควรนำผลการทำโครงการมาพิจารณาต่อว่า สามารถทำโครงการอะไรต่อจากโครงการนี้ เพื่อศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับเรื่องนั้นให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น หรืออาจจะศึกษาเรื่องใหม่ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับเรื่องนั้น เพื่อขยายขอบข่ายของความรู้ให้กว้างขวางครบถ้วนและมีความสมบูรณ์เป็นการต่อยอดความรู้หรือพัฒนาวิชาการ(บุรชัย ศิริมหาสาร, 2547)

ดุชฎี โยเหลา และคณะ (2557, น. 20-23) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงการเป็นฐาน มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นให้ความรู้พื้นฐาน ผู้สอนให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทำโครงการก่อนการเรียนรู้ เนื่องจากการทำโครงการมีรูปแบบและขั้นตอนที่ชัดเจนและรัดกุม ดังนั้นผู้เรียนจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับโครงการไว้เป็นพื้นฐาน เพื่อใช้ในการปฏิบัติขณะทำงานโครงการจริงในขั้นแสวงหาความรู้

2. ขั้นกระตุ้นความสนใจ ผู้สอนเตรียมกิจกรรมที่จะกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน โดยต้องคิดหรือเตรียมกิจกรรมที่ดึงดูดให้ผู้เรียนสนใจใคร่รู้ถึงความสนุกสนานในการทำโครงการหรือกิจกรรมร่วมกัน โดยกิจกรรมนั้นอาจเป็นกิจกรรมที่ผู้สอนกำหนดขึ้น หรืออาจเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนมีความสนใจต้องการจะทำอยู่แล้ว ทั้งนี้ในการกระตุ้นของผู้สอนจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเสนอจากกิจกรรมที่ได้เรียนรู้ผ่านการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนที่เกี่ยวข้องกับชุมชนที่ผู้เรียนอาศัยอยู่หรือเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

3. ขั้นจัดกลุ่มร่วมมือ ผู้สอนให้ผู้เรียนแบ่งกลุ่มกันแสวงหาความรู้ ใช้กระบวนการกลุ่มในการวางแผนดำเนินกิจกรรม โดยผู้เรียนเป็นผู้ร่วมกันวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเอง โดยระดมความคิดและหารือแบ่งหน้าที่เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติร่วมกัน หลังจากที่ได้ทราบหัวข้อสิ่งที่ตนเองต้องเรียนรู้ในภาคเรียนนั้น ๆ เรียบร้อยแล้ว

4. ขั้นแสวงหาความรู้ ในขั้นแสวงหาความรู้มีแนวทางปฏิบัติสำหรับผู้เรียนในการทำกิจกรรม ดังนี้

- ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมโครงการตามหัวข้อที่กลุ่มสนใจ
- ผู้เรียนปฏิบัติหน้าที่ของตนตามข้อตกลงของกลุ่ม พร้อมทั้งร่วมมือกันปฏิบัติ กิจกรรม โดยขอคำปรึกษาจากผู้สอนเป็นระยะเมื่อมีข้อสงสัยหรือปัญหาเกิดขึ้น

- ผู้เรียนร่วมกันเขียนรูปเล่ม สรุปรายงานจากโครงการที่ตนปฏิบัติ

5. ขั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้ ผู้สอนให้ผู้เรียนสรุปสิ่งที่เรียนรู้จากการทำกิจกรรม โดยผู้สอนใช้คำถาม ถามผู้เรียนนำไปสู่การสรุปสิ่งที่เรียนรู้

6. ขั้นนำเสนอผลงาน ผู้สอนให้ผู้เรียนนำเสนอผลการเรียนรู้ โดยผู้สอนออกแบบกิจกรรมหรือจัดเวลาให้ผู้เรียนได้เสนอสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้ เพื่อให้เพื่อนร่วมชั้นและผู้เรียนอื่น ๆ ในโรงเรียนได้ชมผลงานและเรียนรู้กิจกรรมที่ผู้เรียนปฏิบัติในการทำโครงการ(ดุขฎี โยเหลา., 2557)

หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2559: 5-12) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน ไว้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมความพร้อม การเตรียมความพร้อม เป็นขั้นตอนที่สำคัญสำหรับผู้สอนและผู้เรียนเป็นการเตรียมความพร้อมผู้สอน เพื่อให้เข้าใจบทบาทผู้สอนในการทบทวนสร้างความสำเร็จกับกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ให้พร้อมต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน (PBL) ให้ประสบความสำเร็จ ส่วนการเตรียมความพร้อมผู้เรียนเป็นการสร้างความเข้าใจในบทบาทผู้เรียนให้เกิดความตระหนักถึงเป้าหมายการเรียนรู้ และบทบาทของผู้เรียนที่ต้องมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ รวมไปถึงการเตรียมแหล่งข้อมูล วัสดุอุปกรณ์งบประมาณ ระยะเวลา ความปลอดภัย และปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการซึ่งผู้สอนและผู้เรียนมีบทบาท ดังนี้

บทบาทผู้สอน

ประกอบไปด้วย

1. กำหนดขอบเขตการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน

- 1.1 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์รายวิชา
- 1.2 การกำหนดผลสัมฤทธิ์ที่คาดหวัง
- 1.3 การกำหนดประเด็นปัญหา/สมมติฐาน/ประเภทโครงงาน
- 1.4 การค้นคว้า/ทดลอง
- 1.5 การสรุป/การประเมินตนเอง
- 1.6 การหาความรู้เพิ่มเติม
- 1.7 การนำเสนอ เผยแพร่
- 1.8 การประเมินความก้าวหน้า

2. กำหนดแหล่งเรียนรู้/ค้นคว้า

- 2.1 ชุมชน ท้องถิ่น
- 2.2 การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT)
- 2.3 ผู้สอน/ผู้เชี่ยวชาญ/ปราชญ์ชาวบ้าน
- 2.4 แหล่งวิทยาการ เช่น ห้องสมุด ศูนย์วิทยบริการ ศูนย์การ

เรียนรู้ เป็นต้น

2.5 สถานที่เรียนรู้ เช่น สถานประกอบการ สถานที่ภาครัฐและ

เอกชน เป็นต้น บทบาทผู้เรียน

1. มีส่วนร่วมในการกำหนดเงื่อนไขและเกณฑ์การประเมินผล

การปฏิบัติงานโครงงาน

2. กำหนดปัญหา ความต้องการ
3. ศึกษาแหล่งเรียนรู้/ค้นคว้า
4. แบ่งกลุ่มและทำงานร่วมกัน

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดและเลือกหัวข้อ การกำหนดและเลือกหัวข้อเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของแต่ละหัวข้อที่จะทำโครงงาน รวมถึงการศึกษาความคุ้มค่าของโครงงานที่จะทำของผู้เรียน การกำหนดและเลือกหัวข้อเป็นกิจกรรมที่ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันกำหนดหัวข้อที่จะทำเป็นโครงงาน ศึกษาความเป็นไปได้ ความคุ้มค่าของแต่ละหัวข้อเพื่อเลือกโครงงานที่จะจัดทำกำหนดและเลือกหัวข้อได้เหมาะสมจะทำให้ผู้สอนและผู้เรียนเกิดการ

เรียนรู้ โดยเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมและสร้างองค์ความรู้ใหม่ไปพร้อมกัน ดังนั้นผู้เรียน จะต้องนำเสนอหัวข้อโครงการต่อผู้สอน เพื่อให้ความเห็นชอบก่อนการดำเนินการขั้นต่อไป ซึ่งผู้สอนและผู้เรียนมีบทบาท ดังนี้

บทบาทผู้สอน

1. จัดกิจกรรมหรือวิธีการเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนในการคิดหัวข้อเรื่องโครงการด้วยวิธีการที่หลากหลาย
2. อำนวยความสะดวก หรือให้คำแนะนำในการกำหนดหัวข้อและเลือกหัวข้อ
3. กำกับ ติดตามอย่างใกล้ชิด ให้กำลังใจ ช่วยแก้ปัญหาและให้ผู้เรียนคิดวิธีการใหม่หากไม่ประสบความสำเร็จ
4. เสนอแนะแหล่งข้อมูล แหล่งความรู้ ผู้รู้ เอกสารต่าง ๆ ให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า
5. สร้างแรงจูงใจ และแรงบันดาลใจในการเลือกหัวข้อโครงการตามศักยภาพ และความสนใจของผู้เรียน

บทบาทผู้เรียน

1. กำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม
 2. ร่วมกันกำหนดและเลือกหัวข้อโครงการโดยยึดหลักประชาธิปไตย และกระบวนการกลุ่ม
 3. นำเสนอหัวข้อโครงการต่อผู้สอน
- ขั้นตอนที่ 3 การเขียนเค้าโครงของโครงการ การเขียนเค้าโครงของโครงการ เป็นการสร้างผังมโนทัศน์ (Conceptual Map) หรือแผนที่ความคิด (Mind Map) ที่แสดงถึงภาพรวมทั้งหมดของโครงการตั้งแต่ต้นจนจบ ประกอบด้วย แนวคิด หลักการ แผนงาน และขั้นตอนในการทำโครงการตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น มีการกำหนดบทบาทและ ระยะเวลาในการดำเนินงาน ทำให้การดำเนินการเป็นไปอย่างรัดกุม รอบคอบ ไม่สับสน ทำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องมองเห็นภาระงานสามารถปฏิบัติโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ก่อนนำเสนอ ต่อผู้สอนหรือที่ปรึกษาเพื่อขอความเห็นชอบก่อนนำไปปฏิบัติในขั้นตอนที่ 4 ต่อไป ซึ่งมีหลังจากผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันกำหนดหัวข้อที่จะทำเป็นโครงการแล้ว ผู้เรียนในแต่ละกลุ่มวางแผนการจัดทำโครงการ โดยระบุกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนและตารางการดำเนินงาน กำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม และนำเสนอข้อสรุปแก่ผู้สอนอีกครั้ง ซึ่งผู้สอนและผู้เรียนมีบทบาท ดังนี้

บทบาทผู้สอน

1. สร้างความรู้ ความเข้าใจ และทักษะเกี่ยวกับกระบวนการในการเขียนเค้าโครงของโครงการที่ผู้เรียนจะทำ
2. ให้การสนับสนุนคำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ และตรวจสอบวิธีการเขียนเค้าโครงของโครงการที่ผู้เรียนจะทำให้ถูกต้องตามระเบียบวิธี
3. ประสานงานกับหน่วยงาน บุคคล หรือแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำเค้าโครงของโครงการของผู้เรียนให้ถูกต้องและสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี
4. กลับกรองและเห็นชอบให้ผู้เรียนจัดทำโครงการตามที่ผู้เรียนเสนอ
5. กำหนดเงื่อนไขและเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้เรียน

บทบาทผู้เรียน

1. ศึกษาค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้
 2. ร่วมกันเขียนเค้าโครงของโครงการตามระเบียบวิธี
 3. นำเสนอเค้าโครงของโครงการต่อผู้สอน
 4. นำข้อเสนอแนะจากผู้สอนมาปรับปรุง
 5. นำเสนอขอความเห็นชอบเพื่อปฏิบัติโครงการ
- ขั้นตอนที่ 4 การปฏิบัติงานโครงการ การปฏิบัติงานโครงการ เป็นการนำขั้นตอนวิธีการตามเค้าโครงของโครงการสู่การปฏิบัติ หลังจาก que ผู้เรียนได้รับความเห็นชอบจากผู้สอนหรือที่ปรึกษาแล้ว ซึ่งในการปฏิบัติโครงการนี้ผู้สอนและผู้เรียนมีบทบาท ดังนี้

บทบาทผู้สอน

1. อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติโครงการของผู้เรียน เช่น จัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น เป็นต้น
2. ติดตามความก้าวหน้าการปฏิบัติโครงการของผู้เรียน
3. ติดตามสถานการณ์ สภาพปัญหาในการปฏิบัติโครงการของผู้เรียนระหว่างการปฏิบัติงาน
4. ติดตามพฤติกรรม ทักษะกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น นวัตกรรมที่ใช้ วิธีการ เรียนรู้ กระบวนการแก้ปัญหาในการปฏิบัติโครงการของผู้เรียนระหว่างการปฏิบัติงาน เป็นต้น

ข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา

5. เสริมแรงทางบวก สร้างขวัญกำลังใจให้ผู้เรียนรู้จักการค้นคว้าหา

ภายในกลุ่มหรือระหว่างกลุ่ม

6. อำนวยความสะดวกให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เรียน

7. เปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เรียนและผู้สอน
บทบาทผู้เรียน

1. ปฏิบัติงานโครงการ
2. ประชุมปรึกษาหารือระหว่างผู้เรียน
3. ประชุมปรึกษาหารือกับผู้สอนและผู้ที่เกี่ยวข้อง
4. รวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติงานโครงการ
5. วิเคราะห์และแปลผลข้อมูลการดำเนินงาน

ขั้นตอนที่ 5 การนำเสนอผลงาน การนำเสนอผลงาน เป็นการจัดทำ
รายงานและการนำเสนอผลการปฏิบัติโครงการ ได้แก่ กระบวนการและผลงานเป็นขั้นตอนที่
ผู้เรียนปฏิบัติงานโครงการเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว ซึ่งผู้สอนและผู้เรียนมีบทบาท ดังนี้

บทบาทผู้สอน

เขียนรายงานโครงการ

1. สร้างความรู้ ความเข้าใจ และทักษะเกี่ยวกับกระบวนการในการ
2. มอบหมายให้ผู้เรียนจัดทำรายงานโครงการ
3. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนนำเสนอกระบวนการและผลงานโครงการ

บทบาทผู้เรียน

1. เขียนรายงานโครงการ
2. นำเสนอกระบวนการและผลงานโครงการ

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินโครงการ การประเมินโครงการเป็นขั้นตอนหนึ่ง
ที่สำคัญที่จะสะท้อนให้เห็นถึงความสำเร็จของโครงการในแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่ก่อนทำโครงการ
จนถึงเสร็จสิ้นโครงการ ซึ่งเป็นการประเมินอย่าง ต่อเนื่องด้วยวิธีการและเครื่องมือที่หลากหลาย
เน้นการประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ทั้งความรู้ กระบวนการ พฤติกรรมของ
ผู้เรียน ผลงาน และข้อค้นพบที่ผู้เรียนได้จาก การทำโครงการ การประเมินเป็นบทบาทหน้าที่ของ
ผู้สอนหรือที่ปรึกษา(หน่วยศึกษานิเทศก์สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ, 2559)

อังกฤษ ตุงคะสมิต (2559: 38-40) กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้
 โครงการเป็นฐานไว้ดังนี้

1) ก่อนดำเนินการสอน

ขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นความสนใจเป็นการสร้างสิ่งซึ่งเร้าให้ผู้เรียนเกิด
 ความสนใจ โดยควรเริ่มจากการสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนก่อน ควรสร้างบรรยากาศที่เป็นกันเอง
 ไม่เครียด เพื่อผู้เรียนเกิดความพร้อมในการเรียนรู้ จากนั้นจับกลุ่มผู้เรียนด้วยวิธีการที่ทำให้ผู้เรียน
 เกิดความสนุกสนาน มีความสุข และเกิดความสนใจในเรื่องที่จะเรียน สำหรับวิธีการจับกลุ่ม
 สามารถกระทำได้โดยวิธีที่หลากหลาย เช่น การใช้เกม ใช้เนื้อเพลง ใช้เนื้อหาที่จะเรียน จับฉลาก
 เป็นต้น

ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดปัญหา เป็นการเลือกกำหนดปัญหาที่จะศึกษา ซึ่ง
 ต้องเริ่มจากความสนใจของผู้เรียน ผู้สอนพยายามให้ผู้เรียนได้เลือกศึกษาปัญหาที่เหมาะสมกับ
 ความรู้ความสามารถของผู้เรียน และมีแนวทางที่สามารถพิสูจน์ ทดสอบ หาคำตอบได้ ผู้สอนควร
 กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นในการกำหนดปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลายดังนี้

- การตั้งคำถามจากเรื่องใกล้ตัว
- ใช้การสำรวจ โดยการมอบหมายให้ผู้เรียนไปสำรวจในห้องอื่น
- ใช้การศึกษานอกสถานที่ เป็นการเปลี่ยนบรรยากาศใน

ห้องเรียน และผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงที่หลากหลาย

- การสร้างบรรยากาศที่เอื้อให้เกิดปัญหาและความสงสัยกับตัว
 ผู้เรียน เช่น การจัดสภาพห้องเรียน สื่อ บ้ายนิเทศ เป็นต้น ขั้นเลือกหรือกำหนดปัญหานี้เป็นขั้นที่
 ผู้สอนต้องใช้ความพยายามในการกระตุ้นผู้เรียน แม้ปัญหาที่ผู้เรียนร่วมกันกำหนดจะมีความ
 หลากหลาย ผู้สอนต้องพยายามทะล่อมให้ผู้เรียนเลือกปัญหาที่สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้ที่
 วิเคราะห์ไว้

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนเป็นขั้นที่ผู้สอนให้ผู้เรียนร่วมกันเขียนโครงร่างของ
 โครงการ โดยผู้สอนใช้การสนทนาประกอบที่แสดงขั้นตอนของโครงการ เพื่อให้เกิดความชัดเจนใน
 ภาพรวมของโครงการแต่ละขั้นอย่างต่อเนื่องด้วยการเริ่มที่ละขั้นตอนดังนี้

3.1 การกำหนดปัญหา แต่ละกลุ่มเขียนปัญหาหรือความสำคัญ
 ของปัญหาให้ชัดเจนถึง 1) สาเหตุของปัญหา 2) ความสำคัญของปัญหา 3) แนวทางการแก้ไข

3.2 การตั้งสมมติฐาน เป็นการหาแนวโน้มและคาดคะเนคำตอบไว้ล่วงหน้า เป็นการกระตุ้นผู้เรียนให้ต้องการทราบถึงผลลัพธ์ที่ได้ว่าตรงกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่

3.3 วางแผนการรวบรวมข้อมูล เป็นการวางแผน กำหนดหน้าที่ของสมาชิกในการศึกษาข้อมูล ความรู้ และกำหนดวิธีการศึกษาที่หลากหลายเพื่อเป็นหนทางสู่คำตอบ เช่น การสังเกต การสัมภาษณ์ การทดลอง การค้นคว้าจากอินเทอร์เน็ต การศึกษานอกสถานที่ เป็นต้น โดยผู้เรียนควรเลือกตามความถนัดหรือความเหมาะสมของแหล่งความรู้

3.4 วางแผนการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการนำข้อมูลที่ได้มาจัดเรียงอย่างเป็นระบบ และทำการวิเคราะห์ โดยข้อมูลจากการวิเคราะห์อาจทำเป็นคำอธิบาย ตัวเลข ตารางเปรียบเทียบ ค่าสถิติ เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

3.5 วางแผนการนำเสนอข้อมูล โดยผู้สอนอาจนำรูปเล่มและแผนผังโครงการได้ศึกษาเป็นตัวอย่าง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจวิธีการนำเสนอและนำเสนอได้อย่างถูกต้อง

ขั้นที่ 4 ขั้นลงมือปฏิบัติเป็นขั้นที่มีความสำคัญมาก คือ การดำเนินการหรือลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ในขั้นที่ 3 ผู้สอนต้องให้การเสริมแรงและสนับสนุนให้ผู้เรียนเลือกวิธีการตามที่ต้องการ แต่ต้องอยู่บนพื้นฐานของการนำข้อมูลมาจัดหมวดหมู่ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ

ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปและนำเสนอเป็นการให้ผู้เรียนสรุปข้อมูลจากการวิเคราะห์ และสังเคราะห์เป็นผลงาน นำเสนอข้อมูลและเผยแพร่ข้อมูล โดยผู้เรียนสามารถนำเสนอในส่วนที่เป็นกระบวนการ วิธีการ ขั้นตอนและผลลัพธ์หรือผลที่ได้จากการศึกษา ผู้สอนควรให้คำแนะนำ กระตุ้นให้เกิดการซักถามภายในชั้นเรียน และควรมีการนำเสนอผลงานต่อโรงเรียน ชุมชน เขตพื้นที่การศึกษา หรือในระดับอื่น ๆ

จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานที่กล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหา เป็นการเลือกกำหนดปัญหาที่จะศึกษา เริ่มจากความสนใจของผู้เรียน ผู้สอนพยายามให้ผู้เรียนได้เลือกศึกษาปัญหาที่เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้เรียน และมีแนวทางที่สามารถพิสูจน์ ทดสอบ หาคำตอบได้

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันระดมความคิดและวางแผนร่วมกัน อภิปรายหาข้อสรุป กำหนดวิธีการศึกษาที่หลากหลายเพื่อใช้เป็นแนวทางปฏิบัติ

ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ เป็นการดำเนินการปฏิบัติตามแผน หลังจากนี้ ผู้เรียนได้รับความเห็นชอบจากผู้สอนหรือที่ปรึกษาแล้ว ผู้สอนต้องให้การเสริมแรงและสนับสนุนให้ผู้เรียนเลือกวิธีการตามที่ต้องการ แต่ต้องอยู่บนพื้นฐานของการนำข้อมูลมาจัดหมวดหมู่ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ

ขั้นที่ 4 ขั้นสรุปและนำเสนอผลงาน เป็นการให้ผู้เรียนสรุปข้อมูลจากการวิเคราะห์ และสังเคราะห์เป็นผลงาน นำเสนอข้อมูลและเผยแพร่ข้อมูล โดยผู้เรียนสามารถนำเสนอในส่วนที่เป็นกระบวนการ วิธีการ ขั้นตอนและผลลัพธ์หรือผลที่ได้จากการศึกษา ผู้สอนควรให้คำแนะนำกระตุ้นให้เกิดการซักถามภายในชั้นเรียน และควรมีการนำเสนอผลงานต่อสาธารณชน (อังคณา ตุงคะสมิต, 2559)

2.5 ประโยชน์ของแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ (2556: 18-19) ได้กล่าวถึงคุณค่าของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ มีดังนี้

1. พัฒนาพหุปัญญา ซึ่งเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ร่วมสมัยของ โฮเวิร์ด การ์ดเนอร์ (Howard Gardner, 1993) ที่ผู้เรียนทำโครงงานสามารถพัฒนาปัญญาได้ทั้ง 8 ด้าน ดังนี้

- 1) ปัญญาด้านภาษา (verbal / linguistic intelligence)
- 2) ปัญญาด้านการคิดและคณิตศาสตร์ (logical-mathematical intelligence)
- 3) ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ (visual / spatial intelligence)
- 4) ปัญญาด้านรอบรู้ธรรมชาติ (naturalist intelligence)
- 5) ปัญญาด้านดนตรี (musical / rhythmic intelligence)
- 6) ปัญญาด้านการเคลื่อนไหวกาย (bodily / kinesthetic intelligence)
- 7) ปัญญาด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล (interpersonal intelligence)
- 8) ปัญญาด้านรู้จักตนเอง (intrapersonal intelligence)

2. พัฒนาสมองซีกซ้ายและขวา สมองซีกซ้ายเน้นจดจำวิเคราะห์ แยกแยะ ส่วนสมองซีกขวา เน้นองค์รวม สังเคราะห์ สุนทรียภาพ ความคิดสร้างสรรค์ การพัฒนาพหุปัญญา เป็นการพัฒนาสมองทั้งสองซีกคือสมองซีกซ้ายได้รับการพัฒนาด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษา เป็นต้น สมองซีกขวา ได้รับการพัฒนาคิดวิเคราะห์ จดจำเกี่ยวกับความคิดสังเคราะห์ความคิดริเริ่ม ความคิดสร้างสรรค์ สุนทรียภาพซึ่งเกี่ยวข้องกับวิชาด้านภาษา ศิลปะ ดนตรี นาฏศิลป์ การกีฬา

เป็นต้น การทำโครงการเป็นการพัฒนาหุปัญญา ซึ่งเป็นการพัฒนาสมองทั้งสองซีก คือ สมองซีกซ้ายและสมองซีกขวานั้นเอง

3. พัฒนาผู้เรียนเชิงรุก เน้นผู้เรียนตามความสนใจ ตามความถนัดตามศักยภาพแห่งตน ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น

4. พัฒนาสมรรถนะทางการคิดให้เป็นผู้มีวิถีการเรียนรู้เป็นนักวิจัย เป็นผู้เรียนรู้ตลอดชีวิต

5. พัฒนาหลักฐานที่แสดงความเข้าใจอย่างคงทน การทำโครงการเป็นการสร้างให้ไดงานและชิ้นงานหรือผลผลิต อันเป็นหลักฐานที่แสดงความเข้าใจอย่างคงทน เป็นความเข้าใจอย่างลึกซึ้งที่สามารถนำความรู้ไปใช้ ไปประยุกต์ใช้ได้สรุปแล้วเป็นเรียนรู้ที่มีความหมาย (meaningful learning) (พิมพันธ์ เดชะคุปต์., 2556)

นอกจากนี้ นักการศึกษาหลายท่าน (จิราภรณ์ ศิริทวี, 2542; ชาตรี เกิดธรรม, 2547; ศศิธร แม้นสงวน, 2555; สุนันท์ สินธพานนท์, 2545; สุพิน ดิษฐสกุล, 2543) ได้กล่าวถึงคุณค่าของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนไว้ดังนี้

1. ได้พัฒนาทักษะการค้นคว้าสารนิเทศ จากการที่ผู้เรียนต้องใช้แหล่งทรัพยากรต่าง ๆ เช่น หนังสือสารานุกรม พจนานุกรม อินเทอร์เน็ต จะทำให้ผู้เรียนมีความสามารถทางเทคโนโลยีสารสนเทศ

2. ทำให้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศระหว่างผู้ที่ทำงานร่วมกัน

3. สร้างกระบวนการภายในกลุ่ม และจัดระบบภายในกลุ่ม

4. เพิ่มความสามารถในการแก้ปัญหา

5. พัฒนาทักษะการคิดระดับสูง เช่น การคิดแก้ปัญหา การคิดวิจารณ์ญาณ การคิดตัดสินใจการคิดสร้างสรรค์

6. พัฒนาทักษะในการจัดการ เช่น เรื่องการบริหารเวลา การใช้แหล่งทรัพยากรให้คุ้มค่า ทำให้เกิดทักษะทางสังคม เช่น ทักษะการเป็นผู้นำ ทักษะการเจรจาต่อรอง

7. มีการพัฒนาความสามารถภายในของตนเอง และความสามารถในการมีสัมพันธภาพกับบุคคลอื่น

8. ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้พหุปัญญาของตนเองจากการแบ่งงานกันทำตามความสามารถและความถนัด ทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองเต็มตามศักยภาพ

9. ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น มีแรงจูงใจที่จะมีส่วนร่วมในชิ้นงานซึ่งจะพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถทำได้

10. พัฒนาทักษะในการเรียน และการทำงาน
11. ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกภาคภูมิใจในตนเองที่ได้มีส่วนร่วมในชิ้นงานซึ่งจะพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความเชื่อมั่นในตนเองมากขึ้น
12. เพิ่มแรงจูงใจในการเรียน จากการที่ผู้เรียนและกลุ่มเพื่อนได้เฝ้าดูผลงานที่สร้างขึ้น
13. ทำให้เกิดความหลากหลายในบรรยากาศเรียนรู้จากการที่ผู้เรียนนำเสนอผลงานในรูปแบบที่แตกต่างกัน และทำให้ผู้เรียนได้ค้นพบวิธีการเรียนของตนเอง
14. ทำให้ผู้สอนเกิดการเรียนรู้ที่จะค้นหา และพัฒนาคุณลักษณะโครงงานที่ดีที่เหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้
15. ผู้เรียนได้ฝึกลักษณะนิสัยที่ดีในการทำงาน เช่น การสังเกต การจดบันทึก ข้อมูล การเก็บข้อมูลอย่างมีระบบ ความรับผิดชอบ ความซื่อตรง ความเอาใจใส่ความขยันหมั่นเพียรในการทำงาน รู้จักทำงานอย่างมีระบบ ทำงานอย่างมีแผน

ในขณะที่ อัญชลี ทองเอม (2561: 197) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการเรียนรู้โดยใช้โครงงานว่า เป็นการมุ่งให้เด็กพัฒนาความรู้ความเข้าใจ โลกที่อยู่รอบ ๆ ตัวเขาและปลูกฝังคุณลักษณะความอยากรู้อยากเรียนให้กับผู้เรียนทำให้ผู้เรียนได้ ปฏิบัติกิจกรรมทั้งที่เป็นกิจกรรมทางวิชาการ เป็นการเรียนรู้ผ่านการเล่นและการมีปฏิสัมพันธ์กับ สิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัว กิจกรรมในสถานศึกษาจึงควรเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนิน ชีวิตปกติการมีปฏิสัมพันธ์กับ สิ่งแวดล้อมและผู้คนรอบ ๆ ตัวเด็ก เด็ก ๆ ทุกคนมีลักษณะเฉพาะตัว การสอนแบบโครงงานเปิดโอกาสให้เด็กแต่ละคนได้แสดงออกถึงคุณลักษณะ ความรู้ ความเข้าใจ ความเชื่อของตน โดยที่ผู้สอนไม่ใช่ผู้ถ่ายทอดความรู้ให้กับเด็ก แต่เป็นผู้คอยกระตุ้น ชี้แนะ และ ให้ความสะดวกในการเรียนรู้ของผู้เรียน และลัดดา ภูเกียรติ (2544: 48) กล่าวว่า การเรียนรู้ในรูปแบบโครงงานเป็นการจัดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้ความชำนาญ ทักษะที่มีอยู่รวมทั้งจุดเด่นของตนเองที่อาจไม่มีโอกาสได้แสดงออกในที่ไหนมาก่อนมาประยุกต์ใช้ได้เต็มที่ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ตัดสินใจด้วยตนเอง มีส่วนร่วมในการคิดกิจกรรมในการสร้างความรู้ แทนที่จะเป็นผู้รับอย่างเดียว ซึ่งไม่มีวันที่จะได้รับทั้งหมด แต่ถ้าผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเองเขาจะจดจำสิ่งเหล่านั้นติดตัวไปตลอดชีวิตโดยไม่มีวันลืม จากประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานที่กล่าวไว้ข้างต้น สรุปได้ดังนี้

1. เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีส่วนร่วมในการจัดกระบวนการเรียนรู้

2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงศักยภาพของตนเองตามความถนัด

3. ส่งเสริมการทำงานเป็นทีม มีสัมพันธภาพที่ดีกับบุคคลอื่น

4. พัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

5. ส่งเสริมพัฒนาทักษะด้านการคิดระดับสูง ได้แก่ การคิดแก้ปัญหา การคิดวิจารณ์ การตัดสินใจ การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

6. เกิดทักษะทางสังคม ได้แก่ ทักษะการเป็นผู้นำ ทักษะการเจรจาต่อรอง เป็นต้น (อัญชลี ทองเอม, 2561)

2.6 บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

พิมพันธ์ เตชะคุปต์ และคณะ (2559: 47-48) ได้กล่าวถึง บทบาทของผู้สอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ไว้ดังนี้ สมรรถนะของการเป็นผู้สอนที่ปรึกษาทำโครงงาน เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดของการสอนการทำโครงงาน หรือเรียกว่าบทบาทการเป็นที่ปรึกษา (advisor) ของการทำวิจัยพื้นฐานที่จะช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้กว้าง และรู้อย่างลึกซึ้ง สมรรถนะหลักมีดังนี้

- 1) สมรรถนะด้านความรู้ ต้องมีความรู้ในประเด็นต่อไปนี้
 - 1.1 ธรรมชาติของโครงงานทุกประเภท ทั้งเฉพาะศาสตร์และแบบข้ามศาสตร์
 - 1.2 วิธีสอน แนวการสอน แนวการประเมินผล แนวการสร้างแรงบันดาลใจ การกระตุ้น ผู้ทำโครงงาน
 - 1.3 วิธีสร้างหน่วยการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยวิธีสืบสอบ จนมีการศึกษา การสังเกต แล้วริเริ่มทำโครงงาน ผู้สอนจึงต้องรู้เรื่องวิธีสอนแบบสืบสอบ วิธีสอนแบบโครงงาน ตลอดจนรู้แนวการสอนแบบการเรียนรู้ที่ใช้โครงงานเป็นฐาน (PBL)
 - 1.4 การให้คำปรึกษากับผู้เรียนในหัวข้อทำโครงงานเริ่มจากการตั้งคำถามโครงงาน หรือคำถามวิจัย จนกระทั่งสามารถเขียนโครงการเพื่อเสนอขอทำโครงงาน
 - 1.5 วิธีให้คำปรึกษาให้ผู้เรียนดำเนินการทำโครงงานอย่างรอบคอบ เป็นระยะ ๆ ตลอดจนมีการประเมิน และสะท้อนความคิด
 - 1.6 วิธีให้คำปรึกษาในการวิเคราะห์ข้อมูล การเสนอด้วยผังกราฟิกแบบต่าง ๆ ตลอดจนการแปลความหมายข้อมูล

1.7 วิธีให้คำปรึกษาในการสรุปผล อภิปรายผล และแนะนำ การให้ข้อเสนอแนะ

1.8 วิธีให้คำปรึกษาในการเขียนรายงานโครงการ และการเขียนบทคัดย่อ

1.9 วิธีการเผยแพร่ผลการทำงานโครงการด้วยวิธีต่าง ๆ

- นำเสนอด้วยวาจา
- นำเสนอด้วยแผงโครงการ

2) สมรรถนะด้านความสามารถในการให้คำปรึกษา การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า การให้กำลังใจ ความสามารถในการเป็นที่ปรึกษาจะได้รับการพัฒนาเป็นทักษะและเป็นฐานสำคัญของการทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนและวิจัยทางวิชาการ

3) สมรรถนะด้านคุณลักษณะ หรือนิสัยของการเป็นนักวิจัยที่มีเจตคติเชิงบวกต่อการให้คำปรึกษาไม่ย่อท้อ ยอมเหน็ดเหนื่อย รวมทั้งมีความเป็นกัลยาณมิตรต่อผู้เรียนที่ทำโครงการ

4) สมรรถนะด้านกระบวนการ ต้องมีความสามารถในประเด็นต่อไปนี้

- ดำเนินการทำวิจัย หรือทำโครงการได้ จำแนกตามประเภทของโครงการ
- ให้คำปรึกษาต่อผู้เรียนให้สามารถทำโครงการได้สำเร็จ

5) สมรรถนะด้านตระหนักเห็นคุณค่าและการเป็นนักวิจัย ต้องมีคุณลักษณะและค่านิยมในประเด็น ต่อไปนี้

- ตระหนักในคุณค่าความสำคัญของการดำเนินทำวิจัย
- ตระหนักในคุณค่าของการให้คำปรึกษาผู้เรียนทำโครงการ
- มีนิสัยเป็นนักวิจัย ช่างสังเกต ชยัน อดทน บากบั่น มุ่งมั่น ไม่ย่อท้อ มี

จรรยาบรรณของนักวิจัย(พิมพันธ์ เดชะคุปต์., 2559)

ส่วน ลัดดา ภูเกียรติ. (2552: 97-102) ได้แบ่งบทบาทผู้สอนไว้ 3 ระยะ ดังนี้

1. ก่อนการดำเนินงาน ผู้สอนต้องมีการเตรียมความพร้อมของตนเองในทุก ๆ ด้านและทำการศึกษาให้ลึกซึ้งถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำโครงการ โดยการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลให้พร้อมเพียง เพื่อให้ผู้เรียนจะได้ค้นหาได้ง่าย ทำการศึกษาสำรวจหาแหล่งความรู้อื่น ๆ

2. ระหว่างการดำเนินงาน ผู้สอนจะต้องช่วยจัดหาและจัดเตรียมอุปกรณ์ แนะนำช่วยเหลือในการทำงาน ชี้แนะวิธีการป้องกันตัวในระหว่างปฏิบัติงาน ให้ความสะดวกในการปฏิบัติงานเพื่อสนับสนุนให้งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ช่วยเหลือให้ผู้เรียนสามารถดำเนินการในสิ่งที่ยากให้เป็นสิ่งที่ผู้เรียนสามารถคิด และลงมือปฏิบัติเองได้ ตรวจสอบแก้ไขโครงการตั้งแต่การวางแผน

การดำเนินงานและการสรุปผล คอยควบคุม ดูแล และติดตาม กระตุ้นเตือนให้ผู้เรียนปฏิบัติตามแผนที่วางไว้อย่างเป็นระบบ และเป็นขั้นตอนซึ่งผู้สอนจะต้องมีความเข้าใจทุกขั้นตอนในโครงการที่ดูแลเป็นอย่างดี

3. หลังจากเสร็จสิ้นโครงการ ผู้สอนต้องจัดให้มีการนำเสนอโครงการต่อสาธารณชน เช่น เพื่อนร่วมชั้นเรียน ผู้สอน ผู้บริหาร และผู้ปกครอง เพื่อฝึกความกล้าแสดงออก และยอมรับคำวิจารณ์จากคนภายนอกเพื่อการปรับปรุง และพัฒนางานให้ดียิ่ง ๆ ขึ้นไป (ลัดดา ภูเกียรติ, 2552)

ศศิธร แม้นสงวน (2555: 26) ได้กล่าวถึง บทบาทของผู้สอนหรือที่ปรึกษาทำโครงการไว้ ดังนี้

1. กระตุ้น ส่งเสริมให้ผู้เรียนกระตือรือร้นอยากทำโครงการ กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหัวข้อเรื่องด้วยวิธีการต่างๆ

2. ให้คำแนะนำ เชื่อมโยงหัวข้อเรื่องของผู้เรียนให้เข้ากับสาระที่ศึกษา หรือสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ รวมถึงวิชาอื่น

3. ให้คำแนะนำวิธีการสืบค้นข้อมูล แนะนำแหล่งอื่น ๆ เช่น หนังสือ วารสาร จุลสารต่าง ๆ ที่แนะแหล่งข้อมูล แหล่งความรู้ ผู้รู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการศึกษาค้นคว้าหรือการค้นคว้าทางอินเทอร์เน็ต รวมถึงตัวอย่างโครงการที่เคยทำมาแล้วที่มีความหลากหลาย

4. ให้คำแนะนำกรอบแนวคิดกว้าง ๆ ที่เหมาะสม ความเป็นไปได้ในการทำโครงการ และอยู่ในกรอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

5. จัดหาสิ่งอำนวยความสะดวก วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำโครงการ ตลอดจนแหล่งทุนที่จำเป็น

6. ให้อิสระในความคิด สนับสนุนให้ผู้เรียนทำสิ่งที่สนใจด้วยตนเอง ให้กำลังใจ และข้อเสนอแนะ กรณีที่ล้มเหลวต้องอยู่ช่วยหาวิธีแก้ปัญหา กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหาด้วยตนเองมากกว่าผู้สอนแก้ปัญหาให้

7. ติดตามการทำงานของนักเรียนอย่างใกล้ชิด ผู้สอนอาจไม่เชี่ยวชาญในเรื่องที่ผู้เรียนเลือกทำโครงการ แต่ควรแนะนำช่วยเหลือให้กำลังใจตลอดจนช่วยแก้ไขปัญหาค้นหาการแก้ปัญหาทุกระยะในการทำโครงการ

8. ดูแลการจัดทำรายงานให้สมบูรณ์ถูกต้อง การประเมินผลงาน จัดเวทีให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถในการนำเสนอผลงาน ยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์ หรือชื่นชมผลงานของตนเอง เพื่อเสริมสร้างเจตคติที่ดีต่อการทำโครงการมากยิ่งขึ้น(ศศิธร แม้นสงวน, 2555)

นอกจากนี้ ทิศนา แหมมณี (2560: 138-139) ได้กล่าวถึง บทบาทของผู้สอนหรือที่ปรึกษาทำโครงการไว้ ดังนี้

1. ผู้สอนและผู้เรียนมีการอภิปรายปัญหาต่าง ๆ ร่วมกัน
2. ผู้สอนมีการชี้แจงหรือทำความเข้าใจกับผู้เรียนถึงวัตถุประสงค์ในการทำโครงการ ความหวังต่อการทำโครงการ วิธีการและกระบวนการในการดำเนินการ รวมทั้งบทบาทของผู้เรียนและผู้สอน
3. ผู้สอนมีการจัดให้ผู้เรียนนำผลงาน ประสบการณ์ และข้อมูลทั้งหมดมาอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากการทำโครงการ
4. ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลทั้งทางด้านผลผลิต คือชิ้นงานงานจากการทำโครงการ และเนื้อหาความรู้ที่ได้เรียนรู้ กระบวนการและทักษะต่าง ๆ ที่ได้พัฒนาและเจตคติที่เกิดขึ้น (ทิศนา แหมมณี, 2560)

ลัดดา ภูเกียรติ (2552: 97-102) ได้กล่าวถึง บทบาทของผู้เรียนไว้ว่า ผู้เรียนที่ทำโครงการจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับตนเองก่อน ว่าสิ่งที่กำลังทำนั้นเป็นสิ่งที่ผู้เรียนสนใจอยากทำ อยากค้นหาคำตอบจริง ๆ เมื่อตนเองมีความพร้อมแล้วการเลือกเพื่อนที่จะทำงานร่วมกันเป็นอีกจุดหนึ่งที่จะทำให้งานสำเร็จไปด้วยดี เพราะการทำงานกับคนที่มีความคิดเห็นตรงกัน เข้าใจกัน งานจะไปได้อย่างรวดเร็ว ต่อมาต้องมีการวางแผนการทำงานร่วมกัน ยอมรับฟังเหตุผลของกันและกัน กล่าวที่จะแสดงความคิดเห็นเพื่อให้การแก้ปัญหาในการทำงานเป็นไปโดยความเห็นชอบของทุกคน แต่ละคนทำงานด้วยความรับผิดชอบและทำไปตามหน้าที่ที่ได้ตกลงกันไว้ก่อนแล้ว โดยอาจจะอาสาสมัครเองหรือได้รับมอบหมายมาจากกลุ่ม ให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน รวมไปถึงการให้กำลังใจแก่กันและกันตลอดการทำงานด้วย นอกจากนี้ ผู้เรียนต้องรู้จักแบ่งเวลาในการทำงานทั้งงานประจำและกิจกรรมโครงการซึ่งอาจต้องใช้เวลาทั้งในเวลาและนอกเวลาเรียน ดังนั้น ไม่ว่าจะเป็นตัวผู้เรียนที่ทำโครงการ หรือเพื่อนร่วมงาน หรือแม้แต่เพื่อนร่วมห้อง ร่วมโรงเรียนเดียวกันควรให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกันเท่าที่สามารถช่วยเหลือได้ เพราะบางครั้งงานที่เพื่อน ๆ ที่อยู่หรือศึกษาค้นคว้าอยู่นั้น เรามีความรู้หรืออาจมีแหล่งข้อมูลที่จะให้เพื่อนหยิบยืมหรือพาไปยังแหล่งข้อมูลต่าง ๆ นั้นได้ง่ายขึ้นก็ควรที่จะให้ความช่วยเหลือหรือแนะนำด้วย ในทางกลับกันเมื่อเราแสดงความเป็นกัลยาณมิตรกับเขา เมื่อถึงคราวที่ผู้เรียนต้องการความช่วยเหลือจากเพื่อน ๆ เขาก็จะมีใจช่วยเหลือเราด้วยเช่นเดียวกัน (ลัดดา ภูเกียรติ, 2552)

นอกจากนี้ ทิศนา แชมมณี (2560: 138-139) ได้กล่าวถึง บทบาทของผู้เรียนไว้ ดังนี้

1. ผู้สอนและผู้เรียนมีการอภิปรายปัญหาต่าง ๆ ร่วมกัน ผู้เรียนมีการเลือกปัญหาที่ตนสนใจที่จะทำโครงการ
2. ผู้เรียนมีการร่วมกันศึกษาหาความรู้ในเรื่องที่จะทำจากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย
3. ผู้เรียนมีการร่วมกันวางแผนการจัดทำโครงการ ซึ่งมักประกอบด้วยความเป็นมา และความสำคัญของประเด็นปัญหาที่จะเป็นโครงการ วัตถุประสงค์ ขั้นตอนในการดำเนินงาน แหล่งทรัพยากรและวัสดุต่าง ๆ ที่ต้องการ บทบาทหน้าที่ของบุคคลที่ร่วมโครงการ เครื่องมือ เวลา และค่าใช้จ่ายที่ต้องการ ความรู้ และทักษะที่จำเป็นต่อการดำเนินโครงการ การประเมินผลโครงการ และการ อภิปรายผลการเรียนรู้ ผู้สอนมีการให้คำปรึกษาแนะนำ และความรู้ที่จำเป็นต่อการทำโครงการตามความจำเป็น
4. ผู้เรียนมีการเขียนโครงการและนำเสนอผู้สอน ผู้สอนอาจให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือต่าง ๆ ตามความจำเป็น ไม่มากเกินไปและไม่น้อยเกินไป ผู้สอนมีการให้ความเห็นชอบใน การทำโครงการ และช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ตามความจำเป็น
5. ผู้เรียนมีการดำเนินงานตามแผนงานที่ได้กำหนดจนกระทั่งสามารถผลิตชิ้นงาน ออกมาได้ ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก ติดตามการทำงานของนักเรียน ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือตามความจำเป็น และให้แรงเสริมตามสมควร
6. ผู้เรียนมีการปรับปรุงผลงานและเขียนรายงาน
7. ผู้เรียนมีการนำผลงานออกแสดงต่อสาธารณชน (อาจจะเป็นชั้นเรียนในโรงเรียน ในชุมชน ฯลฯ) และเก็บข้อมูล (ทิศนา แชมมณี, 2560)

จากบทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน ข้างต้น กล่าวโดยสรุปได้ว่าบทบาทของผู้สอน มีดังนี้

1. อภิปรายปัญหาต่าง ๆ ร่วมกับผู้เรียน แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน
2. ชี้แจงหรือทำความเข้าใจกับผู้เรียนถึงวัตถุประสงค์ในการทำโครงการ วิธีการ และกระบวนการในการดำเนินการ
3. วัดและประเมินผลทั้งทางด้านผลผลิต และเนื้อหาความรู้ที่ได้เรียนรู้ กระบวนการและทักษะต่าง ๆ ที่ได้พัฒนาและเจตคติที่เกิดขึ้น

บทบาทของผู้เรียน มีดังนี้

1. อภิปรายปัญหาต่าง ๆ ร่วมกับผู้สอน
2. ร่วมกันศึกษาหาความรู้จากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย
3. ร่วมกันวางแผนการจัดทำโครงการ
4. ผู้เรียนมีการเขียนโครงการและนำเสนอต่อผู้สอน
5. ดำเนินงานตามแผนงานที่ได้กำหนด
6. ปรับปรุงผลงานและเขียนรายงาน
7. นำผลงานออกแสดงต่อสาธารณชน

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

Barak, M., & Dori, Y. J. (2005: 117-139) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพเกี่ยวกับความเข้าใจในวิชาเคมีของนักศึกษาในระดับปริญญาตรี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานผสมผสานกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการสนับสนุนกิจกรรม ซึ่งแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ นักศึกษากลุ่มทดลองที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นฐาน ซึ่งในโครงงานมีการใช้คอมพิวเตอร์ในการศึกษาโมเลกุลเคมี และใช้เว็บไซต์ในการค้นคว้าหาข้อมูล ส่วนนักศึกษากลุ่มที่เป็นกลุ่มควบคุมจะทำการแก้ปัญหาและการเรียนรู้แบบการเรียนการสอนตามปกติ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การมีส่วนร่วมประสิทธิภาพหลังเรียนของนักศึกษาที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานโดยใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน จะมีคะแนนการทดสอบหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน และการใช้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานในวิชาเคมีจะช่วยให้นักศึกษาเพิ่มความเข้าใจในเรื่องทฤษฎีเคมี แนวคิดเกี่ยวกับเคมีโครงสร้างโมเลกุล สูงขึ้นด้วย (Barak & Dori, 2005)

Hargis Jace (2005: 157-161) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเรียนแบบร่วมมือแบบชุมชนและการเรียนรู้แบบโครงงานผ่านระบบออนไลน์ โดยได้ทำการศึกษาภายใต้บริบทของการเรียนรู้แบบโครงงาน ซึ่งมีวัตถุประสงค์สำหรับศึกษาสภาพแวดล้อมแบบออนไลน์ ชุมชนออนไลน์ ที่มีส่วนร่วมอย่างหลากหลายรูปแบบในชุมชนเสมือน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การมีส่วนร่วมและเป็นเจ้าของในชุมชนเป็นลักษณะที่เด่น ถึงแม้ว่าบางชุมชนเสมือนจะไม่ได้ผลเป็นไปตามจริง ความพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับดี การค้นหาสิ่งต่าง ๆ คำถามคำตอบทำได้รวดเร็วตรงประเด็น มีความสัมพันธ์กัน และมีประโยชน์สำหรับการศึกษาในโลกปัจจุบัน (Hargis, 2005)

สุวัฒน์ นิยมไทย (2553: 288-304) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียน การสอนวิชาชีพแบบผสมผสาน โดยใช้โครงงานเป็นฐานในสถานประกอบการเพื่อพัฒนาการ ปฏิบัติงานและการแก้ปัญหา สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพช่างอุตสาหกรรม มี วัตถุประสงค์ คือ 1. เพื่อพัฒนา ศักยภาพการใช้และนำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนวิชาชีพแบบ ผสมผสาน โดยใช้โครงงานเป็นฐานในสถานประกอบการ 2. เพื่อพัฒนาการปฏิบัติงานและการ แก้ปัญหา สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพช่างอุตสาหกรรม มีขั้นตอนในการดำเนินการ วิจัย 4 ขั้นตอน คือ 1) การศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนวิชาชีพและสภาพที่ต้องการในการ จัดการเรียนการสอนวิชาชีพ และความสามารถในการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเครือข่าย อินเทอร์เน็ตของผู้สอนผู้สอนวิชาชีพ ผู้สอนฝึกในสถานประกอบการและผู้เรียนวิชาชีพช่าง อุตสาหกรรม 2) การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิชาชีพแบบผสมผสานโดยใช้โครงงานเป็น ฐานในสถานประกอบการ 3) การศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนวิชาชีพแบบผสมผสาน โดยใช้โครงงานเป็นฐานในสถานประกอบการ ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนและศึกษา ความสัมพันธ์ของคะแนนทักษะการปฏิบัติงานกับทักษะการแก้ปัญหา และ 4) การนำเสนอผลการ ใช้และรับรองรูปแบบการเรียนการสอนวิชาชีพแบบผสมผสาน โดยใช้โครงงานเป็นฐานในสถาน ประกอบการ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เป็นผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย จำนวน 50 คน ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1. รูปแบบการเรียนการสอนวิชาชีพ แบบผสมผสาน โดยใช้โครงงานเป็นฐานในสถานประกอบการ ประกอบด้วย 8 องค์ประกอบ คือ 1) เป้าหมายการเรียน 2) ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง 3) สื่อและแหล่งการเรียนรู้ 4) กิจกรรมการเรียนการสอน วิชาชีพแบบผสมผสาน 5) การเสริมสร้างศักยภาพ 6) การควบคุมการเรียนการสอน 7) การสื่อสาร และปฏิสัมพันธ์ 8) การวัดและประเมินผล 2. ขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ประกอบด้วย การ ปฐมนิเทศ จัดกลุ่มทำโครงงาน เลือกสถาน ประกอบการ และทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียน 2) ขั้นการเรียนการสอน ประกอบด้วย การ เรียนรู้ทักษะปฏิบัติจากสื่อออนไลน์ ทดสอบความรู้ทักษะปฏิบัติ ทำโครงงานฝึกทักษะการ ปฏิบัติงานและการแก้ปัญหาในสถานประกอบการ สื่อสารแลกเปลี่ยนเรียนรู้ บันทึกการเรียนรู้ และ สรุปโครงงาน 3) ขั้นสรุป ประกอบด้วย การนำเสนอโครงงานและประเมินผลสิ้นสุดการเรียน 3. ผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนวิชาชีพแบบผสมผสาน โดยใช้โครงงานเป็นฐานใน สถานประกอบการ มีทักษะการปฏิบัติงาน และทักษะการแก้ปัญหาสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนด้วย รูปแบบการเรียนการสอนวิชาชีพแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความพึง พอใจในรูปแบบการเรียนการสอนวิชาชีพที่พัฒนาขึ้นมาอยู่ในระดับมาก และคะแนนทักษะการ

ปฏิบัติงานกับทักษะการแก้ปัญหา มีความสัมพันธ์กันเป็นไปในทางบวก 4. ผลการนำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนวิชาชีวะแบบผสมผสาน โดยใช้โครงงานเป็นฐานในสถานประกอบการ ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 6 คน ประเมินว่ารูปแบบการเรียนการสอนนี้ โดยภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 และทุกท่านรับรองรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น (สุวัฒน์ นิยมไทย, 2553)

ภุริชญา เผือกพรหม (2559: 194-203) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาหลักสูตรการเรียนรู้ภาษาอังกฤษตามแนวคิดการบูรณาการเนื้อหาเกี่ยวกับภาษาและการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน สำหรับผู้เรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์ คือ 1. เพื่อพัฒนาหลักสูตรการเรียนรู้ภาษาอังกฤษตามแนวคิดการบูรณาการเนื้อหาเกี่ยวกับภาษาและการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานสำหรับผู้เรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และ 2. เพื่อประเมินคุณภาพของหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การพัฒนาหลักสูตรที่สอดคล้องกับปัญหาและสภาพจริงและระยะที่ 2 การประเมินคุณภาพของหลักสูตรโดยนำไปทดลองกับผู้เรียน ผลการวิจัย สรุปได้ดังนี้ 1. การพัฒนาหลักสูตรได้หลักสูตรและเอกสารประกอบหลักสูตรสำหรับรายวิชาเพิ่มเติมวิชาภาษาอังกฤษรอบรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศช่วงชั้นที่ 4 มีจุดมุ่งหมายของหลักสูตร คือ ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาภาษาอังกฤษความสามารถในการนำความรู้ และทักษะทางภาษาอังกฤษทั้ง 4 ทักษะไปใช้สื่อสารในสถานการณ์ชีวิตจริง ความใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงานเกิดทักษะกระบวนการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง มีหลักการ 4 ประการ คือ 1) ใช้ภาษาอังกฤษเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้เนื้อหา การคิดและวัฒนธรรมผ่านการฝึกฝนและลงมือปฏิบัติด้วยกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย 2) การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อได้รับโอกาสในการเชื่อมโยงภาษาทั้ง 4 ทักษะ และวัฒนธรรมไปใช้ในประสบการณ์จริงนำไปสู่ความเข้าใจด้านภาษาเรียนรู้การใช้ภาษาและใช้ภาษาเพื่อการเรียนรู้ ก่อให้เกิดการเรียนรู้ภาษาด้วยตนเอง 3) การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีระบบผ่านการเรียนรู้เนื้อหาและการใช้ภาษาตามธรรมชาตินำไปสู่การเรียนรู้ภาษาอย่างมีความหมาย 4) การเสริมต่อการเรียนรู้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ด้วยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่นด้วยการทำงานเป็นกลุ่ม 2. ผลการประเมินหลักสูตร พบว่า การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้เป็นการประเมินคุณภาพเอกสารหลักสูตร โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ผลการประเมินอยู่ในระดับดี การประเมินการนำหลักสูตรไปใช้ด้วยการประเมินการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนการเรียนรู้ภาษาอังกฤษหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการประเมินความก้าวหน้าการเรียนรู้ภาษาอังกฤษระหว่างการทดลองพบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความก้าวหน้าด้านความรู้ภาษาอังกฤษ

ในภาพรวมครั้งที่ 2 สูงกว่าครั้งที่ 1 ครั้งที่ 3 สูงกว่าครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 สูงกว่าครั้งที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 และการประเมินหลังการใช้หลักสูตรผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เรียนผู้สอน และผู้บริหารสถานศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรอยู่ในระดับดี(ภุชิตานุกรักษ์ เผือกพรหม, 2559)

นิษยาตา ภุชิตานุกรักษ์ (2560: 47-51) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้สังคมศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างทักษะการทำงานเป็นทีม พบว่า การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเป็นฐานตามขั้นตอนในการทำโครงงาน ซึ่งกำหนดไว้ 4 ขั้นตอน และดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นเลือกตามความสนใจ 2) ขั้นนำไปสู่การวางแผน 3) ขั้นมุ่งมั่นดำเนินการ และ 4) ขั้นเขียนรายงาน นำเสนอ และอภิปรายกระบวนการในการทำโครงงานการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้เลือกศึกษาแหล่งเรียนรู้ตามความสนใจ และความสามารถในการผลิตชิ้นงานได้อย่างสร้างสรรค์โดยการร่วมมือกันภายในทีมอาจส่งผลให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีม ผู้สอนควรเลือกหน่วยการเรียนรู้หรือเรื่องที่จะใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานในหน่วยการเรียนรู้หรือเรื่องในช่วงต้นภาคเรียน หรือหากหน่วยการเรียนรู้หรือเรื่องที่จะใช้จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานอยู่ท้ายภาคเรียนและไม่ได้เป็นเรื่องที่ต่อเนื่องกันก็อาจจะใช้วิธีสลับหน่วยการเรียนรู้เพราะการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานช่วงต้นเทอม อาจมีผลในการพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีมของผู้เรียนได้ดีกว่าช่วงปลายเทอม เนื่องจากผู้เรียนมีเวลาในการทำงานอย่างเต็มที่เพราะในช่วงปลายเทอมผู้เรียนต้องมีภาระงานรายวิชาอื่น ๆ ค่อนข้างมาก จึงทำให้ไม่มีเวลาในการทำงานร่วมกันเพื่อพัฒนาชิ้นงาน จึงส่งผลให้การพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีมของผู้เรียนเป็นไปได้น้อย บทบาทของผู้สอนในการเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนการรู้เป็นสิ่งสำคัญที่จะคอยช่วยกระตุ้น แก้ไข และส่งเสริมผู้เรียนให้แสดงศักยภาพในการทำงานได้อย่างเต็มที่ รวมถึงการที่ต้องอยู่เคียงข้างผู้เรียนตลอดทุกกระบวนการ ดังนั้น ผู้สอนจึงต้องให้คำแนะนำและประเมินผู้เรียนตลอดเวลาทุกขั้นตอน ทั้งนี้บทบาทของผู้สอนในการให้ความช่วยเหลือให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้จะมากหรือน้อยในแต่ละกลุ่มย่อมขึ้นอยู่กับความสามารถและความถนัดในการทำงานซึ่งผู้เรียนมีความแตกต่างกัน(นิษยาตา ภุชิตานุกรักษ์, 2560)

ประภัสสร วงษ์ดี (2561: 109-126) ได้ทำการวิจัยเรื่อง รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการทำวิจัยในชั้นเรียนของนักศึกษาผู้สอนสาขาช่างอุตสาหกรรม มีวัตถุประสงค์ คือ 1. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการทำวิจัยในชั้นเรียนของนักศึกษาผู้สอนสาขาช่างอุตสาหกรรม 2.

ศึกษาความสามารถในการทำวิจัยในชั้นเรียน 3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านวิจัยของ นักศึกษาผู้สอนสาขาช่างอุตสาหกรรมและ 4. ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้ฯ กลุ่ม ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาผู้สอนช่างสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมชั้นปีที่ 4 (หลักสูตร 5 ปี) ผลการวิจัย สรุปได้ดังนี้ รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานที่พัฒนาขึ้น ได้บูรณาการ จัดการเรียนรู้โดยให้แนวคิด และหลักการวิจัย ควบคู่กับการปฏิบัติกิจกรรมการวิจัยหลักการของ รูปแบบเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ความสามารถในการทำวิจัยด้วยการ ปฏิบัติการทำ โครงงานวิจัยจนครบกระบวนการทำวิจัย โดยผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกและเป็นพี่เลี้ยงให้คำ ชี้แนะ และอิงรูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนแบบเน้นการปฏิบัติ กิจกรรมการวิจัยตามเป้าหมายในแต่ละสัปดาห์และมีเฟสบู๊ตกลุ่ม เป็นสื่อกลางในการเสนอสื่อการเรียน รู้ สื่อประกอบการบรรยาย ตัวอย่างงานวิจัยกิจกรรมต่าง ๆ ที่ผู้เรียนดำเนินการในห้องเรียน สื่อกลางเพื่อเสนอข้อมูลกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละสัปดาห์และเป็นศูนย์กลางในการติดต่อสื่อสาร และขอคำปรึกษานอกเวลาเรียน พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในการทำวิจัยอยู่ในระดับดี มาก มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิจัยทางการศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยรวม อยู่ในระดับมาก (ประภัสสร วงษ์ดี, 2561)

รัฐพงษ์ โพธิ์รังสิยากร (2561: 77-84) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้สังคม ศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวสะเต็มศึกษา ในรายวิชา ประวัติศาสตร์สากล 2) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็น ฐานร่วมกับแนวสะเต็มศึกษาในรายวิชาประวัติศาสตร์สากล ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ โครงงานเป็นฐาน มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นให้ความรู้พื้นฐาน 2) ขั้นกระตุ้นความสนใจ 3) ขั้นจัดกลุ่มร่วมมือ 4) ขั้นแสวงหาความรู้ 5) ขั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้ และ 6) ขั้นนำเสนอผลงาน ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็ม ศึกษา ในรายวิชาประวัติศาสตร์สากลมีความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับสูง และมีผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 นอกจากนี้ ผู้สอนควรมีความเข้าใจในองค์ความรู้ ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ศิลปศาสตร์ คณิตศาสตร์ เพื่อนำเอาสาระสำคัญมาใช้ และ อธิบายเพิ่มเติมหรือให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนเกี่ยวกับกระบวนการสะเต็มเพื่อให้กิจกรรมประสบ ความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการประเมินตนเอง และ

สะท้อนความคิดจากการทำกิจกรรมร่วมกันเพิ่มขึ้นในทุกขั้นตอนของกระบวนการของโครงการเป็นฐาน(รัฐพงษ์ โพธิ์รังสียากร, 2561)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงการเป็นฐาน มี 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นให้ความรู้พื้นฐาน 2) ขั้นกระตุ้นความสนใจ เลือกตามความสนใจ 3) ขั้นการวางแผน 4) ขั้นดำเนินการและแสวงหาความรู้ 5) ขั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้ และ 6) ขั้นนำเสนอผลงาน ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานส่งผลให้ผู้เรียนมีทักษะการปฏิบัติงาน และทักษะการแก้ปัญหาสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบปกติ มีความสามารถทางด้านวิชาการสูงกว่าก่อนใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน และมีคะแนนความก้าวหน้าทางวิชาการสูงขึ้น ในส่วนของการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาในการจัดการเรียนการสอน คอยช่วยกระตุ้น แก้ไข และส่งเสริมผู้เรียนให้แสดงศักยภาพในการทำงานได้อย่างเต็มที่ รวมถึงการที่ต้องอยู่เคียงข้างผู้เรียนตลอดทุกกระบวนการ ผู้สอนจึงต้องให้คำแนะนำและประเมินผู้เรียนตลอดเวลาทุกขั้นตอน และผู้สอนควรมีความเข้าใจในองค์ความรู้เนื้อหาที่เกี่ยวข้องในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อนำเอาสาระสำคัญมาใช้และอธิบายเพิ่มเติมเพื่อให้กิจกรรมประสบความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการประเมินตนเอง และสะท้อนความคิดจากการทำกิจกรรมร่วมกันเพิ่มขึ้นในทุกขั้นตอนของกระบวนการของโครงการเป็นฐาน จากแนวคิด ทฤษฎี และรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน ผู้วิจัยได้แสดงตารางสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน ดังต่อไปนี้

ตาราง 2 การสังเคราะห์กระบวนการการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน

ชื่อวิธี/รูปแบบการจัดการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้
การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (PROJECT-BASED LEARNING) บุรุษย์ ศิริมหาสาร (2547: 98-103) ดุซงญอ โยเหลา และคณะ (2557, น. 20-23) หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานคณะกรรมการ การการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2559:5-12) อังคณา ตุงคะสมิต (2559: 38-40)	ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหา เป็นการเลือกกำหนดปัญหาที่จะศึกษา เริ่มจากความสนใจของผู้เรียน ผู้สอนพยายามให้ผู้เรียนได้เลือกศึกษาปัญหาที่เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้เรียน และมีแนวทางที่สามารถพิสูจน์ ทดสอบ หาคำตอบได้ ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันระดมความคิดและวางแผนร่วมกัน อภิปรายหาหรือข้อสรุป กำหนดวิธีการศึกษาที่หลากหลายเพื่อใช้เป็นแนวทาง

ชื่อวิธี/รูปแบบการจัดการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้
	<p>ปฏิบัติ</p> <p>ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ เป็นการดำเนินการปฏิบัติตามแผน หลังจากที่ผู้เรียนได้รับความเห็นชอบจากผู้สอนหรือที่ปรึกษาแล้ว ผู้สอนต้องให้การเสริมแรงและสนับสนุนให้ผู้เรียนเลือกวิธีการตามที่ต้องการ แต่ต้องอยู่บนพื้นฐานของการนำข้อมูลมาจัดหมวดหมู่ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ</p> <p>ขั้นที่ 4 ขั้นสรุปและนำเสนอผลงาน เป็นการให้ผู้เรียนสรุปข้อมูลจากการวิเคราะห์ และสังเคราะห์เป็นผลงาน นำเสนอข้อมูลและเผยแพร่ข้อมูล โดยผู้เรียนสามารถนำเสนอในส่วนที่เป็นกระบวนการ วิธีการ ขั้นตอนและผลลัพธ์หรือผลที่ได้จากการศึกษา ผู้สอนควรให้คำแนะนำกระตุ้นให้เกิดการซักถามภายในชั้นเรียน และควรมีการนำเสนอผลงานต่อสาธารณชน</p>

จากแนวคิด ทฤษฎี และรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับ การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ผู้วิจัยได้แสดงตารางการสังเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ดังต่อไปนี้

ตาราง 3 การสังเคราะห์การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง และการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้	การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง	การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน	สังเคราะห์เป็น
แนวคิด	<p>กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้กำหนดเส้นทางการเรียนรู้ แผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง และความถนัดของผู้เรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง วิเคราะห์ความต้องการในการเรียนรู้ คำนึงถึงความแตกต่างในการเรียนรู้ ความแตกต่างด้านความคิด และความสนใจของผู้เรียน กำหนดเป้าหมายในการเรียนอย่างเป็นระบบ มีการวางแผนในการเรียนรู้ เลือกวิธีการในการเรียนรู้ สามารถควบคุมตนเองได้ตลอดการเรียนรู้อย่างไรก็ได้ มีการวัดและประเมินด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องและมีความหลากหลาย ซึ่งผู้สอนมีหน้าที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้</p>	<p>เป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการเนื้อหาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนต้องลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองหรือกระบวนการกลุ่มอย่างเป็นระบบเป็นขั้นตอน โดยใช้ทักษะกระบวนการวิจัย ความรู้หลักการ แนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ หรือใช้ความรู้เชื่อมโยงข้ามศาสตร์ ด้วยวิธีการศึกษาอย่างเป็นระบบ ระเบียบแบบแผน ด้วยกระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทักษะทางภาษา พัฒนาทักษะทางเทคโนโลยีสารสนเทศที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 สามารถสร้างองค์ความรู้ และสรุปความรู้ด้วยตนเองได้ และสามารถเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริงได้</p>	<p>เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและเป็นผู้กำหนดเส้นทางการเรียนรู้ วางแผนการเรียนรู้ กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ เลือกวิธีการในการเรียนรู้ด้วยตนเอง กำหนดเป้าหมายในการเรียนอย่างเป็นระบบ และมีความหลากหลาย สามารถควบคุมตนเองได้ตลอดการเรียนรู้อย่างไรก็ได้ และมีการวัดและประเมินด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง มีผู้สอนเป็นผู้วิเคราะห์ความต้องการในการเรียนรู้ คำนึงถึงความแตกต่างในการเรียนรู้ ความแตกต่างด้านความคิด และความสนใจของผู้เรียน ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองหรือกระบวนการกลุ่มอย่างเป็นระบบเป็นขั้นตอน โดยใช้ทักษะกระบวนการวิจัย ความรู้หลักการ แนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ หรือใช้ความรู้เชื่อมโยงข้ามศาสตร์ ด้วยวิธีการศึกษาอย่างเป็นระบบ ระเบียบแบบแผน</p>

การจัดการเรียนรู้	การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง	การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน	สังเคราะห์เป็น
			<p>ด้วยกระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทักษะทางภาษา พัฒนาทักษะทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 สามารถสร้างองค์ความรู้ และสรุปความรู้ด้วยตนเองได้ และสามารถเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริงได้ซึ่งผู้สอนมีหน้าที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้</p>
<p>บทบาทผู้สอน</p>	<p>เป็นผู้อำนวยความสะดวก ชี้แนะให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน โดยเลือกใช้เทคนิควิธีการสอนที่มีความเหมาะสมต่อเนื้อหาความรู้ จัดเตรียมแหล่งวิทยาการต่าง ๆ ที่เหมาะสม ส่งเสริมให้ผู้เรียนพึ่งพาตนเองและมีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ การวางแผน และการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง</p>	<p>ผู้สอนอภิปรายปัญหาต่างๆ ร่วมกับผู้เรียน แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน ชี้แจงหรือทำความเข้าใจกับผู้เรียนถึงวัตถุประสงค์ในการทำโครงการ วิธีการและกระบวนการในการดำเนินการ ทำหน้าที่วัดและประเมินผลทั้งทางด้านผลผลิต และเนื้อหาความรู้ที่ได้เรียนรู้ กระบวนการ และทักษะต่างๆ ที่ได้พัฒนาและเจตคติที่เกิดขึ้น</p>	<p>ผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก ชี้แนะให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน อภิปรายปัญหาต่างๆ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับผู้เรียน ชี้แจงหรือทำความเข้าใจกับผู้เรียนถึงวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ วิธีการและกระบวนการในการดำเนินการ ทำหน้าที่วัดและประเมินผลทั้งทางด้านผลผลิต และเนื้อหาความรู้ที่ได้เรียนรู้ กระบวนการและทักษะต่างๆ ที่ได้พัฒนาและเจตคติที่เกิดขึ้น เลือกใช้เทคนิควิธีการสอนที่มีความเหมาะสมต่อเนื้อหาความรู้ จัดเตรียมแหล่งวิทยาการต่าง ๆ ที่เหมาะสม ส่งเสริมให้ผู้เรียนพึ่งพาตนเองและมีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้</p>

การจัดการเรียนรู้	การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง	การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน	สังเคราะห์เป็น
			การวางแผน และการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง
บทบาทผู้เรียน	<p>ต้องวินิจฉัยความต้องการในการเรียนของตนเอง จัดเนื้อหาวิชา กำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ในการเรียน วางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง แล้วดำเนินการเรียนตามแผนที่วางไว้อย่างเป็นระบบและเป็นลำดับขั้นตอน เลือกใช้วิธีการเรียนและแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ที่เหมาะสม ตลอดจนตรวจสอบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายของการเรียน และประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง</p>	<p>ผู้เรียนอภิปรายปัญหาต่างๆ ร่วมกับผู้สอน ร่วมกันศึกษาหาความรู้จากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย ร่วมกันวางแผนการจัดทำโครงการ เขียนโครงการ และนำเสนอต่อผู้สอน ดำเนินงานตามแผนงานที่ได้กำหนด ปรับปรุงผลงาน และเขียนรายงาน นำผลงานออกแสดงต่อสาธารณชน</p>	<p>ผู้เรียนต้องวินิจฉัยความต้องการในการเรียนของตนเอง จัดเนื้อหาวิชา กำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ในการเรียน วางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง แล้วดำเนินการเรียนตามแผนที่วางไว้อย่างเป็นระบบและเป็นลำดับขั้นตอน เลือกใช้วิธีการเรียนและแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ที่เหมาะสม ดำเนินงานตามแผนงานที่ได้กำหนด ปรับปรุงผลงานและสรุปผล ตลอดจนตรวจสอบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายของการเรียน และประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง และนำเสนอผลงาน</p>

จากแนวคิด ทฤษฎี และรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน แสดงแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ บทบาทของผู้สอน และบทบาทของผู้เรียน ได้ดังนี้

การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองและการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและเป็นผู้วินิจฉัยความต้องการในการเรียนของตนเอง กำหนดเส้นทางการเรียนรู้ วางแผนการเรียนรู้ กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ เลือกวิธีการในการเรียนรู้ด้วยตนเอง กำหนดเป้าหมายในการเรียนอย่างเป็นระบบและมีความหลากหลาย สามารถควบคุมตนเองได้ตลอดการเรียนรู้ แสวงหาแหล่งการเรียนรู้ได้ ปรับปรุงผลงานและสรุปผล และมีการวัดและประเมินด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนตรวจสอบความสำเร็จตาม จุดมุ่งหมายของการเรียน และประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง และนำเสนอผลงาน ผู้เรียนลงมือ ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองหรือกระบวนการกลุ่มอย่างเป็นระบบเป็นขั้นตอน โดยใช้ทักษะ กระบวนการวิจัย ความรู้ หลักการ แนวคิด ทฤษฎี ต่าง ๆ หรือใช้ความรู้เชื่อมโยงข้ามศาสตร์ ด้วย วิธีการศึกษาอย่างเป็นระบบ ระเบียบแบบแผน ด้วยกระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหา ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทักษะทางภาษา พัฒนาทักษะทางเทคโนโลยี สารสนเทศ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 สามารถสร้างองค์ความรู้ และสรุปความรู้ด้วยตนเองได้ และสามารถเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริงได้ ส่วนผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก ชี้แนะให้คำปรึกษาแก่ ผู้เรียน อภิปรายปัญหาต่าง ๆ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับผู้เรียน วิเคราะห์ความต้องการในการเรียนรู้ ของผู้เรียน ชี้แจงหรือทำความเข้าใจกับผู้เรียนถึงวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ วิธีการและ กระบวนการในการดำเนินการ ทำหน้าที่วัดและประเมินผลทั้งทางด้านผลผลิต และเนื้อหาความรู้ที่ ได้เรียนรู้ กระบวนการและทักษะต่าง ๆ ที่ได้พัฒนาและเจตคติที่เกิดขึ้น เลือกใช้เทคนิควิธีการสอน ที่มีความเหมาะสมต่อเนื้อหาความรู้ โดยคำนึงถึงความแตกต่างในการเรียนรู้ ความแตกต่างด้าน ความคิด และความสนใจของผู้เรียน และจัดเตรียมแหล่งวิทยาการต่าง ๆ ที่เหมาะสม ส่งเสริมให้ ผู้เรียนพึ่งพาตนเองและมีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ การวางแผน และการประเมินผลการเรียนรู้ ด้วยตนเอง

3. แนวทางการคิดและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์

3.1 ความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า เป็นการใช้ ความรู้ ทักษะ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในตัวบุคคล ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา ทางคณิตศาสตร์ โดยอาศัยเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ในการทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ รอบตัว

ค้นหาคำตอบของปัญหา สร้างข้อสรุป หรือสนับสนุนข้อสรุปเกี่ยวกับแนวคิด และความสัมพันธ์ของแนวคิด ซึ่งเครื่องมือประกอบไปด้วย การแก้ปัญหา การนำเสนอตัวแทนความคิดและการให้เหตุผล

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง วิธีการคิด การทำความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหา โดยใช้ความรู้ ทักษะ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาดำเนินการในการปัญหาเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหา และสามารถถ่ายทอดความรู้คิดของตนให้คนอื่นเข้าใจได้

(Greenwood, 1993; Henderson, 2002; Mason et al., 2010; O'Daffer & Thornquist, 1993; รุ่งทิวา นานำรุง, 2550; สุทินันท์ บุญพัฒนาภรณ์, 2559)

3.2 ความสำคัญของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

Stacey (2007: อ้างถึงใน แพร่ไหม สามารถ, 2555, น. 19) ได้กล่าวว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีความสำคัญ 3 ทาง ได้แก่ 1. เป็นเป้าหมายที่สำคัญของทางการศึกษา 2. เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อวิธีการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และ 3. เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ Jackson et al. (1994:1) ยังได้กล่าวว่า มนุษย์ได้ใช้แนวคิดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันอยู่ตลอดเวลา หากสนใจศึกษาปัญหานั้น มีความสนุกกับปัญหา มีความกระตือรือร้น และพยายามที่จะศึกษารูปแบบโดยใช้เหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์ จึงกล่าวได้ว่า คน ๆ นั้น ใช้หลักการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Stacey, 2007)

จากความสำคัญของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ข้างต้นสรุปได้ว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์มีความสำคัญ คือ เป็นแนวคิดที่มนุษย์ใช้อยู่ในชีวิตประจำวัน เป็นเป้าหมายที่สำคัญของการศึกษา มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ และมีสำคัญต่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์

3.3 องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

นักวิชาการหลายท่าน ได้กำหนดองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ประกอบด้วย

1. การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ คือ การสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา ทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์ วางแผนแก้ปัญหา ซึ่งปัญหาเหล่านั้นมาจากมูลเหตุทางคณิตศาสตร์ และบริบทอื่น ๆ สามารถประยุกต์และดัดแปลงการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย การแก้ปัญหาต้องเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง

2. การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ คือ การยอมรับว่าการให้เหตุผลและการพิสูจน์ เป็นพื้นฐานและเป็นมุมมองทางคณิตศาสตร์ สร้างและสามารถตรวจสอบข้อคาดการณ์ได้โดยมี ข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รองรับ สามารถพัฒนาและประเมินค่าการให้เหตุผลและการพิสูจน์ทาง คณิตศาสตร์ได้ ตลอดจนสามารถใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ได้

3. การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ คือ การสื่อสารสิ่งที่ได้จากการสร้างและ รวบรวมแนวคิดทางคณิตศาสตร์ สามารถถ่ายทอดแนวคิดไปสู่บุคคลรอบข้างได้ วิเคราะห์และ ประเมินค่าแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับสิ่งอื่น ๆ ได้ ตลอดจนสามารถใช้รูปภาพและสัญลักษณ์ ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมาย สรุปผล และนำเสนอได้อย่างถูกต้องชัดเจน

4. การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ คือ การใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็น เครื่องมือในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รู้จักการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดคณิตศาสตร์ด้วยกัน พิจารณา และทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของแนวคิดคณิตศาสตร์ที่ก่อให้เกิดความสมบูรณ์ของเรื่องราวที่ สอดคล้องกัน และรู้จักประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์กับเนื้อหาต่าง ๆ หรือศาสตร์อื่น ๆ ที่นอกเหนือจาก คณิตศาสตร์ และนำไปใช้ในชีวิตรจริงได้ (Henderson, 2002; NCTM, 2000; ปัทมา อนันต์, 2561; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551; สุทินันท์ บุญพัฒนาภรณ์, 2559)

5. การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ คือ การสร้าง การขยายแนวคิด ที่มีอยู่เดิม หรือสร้างแนวคิดใหม่เพื่อปรับปรุง พัฒนาองค์ความรู้ และการนำเสนอตัวแทนความคิด ที่สร้างขึ้น กำหนดการนำเสนอตัวแทนความคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ และใช้รูปแบบ การเสนอตัวแทนความคิดที่อธิบายศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ (NCTM, 2000; สุทินันท์ บุญพัฒนา ภรณ์, 2559)

6. ด้านความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถของผู้เรียนในการ ระบุ เนื้อหา นำเสนอข้อเท็จจริง ทฤษฎี กฎ โครงสร้าง และวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ นำมาใช้ในการดำเนินการ (ปัทมา อนันต์, 2561; สุทินันท์ บุญพัฒนาภรณ์, 2559)

7. อัจฉริยภาพทางคณิตศาสตร์ เป็นลักษณะนิสัยที่มาจากความเชื่อและเป็น ความรู้สึของผู้เรียนต่อวิชาคณิตศาสตร์ ส่งผลถึงวิธีการเข้าถึงปัญหา และการตอบสนองต่อวิชา คณิตศาสตร์ในลักษณะความมุ่งมั่น ความยืดหยุ่น และเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ (สุทินันท์ บุญ พัฒนาภรณ์, 2559)

จากองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การคิดเชิง คณิตศาสตร์ต้องประกอบด้วยสิ่งที่สำคัญ ดังนี้

1. การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ คือ การสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2. การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ คือ การยอมรับการให้เหตุผลและการพิสูจน์สามารถตรวจสอบข้อคาดการณ์ทางคณิตศาสตร์ได้

3. การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ คือ การสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์ออกมาสู่บุคคลรอบข้าง โดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

4. การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ คือ รู้จักการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดคณิตศาสตร์และประยุกต์ใช้กับนอกเหนือคณิตศาสตร์

5. การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ คือ การสร้างและนำเสนอตัวแทนความคิด

6. ลักษณะนิสัยทางคณิตศาสตร์ คือ ความเชื่อ ความรู้สึกที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจะวัดองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็น 3 กลุ่มประกอบด้วย

1. ความรู้ทางคณิตศาสตร์ คือ ด้านความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
2. ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์
3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทางคณิตศาสตร์ คือ อัจฉริยภาพทางคณิตศาสตร์

3.4 กระบวนการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์

พัฒนาการทางด้านสติปัญญาและการคิดของมนุษย์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระยะดังนี้

1. ระยะที่มีประสบการณ์ตรงและสัมผัสได้ (Enactive Stage) คือ ระยะที่เด็กจะแสดงออกทางความคิดและถ่ายทอดประสบการณ์ด้วยการกระทำ ซึ่งเป็นการสัมผัสกับสิ่งที่เป็นรูปธรรม

2. ระยะของการใช้ภาพเป็นสื่อในการมองเห็น (Iconic Stage) คือ ระยะที่พัฒนาการทางความคิดขึ้นอยู่กับการมองเห็นการนี้ภาพในใจและการใช้ประสาทสัมผัสเด็กจะ

ถ่ายทอดประสบการณ์ต่าง ๆ ออกมาโดยการมีภาพแทนในใจและยิ่งโตขึ้นก็จะสร้างภาพในใจได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และ

3. ระยะของการสร้างความสัมพันธ์และใช้สัญลักษณ์ (Symbolic Stage) คือระยะนี้เด็กสามารถเขียนสัญลักษณ์แทนสิ่งที่เห็นหรือสิ่งที่สัมผัสได้ เป็นการถ่ายทอดประสบการณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ โดยใช้สัญลักษณ์หรือภาษา ระยะนี้เป็นระยะที่สูงสุดของพัฒนาการทางความรู้และความเข้าใจ เด็กจะสามารถคิดหาเหตุผลและความเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมตลอดจนสามารถแก้ปัญหาได้ (Bruner, 1966)

ซึ่งรูปแบบในการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สามารถแบ่ง ออกได้เป็น 4 ระยะ คือ

1. ขั้นสร้างแรงจูงใจ โดยใช้ปัญหามาที่ครูหรือผู้เรียนเสนอ ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความน่าสนใจ และมีหลากหลายเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เป็นปัญหาที่ไม่คุ้นเคย และเป็นปัญหาปลายเปิด เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยให้ผู้เรียนได้หาข้อมูลเพื่อตอบคำถามต่าง ๆ (Mason et al., 2010; สุธินันท์ บุญพัฒนาภรณ์, 2559)

2. ขั้นล้างความคิดและสนับสนุนความคิด มีครูเป็นผู้ชี้แนะและอำนวยความสะดวก โดยให้ผู้เรียนอธิบายและวิเคราะห์วิธีการด้วยตัวเอง ครูใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความคิดด้วยการพูดอธิบาย รวมทั้งใช้คำอธิบายของผู้เรียนเป็นการกำหนดบทเรียน ในขั้นนี้จึงเน้นนำหลาย ๆ คำตอบของผู้เรียนมาเป็นปัญหาส่งเสริมและสนับสนุนความคิดของผู้เรียน ซึ่งความคิดนี้ได้มาจากผู้เรียนที่ออกมาเรียงงานและออกมาแสดงความคิดเห็นหน้าชั้นเรียน หรือเป็นผู้เรียนที่ไม่ได้ออกมาเรียงงานและแสดงความคิดเห็น (Fraivillig, 2001; สุธินันท์ บุญพัฒนาภรณ์, 2559)

3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา เป็นระยะที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างความเข้าใจ การคิดหาเหตุผล การตัดสินใจความถูกต้อง และการสร้างความน่าเชื่อถือ ผู้เรียนร่วมกันวางแผนแก้ปัญหา โดยผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหา และนำความรู้ทางคณิตศาสตร์และการให้เหตุผลมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยผู้เรียนแต่ละคนลงมือแก้ปัญหาตามแผนที่ได้วางไว้ หรือเลือกแผนหลังจากที่เพื่อนกลุ่มอื่นได้นำเสนอ แต่ละกลุ่มให้ตัวแทนได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับแผนที่ได้วางไว้ เพื่อให้ผู้เรียนกลุ่มอื่น ๆ ได้รับทราบถึงแนวคิดที่แตกต่างจากกลุ่มตนเอง (Mason et al., 2010; สุธินันท์ บุญพัฒนาภรณ์, 2559)

4. ขั้นขยายความคิด เป็นระยะติดตามตรวจสอบการแก้ปัญหา สะท้อน ขยายความรู้ และประสบการณ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา และขยายปัญหาเดิมหรือเปลี่ยนปัญหาใหม่ นำการคิดเชิงคณิตศาสตร์ไปใช้ในการตั้งปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นปัญหาปลายเปิดและมีความ

เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง พร้อมขยายความคิดของผู้เรียนด้วยการกระตุ้นให้สะท้อนความคิดเชิง
 คณิตศาสตร์ (Fraivillig, 2001; Mason et al., 2010; สุธินันท์ บุญพัฒนาภรณ์, 2559)

จากแนวทางการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า แนวทางการ
 พัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ คือ พัฒนาการให้มีความสอดคล้องกับพัฒนาการทางด้าน
 สติปัญญาของผู้เรียน ในระยะที่เป็นเด็กแสดงความคิดผ่านประสบการณ์เป็นการสัมผัสกับสิ่งที่
 เป็นรูปธรรม ระยะที่ใช้ภาพเป็นสื่อในการมองเห็นซึ่งเด็กจะถ่ายทอดประสบการณ์ออกมา โดยมี
 ภาพแทนในใจ เมื่อโตขึ้นภาพนั้นจะชัดเจนยิ่งขึ้น ระยะที่สร้างความสัมพันธ์และใช้สัญลักษณ์เด็ก
 จะถ่ายทอดประสบการณ์ออกมาโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์และเด็กสามารถหาเหตุผล เข้าใจ
 นามธรรมและสามารถแก้ปัญหาได้ จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาการคิดเชิง
 คณิตศาสตร์ มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่การคิด เป็นขั้นตอนแรกในการหาข้อมูลเพื่อใช้ในการ
 ตอบคำถามต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นล้วงความคิด เป็นขั้นตอนที่ดึงคำตอบที่หลากหลายออกมาจาก
 ผู้เรียน

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นสนับสนุนความคิด เป็นขั้นตอนที่ส่งเสริมและสนับสนุนความคิด
 ของผู้เรียน

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นสรุปและทบทวนความคิด เป็นขั้นตอนที่ประเมินผลความเป็นไป
 ได้ของคำตอบ ความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นขยายความคิด เป็นขั้นตอนที่ขยายความคิดของผู้เรียนด้วยการ
 กระตุ้นให้สะท้อนความคิดเชิงคณิตศาสตร์

3.5 วิธีการวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

การวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ คือ ทักษะ
 การแก้ปัญหา ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และทักษะการนำเสนอตัวแทนความคิดของ
 กระบวนการแก้ปัญหา ตรวจสอบความเข้าใจในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน เพื่อให้ได้ข้อมูล
 นำมาวิเคราะห์ (Cai, 2003; แพร่ไหม สามารถ, 2555; รุ่งทิภา นานำรุ่ง, 2550)

นอกจากนี้สุธินันท์ บุญพัฒนาภรณ์ (2559: 42) ได้กล่าวถึงเครื่องมือในการวัดและ
 ประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ความรู้ทางคณิตศาสตร์วัดและประเมินผลจาก
 แบบทดสอบอัตนัย การดำเนินการทางการคิดวัดและประเมินผลจากแบบทดสอบอัตนัย และ
 อัจฉริยภาพทางคณิตศาสตร์วัดและประเมินผลจากการเขียนความเรียง การสัมภาษณ์ และการ

ทำแบบวัดอัจฉมาตรทางคณิตศาสตร์ จากวิธีการวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า วิธีการศึกษาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ คือ การใช้เครื่องมือมาวัดและประเมินผลกลยุทธ์ทางคณิตศาสตร์ในการทำความเข้าใจและตรวจสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน (สุทินันท์ บุญพัฒนาภรณ์, 2559)

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์

Wood, Williams, & McNeal (2006: 222-255) ศึกษาเกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของเด็กที่มีวัฒนธรรมในชั้นเรียนที่แตกต่างกัน โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน (วัฒนธรรมในชั้นเรียน) และการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของเด็ก โดยทำการศึกษาใน 5 ห้องเรียน (ห้องเรียนที่มีการปฏิรูป 4 ห้องเรียน และห้องเรียนปกติ 1 ห้องเรียน) กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กที่มีอายุระหว่าง 7 – 8 ปี ในส่วนแรกของการศึกษาวิจัยเป็นการวิเคราะห์ถึงธรรมชาติของการมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน ผลที่ได้แสดงถึงวัฒนธรรมในชั้นเรียน 4 รูปแบบ ได้แก่ วัฒนธรรมของการใช้หนังสือเรียน วัฒนธรรมของการแก้ปัญหา ยุทธวิธีในการรายงานและการใช้คำถาม/การให้เหตุผล ในการศึกษาเป็นการเก็บข้อมูลจากการวิเคราะห์การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของเด็กที่ได้จากการแสดงความรู้สึกหรือความคิดออกมาเป็นคำพูดจากการอภิปรายในชั้นเรียน จากนั้นจึงเป็นการวิเคราะห์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนและการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงออกมาเป็นคำพูด ผลจากการศึกษาพบว่า การเพิ่มความซับซ้อนในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่แสดงออกมาเป็นคำพูดนั้นมีความสัมพันธ์อย่างมากกับรูปแบบการมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน (Woods, Williams, & McNeal, 2006)

Amaral, Samantha Shyka. (2010: 66-70) ได้ทำการศึกษาวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยทำการศึกษาประสิทธิผลของวารสารคณิตศาสตร์และการเขียนเพื่อการเรียนรู้ (writing-to-learn) ในการพัฒนาการสื่อสารและความเข้าใจคณิตศาสตร์ของผู้เรียนเกรด 1 การเก็บรวบรวมข้อมูลเก็บจากแบบทดสอบก่อนและหลังการทดลอง สืบเนื่องจากการเขียนของผู้เรียน และการจัดบันทึกของผู้สอนผู้วิจัย ข้อมูลทั้ง 4 รูปแบบที่เก็บมาจะถูกนำมาคัดเลือก วิเคราะห์ และอภิปราย ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการใช้วารสารคณิตศาสตร์ของผู้เรียนสามารถส่งเสริมการเรียนรู้และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้ และเป็นวิธีการที่ผู้สอนจะใช้ในการเรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน รวมทั้งเป็นเครื่องมือกระตุ้นการเขียน/การวาดภาพ การสนทนาระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน เพื่อนำไปสู่วิธีการสอนอื่นต่อไป (Amaral, 2010)

Kostos & Shin (2010: 223-231) ศึกษาเกี่ยวกับการใช้การเขียนบันทึกทางคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้การเขียนบันทึกทางคณิตศาสตร์ต่อการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสาน (mixed methodology) เป็นการวิจัยแบบ action research โดยผู้สอนมีส่วนร่วมในฐานะนักวิจัย ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การใช้การเขียนบันทึกทางคณิตศาสตร์มีอิทธิพลทางบวกต่อการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารและการใช้คำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน นอกจากนี้การเขียนบันทึกทางคณิตศาสตร์ยังทำหน้าที่เป็นเครื่องมือในการสื่อสารระหว่างผู้เรียนและผู้สอนและเป็นเครื่องมือในการประเมินผลสำหรับผู้สอนด้วย โดยปัญหาที่พบในงานวิจัยคือ ปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการเขียนและเวลาที่จำกัดของผู้เรียน (Kostos & Shin, 2010)

Paterson & Sneddon (2011: 879-889) ศึกษาการสนทนา เกี่ยวกับการเปลี่ยนหลักสูตรการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการเรียนแบบทีม (TBL) ในหลักสูตรคณิตศาสตร์ไม่ต่อเนื่อง วัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อศึกษาการเรียนรู้จากการสนทนาระหว่างนัก คณิตศาสตร์และนักการศึกษาคณิตศาสตร์ที่ร่วมกันทำงานเพื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบการเรียนรู้ใน หลักสูตรคณิตศาสตร์ไม่ต่อเนื่อง จากการบรรยายแบบดั้งเดิมเป็นการเรียนแบบทีม (TBL) วิธีการที่ใช้ในการศึกษาเป็นการสนทนาหมู่ ผลจากการศึกษานี้ทำให้นักคณิตศาสตร์สร้างทีมที่มุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนที่ไม่ใช้การสอนแบบบรรยายในการสอนการคิดเชิงคณิตศาสตร์มากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการสนทนาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความคิดของนักคณิตศาสตร์เกี่ยวกับ การฝึกฝน การส่งเสริมให้ผู้เรียนคิด และทำตัวเหมือนนักคณิตศาสตร์

Yoon, Thomas, & Dreyfus (2011: 891-901) ศึกษาเกี่ยวกับการแสดงออกและความเข้าใจในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ขั้นสูง วิธีการที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นการศึกษารายกรณี (case study) วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อศึกษาการแสดงออกถึงความเข้าใจในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ขั้นสูง โดยผู้วิจัยพบว่า การแสดงออกต่าง ๆ ไม่ได้เป็นเพียงแค่การสื่อสารทางความคิดแต่ยังเป็นไปเพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นด้วยโดยคุณลักษณะเด่นที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยแสดงออก เช่น การแสดงออกในการทำกิจกรรมเรื่องแคลคูลัส หรือหนึ่งในผู้เข้าร่วมการวิจัยใช้การแสดงออกในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชัน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การแสดงออกช่วยสร้างความเสมือนจริงทางคณิตศาสตร์ซึ่งจะนำไปสู่กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาใหม่ ๆ แต่จะเป็นการแสดงออกอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ในการสนับสนุนให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่ในคณิตศาสตร์ระดับสูงด้วย

Hartman (2012: 42-52) ศึกษาเกี่ยวกับการช่วยให้ผู้สอนเข้าใจการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของเด็กวัยเตาะแตะปฐมวัย เพื่อศึกษาผลของการใช้วิดีโอ 2 แบบ คือ แบบที่มีการชี้แนะแนวทางและแบบไม่มีการชี้แนะแนวทางแก่นักศึกษาครูในการทำความเข้าใจการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย วิธีการที่ใช้ในการศึกษาเป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าประสบการณ์จากการดูวิดีโอทั้งแบบมีการชี้แนะแนวทางและแบบไม่มีการชี้แนะแนวทางของนักศึกษาผู้สอนในการทำความเข้าใจการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยสามารถเปลี่ยนแปลงวิธีการที่ผู้สอนใช้ในการตีความการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของเด็กได้ ผลการศึกษาจึงแสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่จะใช้ วิดีโอในการพัฒนาความสามารถของผู้สอนในการตีความการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของเด็ก แต่ไม่สามารถเพิ่มความสามารถในการประยุกต์ใช้การตีความในการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เหมาะสมได้

Hunting, Mousley, & Perry (2012: 39-57) ศึกษาเกี่ยวกับมุมมองของผู้ที่ปฏิบัติงานในโรงเรียนอนุบาลในเขตชนบทเกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของเด็กโดยเป็นโครงการที่ศึกษาเกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของเด็กก่อนวัยเรียน(อนุบาล) ในเขตชนบทของประเทศออสเตรเลียโดยศึกษาใน 3 รัฐ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามุมมองของผู้ปฏิบัติงานโรงเรียนอนุบาลเกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของเด็กและการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์โดยวิธีการที่ใช้ในการศึกษาเป็นการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ซึ่งดำเนินการสัมภาษณ์ผู้ที่ปฏิบัติงานในโรงเรียนอนุบาลในเขตชนบท จำนวน 64 คน คำถามที่ใช้มุ่งเน้นไปที่ 5 ประเด็นหลัก โดยเป็นคำถามแบบปลายเปิดที่เกี่ยวข้องกับประเด็นต่อไปนี้ 1) การเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของเด็ก 2) การสนับสนุนการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ 3) เทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์ 4) ทักษะคิดและความรู้สึก 5) การประเมินผลและการรับรู้ข้อมูลซึ่งจากการสัมภาษณ์จะนำข้อมูลที่ได้ไปร่วมกันพิจารณาเกี่ยวกับประเด็นที่ความสำคัญและร่างข้อเสนอแนะที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา นักศึกษาครู รวมทั้งการพัฒนาทรัพยากรและการวิจัยต่อไป

Klados et al. (2012: 666-670) ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ทฤษฎีกราฟ ในการศึกษาการทำงานของสมองของเพศที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อกังขาของนักวิทยาศาสตร์จากหลากหลายสาขาว่าเพศที่แตกต่างกันจะมีการคิดเชิงคณิตศาสตร์แตกต่างกันหรือไม่ นอกจากนี้ยังรวมไปถึงพ่อแม่และผู้สอนที่กล่าวว่า ดูเหมือนว่าเพศชายจะประสบความสำเร็จเกี่ยวกับการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมากกว่าเพศหญิง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแตกต่างดังกล่าว วิธีการที่ใช้ในการศึกษาเป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งเก็บข้อมูลจากผู้ชายและผู้หญิงอย่างละ 11 คน ในระหว่างการทำงานทาง

คณิตศาสตร์ที่มีความยาก โดยผลการวิจัยพบว่าผู้หญิงจะใช้สองทั้งสองซีกเพื่อแก้ปัญหาทางทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน ในขณะที่ผู้ชายส่วนใหญ่ใช้เพียงสมองซีกซ้ายซึ่งสามารถเชื่อถือได้ในการคิดเชิงคณิตศาสตร์

Sleep & Boerst (2012: 1038-1048) ศึกษาเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมของผู้สอนใหม่ในการตั้งเอาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนออกมาและการตีความการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางในการมอบหมายงานเพื่อช่วยให้ผู้สอนใหม่สามารถเรียนรู้การทำงานด้านการสอน โดยเริ่มจากการศึกษาการประเมินผลย่อยของผู้เข้าร่วมวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการตั้งเอาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนออกมาและการตีความการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยศึกษาในบริบทของวิธีการมอบหมายงานให้กับผู้เรียนในระดับประถมศึกษาและแนวทางในการให้ความช่วยเหลือในการปฏิบัติงาน วิธีการที่ใช้ในการศึกษาเป็นการวิจัยเชิงทดลอง ผลการศึกษพบว่า การให้ความช่วยเหลือที่แตกต่างกันจะทำให้การปฏิบัติงานมีความแตกต่างกัน และจากผลการวิจัยแนะนำให้มีการพัฒนากลยุทธ์ของการให้ความช่วยเหลือ ซึ่งผลจากการศึกษานำไปสู่แนวคิดในการออกแบบการให้ความช่วยเหลือในการเรียนรู้ของผู้สอน โดยเน้นการเพิ่มโอกาสในการเรียนรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติให้มากขึ้น

Brendefur, Thiede, Strother, Bunning, & Peck (2013: 62-75) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้วยการเปลี่ยนแปลงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของผู้สอนและการจัดเรียงการสอนคณิตศาสตร์วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อพัฒนาโปรแกรมในการเพิ่มความรู้ทางคณิตศาสตร์ของผู้สอนเรื่อง 1) จำนวนและการดำเนินการ 2) การวัด และรูปเรขาคณิต และ 3) ความน่าจะเป็นและสถิติและเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ทางคณิตศาสตร์ของผู้สอนและการจัดเรียงการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การวิจัยเชิงปริมาณสถิติที่ใช้ คือ t-test และ Pearson correlation ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมในการเพิ่มความรู้ทางคณิตศาสตร์ของผู้สอนที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มความรู้ทางคณิตศาสตร์ของผู้สอนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 และความรู้ทางคณิตศาสตร์ของผู้สอนมีความสัมพันธ์กับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยผู้สอนที่มีความรู้ทางคณิตศาสตร์มากขึ้นจะมีประสิทธิภาพในการสอนมากขึ้น

Chapman (2013: 98-104) ศึกษาเกี่ยวกับแนวทางในการพัฒนาความเป็นผู้สอนมืออาชีพด้วยตนเองเพื่อพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อศึกษาลักษณะเฉพาะของแนวทางในการพัฒนาความเป็นผู้สอนมืออาชีพด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน (โดยศึกษาในประเด็นที่เกิดจากการเรียนรู้ของผู้สอนธรรมชาติของ

คำถามที่ผู้สอนสร้างขึ้นจากฐานความรู้ และผลที่เกิดขึ้นจากการสอนของผู้สอน) วิธีการที่ใช้ในการศึกษา คือ การบันทึกจากการอภิปราย และการสัมภาษณ์เป็นรายบุคคลและแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาความเป็นผู้สอนมืออาชีพด้วยตนเองเป็นวิธีการที่ประสบความสำเร็จในการช่วยให้ผู้สอนเปลี่ยนวิธีการสอนให้เป็นที่น่าพอใจมากขึ้นคือสามารถพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้โดยการศึกษาวิจัยนี้ไม่ได้มุ่งที่จะศึกษาถึงวิธีการที่หลากหลายในการพัฒนาของผู้สอนแต่ละคน แต่มุ่งที่จะศึกษาลักษณะที่ใกล้เคียงกันจากประสบการณ์ของผู้สอน ในการพัฒนาความเป็นมืออาชีพความรู้ที่ถูกร่างขึ้นและผลที่เกิดขึ้นจากการสอน

Kosko (2014: 214-223) ศึกษาเกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่เกิดขึ้นจากการได้ฟังการพูดคุยเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของเพื่อน ผู้วิจัยพบว่า การฟังทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อมุมมองของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการฟังทางคณิตศาสตร์ยังมีน้อย นอกจากนี้โดยส่วนใหญ่ยังเป็นการศึกษาการฟังทางคณิตศาสตร์ในเชิงสำรวจ ซึ่งยังขาดการศึกษาวิจัยที่ศึกษาจากมุมมองของผู้เรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงดำเนินการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่เกิดขึ้นจากการได้ฟังการพูดคุยเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของเพื่อน โดยใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคณิตศาสตร์หลังจากที่ได้ฟังการสนทนาของเพื่อน วิธีการที่ใช้ในการศึกษาเป็นการวิจัยเชิงทดลอง ผลการศึกษาพบว่า การฟังที่หลากหลายจะช่วยเพิ่มปฏิริยาตอบสนองจากที่ไม่มีปฏิริยาตอบสนองใดจากการฟังให้เพิ่มขึ้นเป็นเกิดรูปแบบของความกระตือรือร้นได้จากการสังเกตยังพบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างวิธีการฟังและรูปแบบการรับรู้จากการมีส่วนร่วมในการอภิปรายทางคณิตศาสตร์ แต่การฟังจะไม่มีความสัมพันธ์กับความถี่ของการมีส่วนร่วมในการอภิปราย

รุ่งทิภา นาม่ารุ่ง (2550: 171-176) ได้ศึกษาวิถีธรรมชาติแห่งการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่องการคูณและการหารของเด็กที่มีอายุตั้งแต่ 7-10 ปี พบว่า เมื่อเสนอโจทย์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยสามารถแสดงการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามธรรมชาติได้อย่างหลากหลาย โดยนิยมใช้การนับดำเนินการแก้ปัญหามากที่สุด รองลงมา คือ การบวก การลบ และการใช้ตัวแบบ ในการให้เหตุผลของเด็ก เด็กมองเห็นโครงสร้างที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่ผ่านมา สามารถระลึกได้ทันทีว่าปัญหานั้นคล้ายกับปัญหาเดิม สามารถใช้การประมาณหรือการลองผิดลองถูกเพื่อหาคำตอบ บอกได้ว่าคำตอบที่ได้มาของตนเองสมเหตุสมผลหรือไม่ หรือเมื่อเผชิญสถานการณ์ปัญหาสามารถคาดเดาได้ว่าคำตอบควรประมาณเท่าใด โดยอาศัยคำตอบของโจทย์ปัญหาก่อนหน้านี้ ในการนำเสนอตัวแทนความคิด พบว่าเด็กที่เป็นผู้ให้ข้อมูลหลักนำเสนอตัวแทนความคิดอย่างหลากหลายทั้งใน

รูปคำพูด ผ่านสถานการณ์ที่สัมผัสได้โดยอาจใช้ตัวแบบ ผ่านสถานการณ์ที่ใช้ภาพเป็นสื่อ หรือสถานการณ์ที่ใช้สัญลักษณ์ โดยการนำเสนอตัวแทนความคิดนี้จะขึ้นอยู่กับวุฒิภาวะ หรือความสามารถทางภาษาของเด็กเป็นสำคัญ เด็กที่มีวุฒิภาวะสูง มีความเข้าใจภาษาที่ดีสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดโดยใช้สัญลักษณ์ได้ ส่วนเด็กที่มีวุฒิภาวะต่ำ ขาดความเข้าใจทางภาษา จะไม่สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดโดยใช้สัญลักษณ์ได้ เด็กมีลักษณะเฉพาะการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นของตนเองใช้การหยั่งรู้ด้วยตนเอง สามารถแสดงการคิดโดยธรรมชาติของตนเองได้ทั้งที่เป็นเรื่องที่ไม่คุ้นเคยและยังไม่ได้เรียนมา การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของเด็กมีทั้งในระดับที่ต่ำจนถึงระดับที่สูง ในการดำเนินการแก้ปัญหาของเด็กมีทั้งการใช้ตัวแบบในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นระยะที่ใช้ประสบการณ์ตรงและสัมผัสได้ ใช้การนับในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นระยะของการใช้ภาพเป็นส่วนประกอบการนับ และใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นระยะของการสร้างสัญลักษณ์ พิจารณาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ 3 ด้าน คือ การแก้ปัญหา(การเข้าใจปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ การสร้างกรณีทั่วไป การสร้างข้อความคาดการณ์ การควบคุมการรู้คิด) การให้เหตุผล (การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ การอุปนัย การนิรนัย) และการนำเสนอตัวแทนความคิด (ผ่านสถานการณ์ที่สัมผัสได้ของจริง/เคลื่อนย้ายได้ ผ่านสถานการณ์ที่ใช้ภาพเป็นสื่อ ผ่านสถานการณ์ที่ใช้สัญลักษณ์)(รุ่งทิวา นานำรุง, 2550)

สุจินันท์ บุญพัฒนาภรณ์ (2559: 145-151) ได้ศึกษาการพัฒนาหลักสูตรเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาหลักสูตรเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และศึกษาประสิทธิผลของหลักสูตร วิธีการพัฒนาหลักสูตรใช้แนวคิดของไทเลอร์และทาบบา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน ขั้นตอนที่ 2 การสร้างหลักสูตร ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตร และขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร กระบวนการจัดการเรียนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์นั้นพัฒนาขึ้น 7 ขั้นตอนคือ 1. ขั้นกระตุ้นความคิด/เฝ้าความสนใจ 2. ขั้นเสนอและทำความเข้าใจปัญหา 3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา 4. ขั้นนำเสนอแผนที่วางไว้ 5. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา 6. ขั้นตรวจสอบคำตอบและสรุปแนวคิด และ 7. ขั้นขยายความคิด ผู้วิจัยเสนอแนะว่าการพัฒนาหลักสูตร ครั้งต่อไป อาจไม่ต้องแยกหน่วยแต่ละหน่วยตามสาระของคณิตศาสตร์ แต่แยกตามยุทธวิธีในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งสอดแทรกการให้เหตุผลและการนำเสนอตัวแทนความคิดในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ ควรพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมอัจฉริยภาพทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะความมุ่งมั่นในการทำ

คณิตศาสตร์ ควรพัฒนาระดับขั้นการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการประเมินระดับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน(สุทินนท์ บุญพัฒนาภรณ์, 2559)

ปัทมา อนันต์ (2561: 201-211) ได้ศึกษาการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยประยุกต์ใช้การวิจัยอิงการออกแบบ ผลการวิจัยปรากฏว่า กระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นล้วงความคิด ขั้นสนับสนุนความคิด และการขยายความคิด ทั้งสามขั้นตอนมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน คือ 1) ขั้นล้วงความคิดและขั้นสนับสนุนความคิดมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน ผู้สอนใช้การซักถามผู้เรียนเพื่อให้อธิบายวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง และสนับสนุนให้อธิบายแนวคิดของตนเอง 2) ขั้นล้วงความคิดและขั้นขยายความคิดมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน ผู้สอนสอบถามผู้เรียนทั่วห้อง เพื่อเพิ่มทางเลือกในการแก้ปัญหา และขยายความคิดโดยใช้คำถามที่ทำทหายอย่างต่อเนื่อง 3) ขั้นสนับสนุนความคิดและขั้นขยายความคิดมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน ผู้สอนอธิบายความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนให้ผู้เรียนและเน้นย้ำประเด็นที่สำคัญ และ 4) ขั้นล้วงความคิด ขั้นสนับสนุนความคิด และขั้นขยายความคิดมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน ผู้สอนมีการใช้คำถามที่ทำทหายกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง สนับสนุนให้ผู้เรียนได้อธิบายแนวคิดของตนเอง ประเมินการคิดของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักความท้าทาย ได้เรียนรู้ในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย ซึ่งผู้เรียนที่เรียนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์มีพัฒนาการการคิดเชิงคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์สูงกว่าผู้เรียนที่เรียนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05(ปัทมา อนันต์, 2561)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์มีความสำคัญมาก ช่วยให้สามารถเลือกยุทธวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สามารถนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ทำให้มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ และมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้ดี ซึ่งการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ประกอบไปด้วย ความรู้ และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ การนำเสนอตัวแทนความคิด และด้านอรรถศาสตร์ทางคณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ ขั้นกระตุ้นความคิด/เร้าความสนใจ ขั้นล้วงความคิด ขั้นสนับสนุนความคิด ขั้นตรวจสอบคำตอบและสรุปแนวคิด และขั้นขยาย

ความคิด โดยแยกการจัดการเรียนรู้ตามยุทธวิธีในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งสอดแทรกการให้เหตุผลและการนำเสนอตัวแทนความคิดในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ และพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมอัจฉริยภาพทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการใช้การเขียนบันทึกทางคณิตศาสตร์มี อิทธิพลทางบวกต่อการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารและการใช้คำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน และยังทำหน้าที่เป็นเครื่องมือในการสื่อสารระหว่างผู้เรียนและผู้สอนและเป็นเครื่องมือในการประเมินผลสำหรับครูด้วย นอกจากนี้การใช้วิดีโอบันทึกเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนสามารถ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรู้ความหลากหลายของรูปแบบการให้เหตุผลของผู้เรียนได้

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยผู้วิจัยจะออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการคิดเชิงคณิตศาสตร์ประกอบไปด้วย ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์ คือ เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ความรู้ และ มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสาระจำนวนและพีชคณิต สาระสถิติและความน่าจะเป็น และสาระแคลคูลัส ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คือ การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ และการสร้างและขยายความคิดเชิงคณิตศาสตร์ และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทางคณิตศาสตร์ คือ ความเชื่อ ความรู้สึกที่มีต่อ วิชาคณิตศาสตร์ ผ่าน 7 ขั้นตอน ดังนี้

7 ขั้นตอน สรุปได้ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนพูดคุยและ สอบถามผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนเคยเรียนมาแล้ว เพื่อให้ผู้เรียนได้ทบทวน ความรู้ของตนเอง และสะท้อนความรู้ที่ตนเองมีออกมา

ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดปัญหา เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนให้ผู้เรียนได้ตั้งเป้าหมายของตนเอง ในการเรียนรู้ในคาบเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้สถานการณ์ปัญหา เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนร่วมกันวางแผนแก้ สถานการณ์ปัญหา กำหนดขั้นตอนวิธีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบเพื่อเรียนรู้และหา ข้อมูลในการนำมาแก้สถานการณ์ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการกิจกรรมการเรียนรู้นอกชั้นเรียน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนศึกษา ข้อมูล ความรู้ และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ จากภายนอกชั้นเรียน เพื่อเตรียมดำเนินแก้สถานการณ์ ปัญหาที่เป็นกิจกรรมในชั้นเรียน

ขั้นที่ 5 ขั้นดำเนินการกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำข้อมูล ความรู้ และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้จากภายนอกชั้นเรียน มาแก้สถานการณ์ปัญหา แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย

ขั้นย่อยที่ 5.1 ขั้นทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา เป็นขั้นที่ผู้เรียนเข้าใจ สถานการณ์ปัญหา วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา โดยใช้ยุทธวิธีที่ได้ เรียนรู้มาจากภายนอกชั้นเรียน

ขั้นย่อยที่ 5.2 ขั้นแก้สถานการณ์ปัญหา เป็นขั้นที่ผู้เรียนดำเนินการแก้ สถานการณ์ปัญหา ตามที่วางแผนไว้ ตามลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียน และสามารถให้เหตุผล ของวิธีการที่นำมาใช้

ขั้นย่อยที่ 5.3 ขั้นสะท้อนคิด เป็นขั้นที่ผู้เรียนและเพื่อนในกลุ่มร่วมกัน ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการแก้สถานการณ์ปัญหา และคำตอบที่ได้

ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและนำเสนอผลงาน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ ขั้นตอนตั้งแต่ได้รับสถานการณ์ปัญหา การวางแผน การเรียนรู้นอกชั้นเรียนร่วมกัน ดำเนินการใน ชั้นเรียน และข้อสรุปที่ได้ ผู้เรียนทั้งห้องร่วมกันอภิปราย ข้อสรุปการแก้สถานการณ์ปัญหาของ ห้องเรียน

ขั้นที่ 7 ขั้นประเมินผลการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนประเมินความสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ของตนเองที่ได้ตั้งไว้ตอนต้นคาบเรียน

จากแนวคิด ทฤษฎี และรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับ การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน ผู้วิจัยได้แสดง ตารางการสังเคราะห์กระบวนการการเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำ ตนเอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับ ดังต่อไปนี้

ตาราง 4 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้	การจัดการเรียนรู้ ด้วยการนำตนเอง (SELF-DIRECTED LEARNING)	การจัดการเรียนรู้ โดยใช้โครงงานเป็น ฐาน (PROJECT-BASED LEARNING)	การส่งเสริมการคิดเชิง คณิตศาสตร์ (MATHEMATICAL THINKING)
<p>ชั้นที่ 1 ชั้นกำหนด ปัญหา</p>	<p>ชั้นที่ 1 วินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้ หมายถึง ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันวินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้และทำความเข้าใจถึงความถนัดของผู้เรียน ผู้เรียนสำรวจความสนใจของตนเอง เพื่อให้ตรงตามเป้าประสงค์การเรียนรู้ของผู้เรียน</p>	<p>ชั้นที่ 1 ชั้นกำหนดปัญหา เป็นการเลือกกำหนดปัญหาที่จะศึกษา เริ่มจากความสนใจของผู้เรียน ผู้สอนพยายามให้ผู้เรียนได้เลือกศึกษาปัญหาที่เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้เรียน และมีแนวทางที่สามารถพิสูจน์ทดสอบ หาคำตอบได้</p>	<p>ชั้นที่ 1 ชั้นกำหนดปัญหา เป็นการเลือกปัญหาที่จะศึกษา ซึ่งผู้เรียนสำรวจความสนใจของตนเอง เพื่อให้ตรงตามเป้าประสงค์การเรียนรู้ของผู้เรียน มีผู้สอนวินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้และทำความเข้าใจถึงความถนัดของผู้เรียน และพยายามให้ผู้เรียนได้เลือกศึกษาปัญหาที่เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้เรียน และมีแนวทางที่สามารถพิสูจน์ทดสอบ หาคำตอบได้</p>

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ กระบวนการจัดการ เรียนรู้	การจัดการเรียนรู้ ด้วยการนำตนเอง (SELF-DIRECTED LEARNING)	การจัดการเรียนรู้ โดยใช้โครงงานเป็น ฐาน (PROJECT-BASED LEARNING)	การส่งเสริมการคิดเชิง คณิตศาสตร์ (MATHEMATICAL THINKING)
<p>ชั้นที่ 2 ชั้นวางแผน กิจกรรมการเรียนรู้</p>	<p>ชั้นที่ 2 วางแผนกิจกรรม การเรียนรู้ หมายถึง ผู้เรียนเป็นผู้กำหนด เกี่ยวกับการวางแผนและ กำหนดจุดมุ่งหมายในการ เรียนรู้ เลือกเนื้อหาที่มี ความเหมาะสมกับสภาพ ความต้องการและความ สนใจของตนเอง มีผู้สอน ร่วมกันวางแผนกิจกรรม การเรียนรู้ โดยคำนึงถึง ความสอดคล้องกับบริบท ของผู้เรียนเป็นสำคัญ</p> <p>ชั้นที่ 3 กำหนด วัตถุประสงค์ของการ เรียนรู้ หมายถึง ผู้เรียน ศึกษาจุดมุ่งหมายของวิชา และเขียนจุดมุ่งหมายใน การเรียนรู้ ซึ่งผู้สอน สามารถช่วยเสริมและเพิ่ม วัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ ให้กับผู้เรียน ตลอดจนการ วางแผนและประเมิน ความก้าวหน้าในการ เรียนรู้</p> <p>ชั้นที่ 4 ออกแบบกิจกรรม การเรียนรู้และวิธีการ เรียนรู้ หมายถึง ผู้เรียน และผู้สอน ร่วมกันกำหนด</p>	<p>ชั้นที่ 2 ชั้นวางแผน เป็น ชั้นที่ผู้เรียนร่วมกันระดม ความคิดและวางแผน ร่วมกัน อภิปรายหรือ ข้อสรุป กำหนดวิธีการ ศึกษาที่หลากหลายเพื่อ ใช้เป็นแนวทางปฏิบัติ</p>	<p>ชั้นที่ 2 ชั้นวางแผน กิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ผู้เรียนเป็นผู้ กำหนดเกี่ยวกับการ วางแผนและกำหนด จุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ เลือกการเรียนรู้ที่มีความ เหมาะสมกับสภาพความ ต้องการและความสนใจ ของตนเอง และกำหนดวิธี การศึกษาที่หลากหลาย โดย มีผู้สอนร่วมกัน วางแผนกิจกรรมการ เรียนรู้ ช่วยเสริมและเพิ่ม วัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ ให้กับผู้เรียน ตลอดจนการ วางแผนและประเมิน ความก้าวหน้าในการ เรียนรู้</p>

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ กระบวนการจัดการ เรียนรู้	การจัดการเรียนรู้ ด้วยการนำตนเอง (SELF-DIRECTED LEARNING)	การจัดการเรียนรู้ โดยใช้โครงการเป็น ฐาน (PROJECT-BASED LEARNING)	การส่งเสริมการคิดเชิง คณิตศาสตร์ (MATHEMATICAL THINKING)
	และออกแบบกิจกรรมการ เรียนรู้ให้มีความเหมาะสม กับสภาพความต้องการ และความสนใจของผู้เรียน		
ชั้นที่ 3 ชั้นลงมือปฏิบัติ ตามแผนนอกชั้นเรียน	ชั้นที่ 5 ดำเนินกิจกรรม การเรียนรู้ หมายถึง ดำเนินการตามที่ได้ กำหนดและออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ไว้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิด ประสบการณ์การเรียนรู้	ชั้นที่ 3 ชั้นลงมือปฏิบัติ เป็นการดำเนินการปฏิบัติ ตามแผน หลังจากที่ได้ ผู้เรียนได้รับความ เห็นชอบจากผู้สอนหรือที่ ปรึกษาแล้ว ผู้สอนต้องใช้ การเสริมแรงและ สนับสนุนให้ผู้เรียนเลือก วิธีการตามที่ต้องการ แต่ต้องอยู่บน พื้นฐานของการนำข้อมูล มาจัดหมวดหมู่ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และเชื่อมโยง ข้อมูลต่าง ๆ	ชั้นที่ 3 ชั้นลงมือปฏิบัติ ตามแผนนอกชั้นเรียน หมายถึง การดำเนินการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้นอก ชั้นเรียน โดยผู้เรียนศึกษา เนื้อหาจากการรับชมผ่าน สื่อการเรียนรู้ ประเภทวิดีโอ ทัศน์ วีดิทัศน์ออนไลน์ ก่อนการเข้าชั้นเรียน ที่ บ้านหรือนอกห้องเรียน โดยผู้สอนเป็นผู้จัดเตรียม เทคโนโลยีต่าง ๆ ไว้ให้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ กระบวนการจัดการ เรียนรู้	การจัดการเรียนรู้ ด้วยการนำตนเอง (SELF-DIRECTED LEARNING)	การจัดการเรียนรู้ โดยใช้โครงการเป็น ฐาน (PROJECT-BASED LEARNING)	การส่งเสริมการคิดเชิง คณิตศาสตร์ (MATHEMATICAL THINKING)
<p>ชั้นที่ 4 ชั้นลงมือปฏิบัติ ตามแผนในชั้นเรียน</p>	<p>ชั้นที่ 5 ดำเนินกิจกรรม การเรียนรู้ หมายถึง ดำเนินการตามที่ได้ กำหนดและออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ไว้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิด ประสบการณ์การเรียนรู้</p>	<p>ชั้นที่ 3 ชั้นลงมือปฏิบัติ เป็นการดำเนินการปฏิบัติ ตามแผน หลังจากที่ได้ ผู้เรียนได้รับความ เห็นชอบจากผู้สอนหรือที่ ปรึกษาแล้ว ผู้สอนต้องใช้ การเสริมแรงและ สนับสนุนให้ผู้เรียนเลือก วิธีการตามที่คุณเรียน ต้องการ แต่ต้องอยู่บน พื้นฐานของการนำข้อมูล มาจัดหมวดหมู่ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และเชื่อมโยง ข้อมูลต่าง ๆ</p>	<p>ชั้นที่ 4 ชั้นลงมือปฏิบัติ ตามแผนในชั้นเรียน หมายถึง การดำเนินการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ใน ชั้นเรียน โดยผู้เรียนเข้า ห้องเรียนทำกิจกรรมใน เวลาเรียน ผู้เรียนจะมี อภิปรายกลุ่มเป็นกลุ่ม ย่อย ๆ เกี่ยวกับปัญหา ต่าง ๆ โดยมีผู้สอนชี้แนะ วิธีการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ส่งเสริมและสนับสนุน ความคิดของผู้เรียน ผู้เรียนสรุปและทบทวน ความคิดประเมินผลความ เป็นไปได้ของคำตอบ ความสมเหตุสมผลของ คำตอบที่ได้</p>
<p>ชั้นที่ 5 ชั้นขยาย ความคิด</p>			<p>ชั้นที่ 5 ชั้นขยายความคิด หมายถึง นำความรู้ที่ได้ จากชั้นตอนที่ 4 ไปต่อ ยอดในชีวิตประจำวัน สรุปข้อมูลจากการ วิเคราะห์และสังเคราะห์ เป็นผลงาน</p>

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ กระบวนการจัดการ เรียนรู้	การจัดการเรียนรู้ ด้วยการนำตนเอง (SELF-DIRECTED LEARNING)	การจัดการเรียนรู้ โดยใช้โครงงานเป็น ฐาน (PROJECT-BASED LEARNING)	การส่งเสริมการคิดเชิง คณิตศาสตร์ (MATHEMATICAL THINKING)
ชั้นที่ 6 ชั้นนำเสนองาน		ชั้นที่ 4 ชั้นสรุปและนำเสนอ ผลงาน เป็นการให้ผู้เรียนสรุป ข้อมูลจากการวิเคราะห์ และสังเคราะห์เป็นผลงาน นำเสนอข้อมูลและเผยแพร่ ข้อมูล โดยผู้เรียนสามารถ นำเสนอในส่วนที่เป็น กระบวนการ วิธีการ ขั้นตอนและผลลัพธ์หรือผล ที่ได้จากการศึกษา ผู้สอน ควรให้คำแนะนำกระตุ้นให้ เกิดการซักถามภายในชั้น เรียน และควรมีการ นำเสนอผลงานต่อ สาธารณชน	
ชั้นที่ 7 ประเมินผลการ เรียนรู้	ชั้นที่ 6 ประเมินผลการ เรียนรู้ หมายถึง การ พิจารณาผลการเรียนรู้ของ ผู้เรียนถึงมีความสอดคล้อง กับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญใน กระบวนการเรียนรู้ด้วย ตนเอง ช่วยให้ผู้เรียนทราบ ถึงความก้าวหน้าในการ เรียนของตนเอง การ ประเมินผลจะต้อง สอดคล้องกับวัตถุประสงค์		ชั้นที่ 7 ประเมินผลการ เรียนรู้ หมายถึง การ พิจารณาผลการเรียนรู้ของ ผู้เรียนถึงมีความสอดคล้อง กับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญใน กระบวนการเรียนรู้ด้วย ตนเอง ช่วยให้ผู้เรียนทราบ ถึงความก้าวหน้าในการ เรียนของตนเอง การ ประเมินผลจะต้อง สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

จากแนวคิด ทฤษฎี และรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับ การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน สามารถสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็น 7 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหา หมายถึง เป็นการเลือกปัญหาที่จะศึกษา ซึ่งผู้เรียนสำรวจความสนใจของตนเองเพื่อให้ตรงตามเป้าประสงค์การเรียนรู้ของผู้เรียน มีผู้สอนวินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้และทำความเข้าใจถึงความถนัดของผู้เรียน และพยายามให้ผู้เรียนได้เลือกศึกษาปัญหาที่เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้เรียน และมีแนวทางที่สามารถพิสูจน์ทดสอบ หาคำตอบได้

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดเกี่ยวกับการวางแผน กำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ เลือกเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับสภาพความต้องการและความสนใจของตนเอง และกำหนดวิธีการศึกษาที่หลากหลาย โดยมีผู้สอนร่วมวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยเสริมและเพิ่มวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ ตลอดจนการวางแผนและประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติตามแผนนอกชั้นเรียน หมายถึง การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นอกชั้นเรียน โดยผู้เรียนศึกษาเนื้อหาจากการรับชมผ่านสื่อการเรียนรู้ ประเภท วีดิทัศน์ วีดิทัศน์ออนไลน์ ก่อนการเข้าชั้นเรียน ที่บ้านหรือนอกห้องเรียน โดยผู้สอนเป็นผู้จัดเตรียมสื่อเทคโนโลยีต่าง ๆ ไว้ให้

ขั้นที่ 4 ขั้นลงมือปฏิบัติตามแผนในชั้นเรียน หมายถึง การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน โดยผู้เรียนเข้าห้องเรียนทำกิจกรรมในเวลาเรียนผู้เรียนจะมีอภิปรายกลุ่มเป็นกลุ่มย่อย ๆ เกี่ยวกับปัญหาต่าง ๆ โดยมีผู้สอนเป็นผู้ชี้แนะวิธีการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ส่งเสริมและสนับสนุนความคิดของผู้เรียน ผู้เรียนสรุปและทบทวนความคิด ประเมินผลความเป็นไปได้ของคำตอบ ความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความคิด หมายถึง นำความรู้จากขั้นที่ 4 ไปต่อยอดนอกชั้นเรียนในชีวิตประจำวัน สรุปข้อมูลจากการวิเคราะห์ และสังเคราะห์เป็นผลงาน

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอผลงาน หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนให้คำแนะนำกระตุ้นให้เกิดการซักถามภายในชั้นเรียน และมีการนำเสนอผลงานของผู้เรียน ซึ่งสามารถนำเสนอในส่วนที่เป็นกระบวนการ วิธีการ ขั้นตอนและผลลัพธ์หรือผลที่ได้จากการศึกษา

ขั้นที่ 7 ประเมินผลการเรียนรู้ หมายถึง การพิจารณาผลการเรียนรู้ของผู้เรียนถึงความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง

จากแนวคิด ทฤษฎี และรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับ การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน และการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน กับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ดังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน กับการคิดเชิงคณิตศาสตร์

จากแนวคิด ทฤษฎี และรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับ การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน ผู้วิจัยได้แสดง ตารางการสังเคราะห์หีบหบาทของผู้สอนและผู้เรียนความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการ นำตนเอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านนี้

ตาราง 5 การสังเคราะห์หีบหบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิง คณิตศาสตร์

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน	การส่งเสริมการคิด เชิงคณิตศาสตร์
ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนด ปัญหา	วินิจฉัยความต้องการ ในการเรียนรู้และทำ ความเข้าใจถึงความ ถนัดของผู้เรียน และ พยายามให้ผู้เรียนได้ เลือกศึกษาปัญหาที่ เหมาะสมกับความรู้ ความสามารถของ ผู้เรียน และมีแนวทาง ที่สามารถพิสูจน์ ทดสอบ หาคำตอบได้	สำรวจความสนใจ เลือกศึกษาปัญหาที่ เหมาะสมกับความรู้ ความสามารถของของ ตนเอง	ผู้เรียนสำรวจความ สนใจ เลือกศึกษาปัญหา ที่เหมาะสมกับความรู้ ความสามารถของของ ตนเอง มี ผู้สอนวินิจฉัยความ ต้องการในการเรียนรู้ และทำความเข้าใจถึง ความถนัดของผู้เรียน และพยายามให้ผู้เรียน ได้เลือกศึกษา ปัญหาที่ มีความน่าสนใจ เหมาะสมกับความรู้ ความสามารถของ ผู้เรียน และมี หลากหลายเกี่ยวข้องกับ ชีวิตประจำวัน เป็น ปัญหาที่ไม่คุ้นเคย และ เป็นปัญหาปลายเปิด

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน	การส่งเสริมการคิด เชิงคณิตศาสตร์
			เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ ใช้การคิดเชิง คณิตศาสตร์ โดยให้ ผู้เรียนได้หาข้อมูลเพื่อ ตอบคำถามต่าง ๆ
ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผน กิจกรรมการเรียนรู้	ร่วมวางแผนกิจกรรม การเรียนรู้ ช่วยเสริม และเพิ่มวัตถุประสงค์ ในการเรียนรู้ ตลอดจน การวางแผนและ ประเมินความก้าวหน้า ในการเรียนรู้ให้กับ ผู้เรียน	กำหนดเกี่ยวกับการ วางแผน กำหนด จุดมุ่งหมายในการ เรียนรู้ เลือกเนื้อหาที่มี ความเหมาะสมกับ สภาพความต้องการ และความสนใจของ ตนเอง และกำหนดวิธี การศึกษาที่ หลากหลาย	ผู้เรียนเป็นผู้กำหนด เกี่ยวกับการวางแผน กำหนดจุดมุ่งหมายใน การเรียนรู้ เลือกเนื้อ หาทางคณิตศาสตร์ที่มี ความเหมาะสมกับ สภาพความต้องการและ ความสนใจของตนเอง และกำหนดวิธี การศึกษาที่หลากหลาย โดยมีผู้สอนร่วมวางแผน กิจกรรมการเรียนรู้ ช่วย เสริมและเพิ่ม วัตถุประสงค์ในการ เรียนรู้ ตลอดจนการ วางแผนและประเมิน ความก้าวหน้าในการ เรียนรู้ให้กับผู้เรียน
ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือ ปฏิบัติตามแผน นอกชั้นเรียน	จัดเตรียมสื่อ เทคโนโลยีต่าง ๆ ไว้ให้ ผู้เรียนในระบบ ออนไลน์	ศึกษาเนื้อหาจากการ รับชมผ่านสื่อการ เรียนรู้ ประเภทวีดิทัศน์ วีดิทัศน์ออนไลน์ ก่อน	ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาทาง คณิตศาสตร์จากการ รับชมผ่านสื่อการเรียนรู้ ประเภทวีดิทัศน์ วีดิทัศน์

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน	การส่งเสริมการคิด เชิงคณิตศาสตร์
		การเข้าชั้นเรียน ที่บ้าน หรือนอกห้องเรียน	ออนไลน์ ก่อนการเข้าชั้น เรียน ที่บ้านหรือนอก ห้องเรียน โดยผู้สอนเป็น ผู้จัดเตรียมสื่อเทคโนโลยี ออนไลน์ต่าง ๆ ไว้ให้
ขั้นที่ 4 ขั้นลงมือ ปฏิบัติตามแผนใน ชั้นเรียน	ชี้แนะวิธีการเรียนรู้ ให้กับผู้เรียน ส่งเสริม และสนับสนุนความคิด ของผู้เรียน	เข้าห้องเรียนทำ กิจกรรมในเวลาเรียน ผู้เรียนจะมีอภิปราย กลุ่มเป็นกลุ่มย่อย ๆ เกี่ยวกับปัญหาต่าง ๆ ที่ได้ศึกษาจากนอกชั้น เรียน สรุปและทบทวน ความคิด ประเมินผล ความเป็นไปได้ของ คำตอบ ความ สมเหตุสมผลของ คำตอบที่ได้	ผู้เรียนเข้าห้องเรียนทำ กิจกรรมในเวลาเรียน ผู้เรียนจะมีอภิปรายกลุ่ม เป็นกลุ่มย่อย ๆ เกี่ยวกับ ปัญหาต่าง ๆ วางแผน แก้ปัญหา โดยผู้เรียน วิเคราะห์ปัญหา และนำ ความรู้ทางคณิตศาสตร์ และการให้เหตุผลมาใช้ ในการแก้ปัญหา สรุป และทบทวนความคิด ประเมินผลความเป็นไป ได้ของคำตอบ ความ สมเหตุสมผลของ คำตอบที่ได้ โดยมีผู้สอน เป็นผู้ชี้แนะวิธีการเรียนรู้ ให้กับผู้เรียนส่งเสริมและ สนับสนุนความคิดของ ผู้เรียน
ขั้นที่ 5 ขั้นขยาย ความคิด	มอบหมายงานแก่ ผู้เรียน ไปต่อยอดนอก ชั้นเรียน	นำความรู้จากขั้นที่ 4 ไปต่อยอดนอกชั้นเรียน ในชีวิตประจำวัน สรุป	ผู้สอนมอบหมายงานแก่ ผู้เรียนแล้วให้ผู้เรียนนำ ความรู้จากขั้นที่ 4 ไปต่อ

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน	การส่งเสริมการคิด เชิงคณิตศาสตร์
		ข้อมูลจากการ วิเคราะห์ และ สังเคราะห์เป็นผลงาน	ยกตอนอกชั้นเรียนใน ชีวิตประจำวัน แก้ปัญหา สะท้อน ขยายความรู้ นำ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการแก้ปัญหา พร้อมขยายความคิด ของผู้เรียนด้วยการ สะท้อนความคิดเชิง คณิตศาสตร์ผ่านชิ้นงาน สรุปข้อมูลจากการ วิเคราะห์ และสังเคราะห์ เป็นผลงาน
ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอ ผลงาน	ให้คำแนะนำกระตุ้นให้ เกิดการซักถามภายใน ชั้นเรียน	นำเสนอผลงานของ ตนเอง ซึ่งสามารถ นำเสนอในส่วนที่เป็น กระบวนการ วิธีการ ขั้นตอนและผลลัพธ์ หรือผลที่ได้จาก การศึกษา	ผู้สอนให้คำแนะนำ กระตุ้นให้เกิดการ ซักถามภายในชั้นเรียน และมีการนำเสนอ ผลงานของผู้เรียนจาก การไปศึกษามาเพื่อ สะท้อนความคิดเชิง คณิตศาสตร์ สามารถ นำเสนอในส่วนที่เป็น กระบวนการ วิธีการ ขั้นตอนและผลลัพธ์หรือ ผลที่ได้จากการศึกษา
ขั้นที่ 7 ประเมินผล การเรียนรู้	พิจารณาผลการเรียนรู้ ของผู้เรียนถึงมีความ สอดคล้องกับ	พิจารณาผลการเรียนรู้ ของตนเองถึงมีความ สอดคล้องกับ	ผู้สอนและผู้เรียน พิจารณาผลการเรียนรู้ ถึงมีความสอดคล้องกับ

ขั้นตอนการจัดกรเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน	การส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์
	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ทราบถึงความก้าวหน้า ในการเรียนของตนเอง	วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และความเชื่อ ความรู้สึก ที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์

กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ทางคณิตศาสตร์ คือ เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ความรู้และเมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสาระจำนวนและพีชคณิต สาระสถิติและความน่าจะเป็น และสาระแคลคูลัส เกิดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คือ การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ และการสร้างและขยายความคิดเชิงคณิตศาสตร์ และเกิดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทางคณิตศาสตร์ คือ ความเชื่อ ความรู้สึกที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ผ่านขั้นตอนการจัดกรเรียนรู้ 7 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนผู้สอนและผู้เรียนมีบทบาท ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหา ผู้เรียนสำรวจความสนใจ เลือกศึกษาปัญหาที่เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของตนเองมีผู้สอนวินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้และทำความเข้าใจถึงความถนัดของผู้เรียน และพยายามให้ผู้เรียนได้เลือกศึกษา ปัญหาที่มีความน่าสนใจ เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้เรียน และมีหลากหลายเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เป็นปัญหาที่ไม่คุ้นเคย และเป็นปัญหาปลายเปิด เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยให้ผู้เรียนได้หาข้อมูลเพื่อตอบคำถามต่าง ๆ

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดเกี่ยวกับการวางแผนกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ เลือกเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมกับสภาพความต้องการและความสนใจของตนเอง และกำหนดวิธีการศึกษาที่หลากหลาย โดยมีผู้สอนร่วมวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยเสริมและเพิ่มวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ ตลอดจนการวางแผนและประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติตามแผนนอกชั้นเรียน ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาทางคณิตศาสตร์จากการรับชมผ่านสื่อการเรียนรู้ ประเภทวีดิทัศน์ วีดิทัศน์ออนไลน์ ก่อนการเข้าชั้นเรียน ที่บ้านหรือนอกห้องเรียน โดยผู้สอนเป็นผู้จัดเตรียมสื่อเทคโนโลยีออนไลน์ต่าง ๆ ไว้ให้

ขั้นที่ 4 ขั้นลงมือปฏิบัติตามแผนในชั้นเรียน ผู้เรียนเข้าห้องเรียนทำกิจกรรมในเวลาเรียน ผู้เรียนจะมีอภิปรายกลุ่มเป็นกลุ่มย่อย ๆ เกี่ยวกับปัญหาต่าง ๆ วางแผนแก้ปัญหา โดยผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหา และนำความรู้ทางคณิตศาสตร์และการให้เหตุผลมาใช้ในการแก้ปัญหา สรุปและทบทวนความคิด ประเมินผลความเป็นไปได้ของคำตอบ ความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ โดยมีผู้สอนเป็นผู้ชี้แนะวิธีการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนส่งเสริมและสนับสนุนความคิดของผู้เรียน

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความคิด ผู้สอนมอบหมายงานแก่ผู้เรียนแล้วให้ผู้เรียนนำความรู้จากขั้นที่ 4 ไปต่อยอดนอกชั้นเรียนในชีวิตประจำวัน แก้ปัญหา สะท้อน ขยายความรู้ นำการคิดเชิงคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา พร้อมขยายความคิดของผู้เรียนด้วยการสะท้อนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ผ่านชิ้นงาน สรุปข้อมูลจากการวิเคราะห์ และสังเคราะห์เป็นผลงาน

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอผลงาน ผู้สอนให้คำแนะนำกระตุ้นให้เกิดการซักถามภายในชั้นเรียน และมีการนำเสนอผลงานของผู้เรียนจากการไปศึกษามาเพื่อสะท้อนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ สามารถนำเสนอในส่วนที่เป็นกระบวนการ วิธีการ ขั้นตอนและผลลัพธ์หรือผลที่ได้จากการศึกษา

ขั้นที่ 7 ประเมินผลการเรียนรู้ ผู้สอนและผู้เรียนพิจารณาผลการเรียนรู้ถึงความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และความเชื่อ ความรู้สึกที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์

4. แนวความคิดและหลักการที่เกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้

4.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่จัดขึ้นอย่างเป็นระบบระเบียบด้วยวิธีและเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีพฤติกรรมตามความคาดหวัง ภายใต้หลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด ความเชื่อต่าง ๆ รวมทั้งการประเมินในทุก ๆ ด้าน ตั้งแต่ความรู้เดิมของผู้เรียน การประเมินในขณะที่เรียนและการประเมินหลังการเรียนการสอนรวมทั้งการประเมินความรู้แบบการจัดการเรียนรู้ (El-Hindi & Branch, 1991; Good, 1973; B. Joyce, 1996; กิตติศักดิ์ เกตุบุตร, 2557; ทิศนา แคมมณี, 2560; พัชรี ศรีสังข์, 2551)

4.2 ประเภทของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

Joyce et al. (2004, pp.23-38) ได้แบ่งประเภทรูปแบบการจัดการเรียนรู้ออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการประมวลผลข้อมูล (The information processing family) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้ จะเน้นให้ผู้เรียนสามารถรับข้อมูลมา

ประมวลผลและจัดระเบียบข้อมูลเพื่อให้เข้าใจปัญหา ร่างวิธีการแก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนา สร้างแนวความคิดมโนทัศน์ การทดสอบสมมติฐาน การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และเพิ่มความสามารถทางสติปัญญาโดยทั่วไป ตัวอย่างของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้เน้นการคิดแบบอุปนัย (Inductive thinking) ของฮิลดาทาบบา (Hilda Taba) รูปแบบการจัดการเรียนรู้มโนทัศน์ (Concept attainment) ของ Jerome Bruner รูปแบบการจัดการเรียนรู้สร้างความคิดโดยใช้ภาพ (The picture-word inductive model) ของ Emily Callhoun รูปแบบการจัดการเรียนรู้สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) ของ Joseph Schwab รูปแบบการจัดการเรียนรู้ความคิดสร้างสรรค์ (Synectics) ของ Bill Gordon รูปแบบการจัดการเรียนรู้เน้นความจำ (Memories) ของ Michael Pressley ,Joel Levin และ Richard Anderson และรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการนำเสนอโมโนทัศน์กว้างก้าวหน้า (Advance organizers) ของ David Ausubel เป็นต้น

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (The Social family) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้ มุ่งเน้นพัฒนาให้ผู้เรียนรู้จักการสร้างความสัมพันธ์ทางสังคม สามารถทำงานและแก้ปัญหาาร่วมกันนำไปสู่พัฒนาความสัมพันธ์ในชั้นเรียน เป็นกระบวนการพัฒนาวิธีการแบบบูรณาการ เพื่อสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ เกิดการปฏิสัมพันธ์และบรรทัดฐาน วัฒนธรรมที่ดีในโรงเรียน และสนับสนุนกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความเข้มแข็ง ตัวอย่างของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้กระบวนการสืบสอบและแสวงหาความรู้เป็นกลุ่ม (Group investigation) ของ John Dewey และ Herbert Thelen รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติ (Role playing model) ของ Fannie Shaftel รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการซักคำถาม (Jurisprudential inquiry) ของ Donald Oliver และ James Shaver เป็นต้น

3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นบุคคล (The personal family) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้ มุ่งเน้นให้ความสำคัญแต่ละบุคคล ส่งเสริมความเป็นอิสระ เพื่อพัฒนาจิตสำนึก ความเข้าใจตนเองดีขึ้น มีความรับผิดชอบต่อการกระทำของตนเอง มีความสามารถที่แข็งแกร่ง มีความละเอียดอ่อน และมีความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างคุณภาพชีวิตให้สูงขึ้น ตัวอย่างของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้ เช่น รูปแบบการสอนโดยอ้อม (Nondirective teaching) ของ Carl Rogers และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการเห็นคุณค่าในตนเอง (Enhancing self-esteem) ของ Abraham Maslow เป็นต้น

4. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการปรับพฤติกรรม (The behavioral systems family) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้ใช้องค์ความรู้ด้านพฤติกรรมศาสตร์ มุ่งเน้นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่สังเกตได้ของผู้เรียนและทักษะในการปฏิบัติ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้ เช่น รูปแบบการเรียนรู้แบบรอบรู้ (Mastery learning) ของ Benjamin Bloom รูปแบบการจัดการเรียนรู้ทางตรง (Direct instruction) ของ Tom Good, Jere Brophy และคณะ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) ของ Carl Smith และ Mary Smith และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ทางสังคม (Social learning) ของ Albert Bandura, Carl Thoresen และ Wes Becker เป็นต้น (B. R. Joyce, Weil, & Calhoun, 2004)

ทิตินา แชมมณี (2559, น. 224-272) ได้แบ่งประเภทของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามลักษณะของวัตถุประสงค์เฉพาะหรือเจตนารมณ์ของรูปแบบ แบ่งออกได้ 5 ประเภทหรือหมวดหมู่ ดังนี้

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ตัวอย่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้ เช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้โมเดลโน้ต (Concept attainment model) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของกานเย่ (Gagne's instructional model) รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการนำเสนอมโนทัศน์กว้างล่วงหน้า (Advance organizer model) รูปแบบการจัดการเรียนรู้เน้นความจำ (Memory model) และรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนผังกราฟิก (Graphic organizer instructional model) เป็นต้น

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาด้านจิตพิสัย (Affective domain) ตัวอย่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้ เช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการพัฒนาจิตพิสัยของบลูม (Instructional model based on Bloom's affective domain) รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการชักด้าน (Jurisprudential model) และรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติ (Role playing model) เป็นต้น

3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาด้านทักษะพิสัย (Psycho-motor domain) ตัวอย่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้ เช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการพัฒนาทักษะปฏิบัติของซิมป์สัน (Instructional model based on Simpson's processes for psycho-motor skill development) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ทักษะปฏิบัติของแฮร์โรว์ (Harrow's instructional model for psycho-motor domain) และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ทักษะปฏิบัติของเดวีส์ (Davies' instructional model for psycho-motor domain) เป็นต้น

4. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาด้านทักษะกระบวนการ (Process skills) ตัวอย่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้ เช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้กระบวนการสืบสอบและแสวงหาความรู้เป็นกลุ่ม (Group investigation instructional model) รูปแบบการจัดการเรียนรู้กระบวนการคิดอุปนัย (Inductive thinking instructional model) รูปแบบการจัดการเรียนรู้กระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Synectics instructional model) และรูปแบบการจัดการเรียนรู้กระบวนการคิดแก้ปัญหาอนาคตตามแนวคิดของทอร์แรนซ์ (Torrance's future problem solving instructional model) เป็นต้น

5. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการ (Integration) ตัวอย่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้ เช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้ทางตรง (Direct instructional model) รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการสร้างเรื่อง (Storyline model) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT และรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Instructional model of cooperative learning) เป็นต้น (ทศนา แชมมณี, 2560)

จากประเภทของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยมุ่งศึกษาประเภทของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ สรุปได้ว่า การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จะมีความสอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นบุคคลของจอยซ์และคณะ เพราะว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีวิธีการจัดการเรียนรู้มีมุ่งเน้นให้ความสำคัญแต่ละบุคคล ส่งเสริมความเป็นอิสระ เพื่อพัฒนาจิตสำนึก ความเข้าใจตนเองดีขึ้น มีความรับผิดชอบต่อการกระทำของตนเอง มีความสามารถที่แข็งแกร่ง มีความละเอียดอ่อน และมีความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างคุณภาพชีวิตให้สูงขึ้น ที่เป็นแนวคิดให้ผู้วิจัยพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์

4.3 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

นักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึง องค์ประกอบที่สำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ที่มาของของรูปแบบการสอน เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ของสิ่ง ต่าง ๆ ซึ่งเป็นที่มาของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย หลักการ แนวคิด ทฤษฎี ปรัชญา ความเชื่อที่เป็นพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ หรือเป็นหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้น ๆ ที่นำมาพัฒนาผู้เรียน (Anderson, 1997; Arends, 1997; B. R. Joyce et al., 2004; ทศนา แชมมณี, 2560)มีการบรรยาย และอธิบาย หรือลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักการที่

ยี่ดืออ (ทีศนา แชนมณีน, 2560)พิจารณาความจำเป็นในการจัดการเรียนรูู้ กำหนดเป้าหมาย อุปสรรคและลำดับความสำคัญ อธิบายลักษณะที่สำคัญของผู้เรียนวิเคราะห์จัดเรียงลำดับ เนื้อหาวิชา เพื่อให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย (Kemp, 1985)

2. วัตถุประสงค์ จุดมุ่งหมายที่ได้รับจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบ การจัดการเรียนรูู้เป็นการนำเสนอดูจุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรูู้ที่จำเป็นต้องมีการ พัฒนาผู้เรียนให้บรรลุตามที่คาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรูู้ตามรูปแบบ การจัดการเรียนรูู้ (Anderson, 1997; Arends, 1997; Kemp, 1985) ซึ่งผลการเรียนรูู้ที่คาดหวัง นั้นจะประกอบไปด้วย พฤติกรรมทางด้านสติปัญญา (Cognitive Domain) ด้านจิตใจ (Affective Domain) และด้านการปฏิบัติ (Psychomotor Domain) ที่จะทำให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนเมื่อได้รับการ เรียนรูู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรูู้ นั้น ๆ (Arends, 1997)

3. กระบวนการจัดรูปแบบการจัดการเรียนรูู้ เป็นวิธีการหรือกระบวนการที่จะทำ ให้การเรียนรูู้บรรลุวัตถุประสงค์ เป็นการนำเสนอถึงขั้นตอน การให้รายละเอียดเกี่ยวกับลำดับ ขั้นตอนการจัดการเรียนรูู้ หรือกิจกรรมการจัดการเรียนรูู้ และขั้นตอนการจัดการเรียนรูู้ของคุณ เพื่อให้ผู้เรียนได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรูู้ มีการอธิบาย หรือ ให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการสอน และเทคนิคการสอนต่าง ๆ อันจะช่วยให้กระบวนการเรียนรูู้ นั้น ๆ เกิด ประสิทธิภาพสูงสุด (Arends, 1997; B. R. Joyce et al., 2004; ทีศนา แชนมณีน, 2560) มี สิ่งแวดล้อมในการจัดการเรียนรูู้ที่จะนำไปสู่ผลการเรียนรูู้ที่ต้องการเป็นการนำเสนอเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ สถานการณ์ หรือสถานที่ต่าง ๆ ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรูู้ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรูู้ที่ดี ขึ้น เมื่อได้รับการเรียนรูู้จากรูปแบบการจัดการเรียนรูู้ (Arends, 1997; Kemp, 1985)การอธิบาย ถึงหน้าที่บทบาทครูผู้สอนกับผู้เรียน ความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ซึ่งจะแตกต่างกันในแต่ละรูปแบบ เช่น บทบาทของครูผู้สอนอาจเป็นผู้นำในการทำกิจกรรม เป็นผู้อำนวยความสะดวก เป็นผู้แนะแนว เป็นแหล่งข้อมูล เป็นต้น หลักการตอบสนอง (Principle System) เป็นการบอกถึงลักษณะของการ แสดงออกของครูผู้สอนต่อผู้เรียน การตอบสนองต่อสิ่งที่คุณเรียนกระทำ เช่น การให้รางวัลแก่ผู้เรียน การให้อิสระในการแสดงความคิดเห็น การไม่ตัดสินว่าถูกหรือผิด (B. R. Joyce et al., 2004)

4. การวัดและประเมินผลของรูปแบบการจัดการเรียนรูู้ เป็นการวัดและ ประเมินผลการเรียนรูู้จากการนำรูปแบบการจัดการเรียนรูู้ไปใช้ (Anderson, 1997; B. R. Joyce et al., 2004; Kemp, 1985)เป็นการแนะนำและตั้งข้อสังเกตการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรูู้ นั้น เช่น จะใช้กับเนื้อหาประเภทใดจึงเหมาะสม รูปแบบการจัดการเรียนรูู้ นั้นเหมาะกับเด็กระดับอายุ ใด เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการให้คำแนะนำอื่น ๆ เพื่อให้การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรูู้ นั้นมี

ประสิทธิผลมากที่สุด ผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนทั้งทางตรง และทางอ้อม รูปแบบการจัดการเรียนรู้แต่ละรูปแบบจะส่งผลต่อผู้เรียนทั้งทางตรงและทางอ้อม ผลโดยตรงเกิดจากการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน หรือเกิดจากการจัดกิจกรรมที่จัดขึ้นตามขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ส่วนผลทางอ้อมเกิดจากสภาพแวดล้อมซึ่งถือเป็นผลกระทบที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้น ๆ เป็นสิ่งที่คาดคะเนไว้ว่าจะให้เกิดแฝงไปกับการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสามารถใช้เป็นสิ่งที่พิจารณาเลือกรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ด้วย (B. R. Joyce et al., 2004)

จากการนำเสนอองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีองค์ประกอบที่สำคัญ ๆ 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แนวคิด ทฤษฎีสำคัญพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
2. วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป้าหมายหรือผลการเรียนรู้
3. กระบวนการจัดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ วิธีการหรือกระบวนการในการจัดการเรียนรู้ ลำดับ ขั้นตอน
4. การวัดประเมินผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการวัดและประเมินผลจากการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

4.4 กระบวนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

นักวิชาการหลายท่าน ได้กล่าวถึงกระบวนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานเป็นการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และข้อค้นพบจากการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสภาพปัญหาปัจจุบัน หรือปัญหาจากเอกสารผลการวิจัย หรือการสังเกต สอบถามจากผู้รู้ (W. Joyce, 2000; ทิศนา แคมมณี, 2560) ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ทั่วไป แนวคิดเกี่ยวกับการสอนที่เฉพาะเจาะจง หรือสอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่จะพัฒนาขึ้น (เรขา อรัญวงศ์, 2543) และวิเคราะห์ผู้เรียน วิเคราะห์บริบทแวดล้อม วิเคราะห์เป้าหมายของการเรียนรู้ (Dick & Carey, 1996; Kelly, 2007)

2. การกำหนด หลักการ แนวคิดสำคัญ วัตถุประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ เป้าหมาย และองค์ประกอบอื่น ๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับข้อมูลพื้นฐาน และสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบระเบียบ (Kelly, 2007; เรขา อรัญวงศ์, 2543; ทิศนา แคมมณี, 2560)

3. การกำหนดแนวทางในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ ประกอบด้วย รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการ และเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น ใช้กับผู้เรียนกลุ่มใหญ่ หรือกลุ่มย่อย ครูผู้สอน จะต้องเตรียมงาน หรือจัดสภาพการจัดการเรียนรู้อย่างไร เพื่อให้การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ (ทศนา เขมมณี, 2560)

4. การประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการทดสอบความมีประสิทธิภาพ และการยืนยันประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาข้อบกพร่องจะ นำไปสู่หนทางในการแก้ไขให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้นมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น (Kelly, 2007) โดยทั่วไปจะใช้วิธีการดังต่อไปนี้

4.1. การประเมินความเป็นไปได้ในเชิงทฤษฎี โดยคณะผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะ ประเมินความสอดคล้องภายในระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ (W. Joyce, 2000; ทศนา เขมมณี, 2560) ตรวจสอบความเป็นไปได้ในการนำไปใช้เพื่อการจัดการเรียนรู้ (เรขา อรัญวงศ์, 2543)

4.2. การประเมินความเป็นไปได้ในเชิงปฏิบัติการ โดยทำการนำรูปแบบการ จัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ในสถานการณ์จริง ในลักษณะการวิจัยเชิงทดลอง หรือกึ่ง ทดลอง (W. Joyce, 2000; ทศนา เขมมณี, 2560) การตรวจสอบในสถานการณ์จริงจึงต้องมีการ สร้างเอกสาร สื่อ และอุปกรณ์การเรียนรู้ตามเนื้อหาที่จะจัดการเรียนรู้ หลังการดำเนินการจัดการ เรียนรู้ในสถานการณ์จริง ควรมีการรวบรวมข้อมูลจากการทดลองการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ และประเมินคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (Dick & Carey, 1996; เรขา อรัญวงศ์, 2543)

5. การปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มี 2 ระยะ คือ

5.1. ก่อนนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ การปรับปรุงรูปแบบการ จัดการเรียนรู้ในระยะนี้ผลการประเมินความเป็นไปได้ในเชิงทฤษฎีเป็นข้อมูลในการปรับปรุง (W. Joyce, 2000; Kelly, 2007; ทศนา เขมมณี, 2560) โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล (Dick & Carey, 1996)

5.2. หลังการนำรูปแบบการสอนไปทดลองใช้ การปรับปรุงรูปแบบการจัดการ เรียนรู้ในระยะนี้อาศัยข้อมูลจากการทดลองใช้เป็นตัวชี้้นำในการปรับปรุง และอาจมีการนำรูปแบบ การจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ และปรับปรุงซ้ำ จนกว่าจะได้ผลเป็นที่น่า (W. Joyce, 2000; Kelly, 2007; ทศนา เขมมณี, 2560) และต้องพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้ให้มีความทันสมัยอยู่เสมอ (Dick & Carey, 1996)

6. เมื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แล้ว อาจจะออกแบบให้ใช้ได้กว้างขวางหรือเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะเจาะจงอย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ (Joyce; & Weil, 2000, p. 176)(W. Joyce, 2000)

จากการศึกษาแนวคิดดังกล่าวร่วมกับกรอบดำเนินการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ผู้วิจัยได้สังเคราะห์จากแนวคิดของนักการศึกษา (Dick & Carey, 1996; W. Joyce, 2000; Kelly, 2007; เรขา อรัญ วงศ์, 2543; ทิศนา แชมมณี, 2560) เป็นกระบวนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเพื่อกำหนดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (Research:R1) เป็นขั้นตอนที่ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเป็นการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และข้อค้นพบจากการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาปัจจุบัน หรือปัญหาจากเอกสารผลการวิจัย และวิเคราะห์ผู้เรียน วิเคราะห์บริบทแวดล้อม วิเคราะห์เป้าหมายการเรียนรู้ เพื่อนำมาพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและการหาประสิทธิภาพรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (Development:D1) เป็นขั้นตอนที่นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาสังเคราะห์กำหนดองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และนำไปทดสอบหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้และการหาประสิทธิผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (Research:R2) เป็นขั้นตอนที่นำขั้นตอนที่ 2 ไปใช้ทดลองกับผู้เรียนเพื่อประเมินหาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ นำข้อมูลมาประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินแก้ไข และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (Development:D₂) เป็นขั้นตอนที่นำผลที่ได้จากการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 3 มาแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นพร้อมนำไปใช้ต่อไป

4.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้

สุมลินดิย์ เกิดหนูวงศ์ (2554: 168-177) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองของผู้เรียนที่เป็นผู้ใหญ่ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์คุณลักษณะการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองของ

ผู้เรียนที่เป็นผู้ใหญ่ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 2) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองของผู้เรียน 3) พัฒนากลยุทธ์ในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองไปปฏิบัติ ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีความคิดเห็นว่าตนเองมีคุณลักษณะการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองเฉลี่ยในระดับปานกลาง คุณลักษณะการยอมรับและเห็นคุณค่าในตนเอง พบว่าอยู่ในระดับมาก แต่ในคุณลักษณะการมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง พบว่าอยู่ในระดับน้อย และ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 1) หลักการและแนวคิด 2) วัตถุประสงค์และเป้าหมาย 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มี 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นการศึกษาวิเคราะห์บริบท ขั้นที่ 2 ขั้นการวางแผนการเรียนรู้ ขั้นที่ 3 ขั้นการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นที่ 4 ขั้นการนำเสนอผลการเรียนรู้ ขั้นที่ 5 ขั้นการประเมินผลการเรียนรู้ 4) กิจกรรมการเรียนรู้ 5) คุณลักษณะของผู้ที่เรียนรู้ด้วยการนำตนเอง 6) บทบาทของผู้เรียนและผู้สอน 7) แหล่งทรัพยากรในการเรียนรู้ 8) การประเมินผลของรูปแบบกลยุทธ์ในการนำรูปแบบไปปฏิบัติ ได้แก่ 1) ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองให้กับผู้เรียน 2) พัฒนาให้ผู้เรียนมีศักยภาพอย่างสมดุล 3) ส่งเสริมค่านิยมในการเรียนรู้เพื่อส่วนรวม 4) พัฒนาแหล่งการเรียนรู้ทั้งในมหาวิทยาลัยและชุมชนท้องถิ่น (สุมนนิตย์ เกิดหนองวงศ์, 2554)

ทิพวรรณ ดวงปัญญา (2557: 80-88) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดประสบการณ์เรียนรู้แบบ MEEC เพื่อส่งเสริมทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. เพื่อศึกษาทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นความต้องการจำเป็นส่งเสริมในเด็กปฐมวัย 2. เพื่อสร้างรูปแบบการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยที่มีประสิทธิภาพ 3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและผลการใช้รูปแบบการจัดประสบการณ์เรียนรู้แบบ MEEC เพื่อส่งเสริมทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยด้วยการขยายผลโดยการนำไปปฏิบัติจริง ผลการวิจัยพบว่า 1. ครูปฐมวัยมีความต้องการทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นความต้องการจำเป็นส่งเสริมในเด็กปฐมวัยมากที่สุด คือ ด้านการสังเกต ด้านการจำแนกประเภทและด้านการสื่อความหมาย ส่วนที่เป็นความต้องการมาก คือ ด้านการลงความเห็นจากข้อมูลด้านการวัดและด้านการพยากรณ์ ครูปฐมวัยคิดว่าทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญมากที่สุดสำหรับเด็กปฐมวัยในการเป็นเครื่องมือเรียนรู้และมีความสำคัญมากสำหรับเด็กปฐมวัยในการเป็นทักษะพื้นฐานของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และผู้เชี่ยวชาญมีความต้องการทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นความต้องการจำเป็นส่งเสริมในเด็กปฐมวัยมากที่สุด คือ ด้านการสังเกต ด้านการจำแนกประเภท ด้านการสื่อความหมาย และด้านการลงความเห็นจากข้อมูล ส่วนที่เป็นความต้องการมาก คือ ด้านการ

พยากรณ์และด้านการวัด ครูปฐมวัยและผู้เชี่ยวชาญคิดว่าทักษะพื้นฐาน ทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญมากที่สุดสำหรับเด็กปฐมวัยในการเป็นเครื่องมือเรียนรู้และเป็นทักษะพื้นฐานของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง 2. รูปแบบการจัดประสบการณ์เรียนรู้แบบ MEEC เพื่อส่งเสริมทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย ประกอบด้วย 1) การสร้างความสนใจ (Motivation) 2) การทดลอง (Experiment) 3) การดึงความรู้ (Extraction) 4) การสรุปความรู้ (Conclusion) ซึ่งครูปฐมวัยและผู้เชี่ยวชาญมีความต้องการรูปแบบการจัดประสบการณ์เรียนรู้ที่ต้องการสร้างความสนใจทำให้เด็กเกิดความใฝ่รู้อยากทำกิจกรรมต้องให้เด็กทดลองค้นหาด้วยตนเองต้องให้เด็กเรียนรู้ และต้องให้เด็กสรุปความรู้ด้วยตนเองนั้นอยู่ระดับมากที่สุด 3. ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดประสบการณ์เรียนรู้แบบ MEEC โดยการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดประสบการณ์เรียนรู้แบบเพื่อส่งเสริมทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย หลังการใช้รูปแบบการจัดประสบการณ์เรียนรู้แบบ MEEC เด็กปฐมวัยมีทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 4. รูปแบบการจัดประสบการณ์เรียนรู้แบบ MEEC เพื่อส่งเสริมทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยตามความคิดเห็นของครูปฐมวัยที่ได้รับการอบรมจัดประสบการณ์เรียนรู้แบบ MEEC เพื่อส่งเสริมทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (ทิพวรรณ ดวงปัญญา, 2557)

นุสรา สกลนุกรกิจ (2559: 94-99) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้การศึกษานอกระบบในประชาคมอาเซียน ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาสภาพ ปัญหา และความต้องการการจัดกระบวนการเรียนรู้การศึกษานอกระบบของสถานศึกษาสังกัดสำนักงานส่งเสริมการศึกษา นอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยในประชาคมอาเซียน 2) เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้การศึกษานอกระบบในประชาคมอาเซียน 3) เพื่อประเมินรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้การศึกษานอกระบบในประชาคมอาเซียน ผลการวิจัยพบว่า ผู้บริหารและครูสังกัดศูนย์การศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัยอำเภอ/เขต มีความต้องการการจัดกระบวนการเรียนรู้การศึกษานอกระบบในประชาคมอาเซียนในภาพรวมในระดับมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลรายด้าน จำนวน 5 ด้าน พบว่า มีระดับความต้องการมากที่สุดทุกด้าน ได้แก่ 1) ด้านการวัดและประเมินผล 2) ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3) ด้านการใช้สื่อ นวัตกรรม และเทคโนโลยี 4) ด้านการจัดกระบวนการ เรียนรู้การศึกษานอกระบบ 5) ด้านเนื้อหา รูปแบบกระบวนการเรียนรู้การศึกษานอกระบบในประชาคมอาเซียนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มี 4 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ความต้องการของ ผู้เรียน (Learner need analysis: L)

ขั้นที่ 2 การปฏิบัติและการประยุกต์ใช้ความรู้ (I : Implementation) ขั้นที่ 3 กระบวนการคิดเป็น (Khit- Pen Process) ขั้นที่ 4 การประเมินผล (Evaluation) เรียกชื่อรูปแบบว่า LIKE MODEL ผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบ โดยใช้กระบวนการสนทนากลุ่ม (Focus Group) โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า รูปแบบมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในระดั้มากที่สุด (นุสรา สกลนุกรกิจ, 2559)

ณัฐกาญจน์ อนันทรวัน (2559: 191-199) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ศิลปะเพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้แบบร่วมมือของผู้เรียนในห้องเรียนรวมระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้น ซึ่งการวิจัยและพัฒนาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ศิลปะเพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้แบบร่วมมือของผู้เรียนในห้องเรียนรวมระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้น 2) ศึกษาผลการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ศิลปะเพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้แบบร่วมมือของผู้เรียนในห้องเรียนรวมระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ศิลปะเพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้แบบร่วมมือในห้องเรียนรวม (ACIModel) มี 8 องค์ประกอบ คือ 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) เนื้อหา 4) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5) การเตรียมสื่อและวัสดุอุปกรณ์ 6) การจัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อม 7) บทบาทครู 8) บทบาทผู้เรียน ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มี 6 ขั้น คือ 1) วิเคราะห์ความสามารถทางศิลปะและจัดกลุ่ม 2) การรับรู้ทางศิลปะและสร้างสรรค์งานศิลปะตามธรรมชาติของแต่ละบุคคล 3) แบ่งปันประสบการณ์ทางศิลปะ 4) ร่วมมือสร้างสรรค์งานศิลปะ 5) ตรวจสอบพฤติกรรมความร่วมมือสร้างสรรค์งานศิลปะและให้ข้อมูลย้อนกลับ 6) แสดงผลงานและวิเคราะห์ผลการร่วมมือสร้างสรรค์งานศิลปะ (ณัฐกาญจน์ อนันทรวัน, 2559)

บริสุทธิธรรม พิมพ์ศิริ (2560: 240-242) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด Constructivism เพื่อส่งเสริมความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษา ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด Constructivism เพื่อส่งเสริมความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษา 2) เพื่อประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด Constructivism เพื่อส่งเสริมความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษา 3) เพื่อขยายผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด Constructivism เพื่อส่งเสริมความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า 1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด Constructivism เพื่อส่งเสริมความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษา มีชื่อว่า JOICE Model มี 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการ เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์

โดยผ่านประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ผู้เรียนได้รับไปเชื่อมโยงกับโครงสร้างความรู้ที่ผู้เรียนมีอยู่ และปรับกระบวนการคิดค้นหาวิธีการต่าง ๆ มาใช้ในการสร้างความเข้าใจจนเกิดเป็นความรู้ที่มีความหมายด้วยตนเอง ทำให้เกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ 2) วัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับชั้นประถมศึกษา ได้แก่ ความสามารถด้านการมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ความสามารถด้านการคิดคำนวณ ความสามารถด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ไปใช้จริงตามศักยภาพ 3) แนวคิด และทฤษฎีแนวคิด constructivism แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ทฤษฎีการเรียนรู้ของกายกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ทฤษฎีของดินส์กับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ทฤษฎีการเรียนรู้ของสกินเนอร์ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์และการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์รูปแบบต่าง ๆ และการประเมินผลการจัดการเรียนรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กัน 4) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ (JOICE Model) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมความพร้อมอย่างสนุกสนาน (Joyful Preparation: J) ขั้นตอนที่ 2 การทำความรู้ให้ชัดเจน (Obvious Knowledge: O) ขั้นตอนที่ 3 การเรียนรู้ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย (Infinite Activities: I) ขั้นตอนที่ 4 การตรวจสอบประสบการณ์การเรียนรู้ (Check Learning Experience: C) ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผลการเรียนรู้ (Evaluate Learning: E) 5) การวัดและประเมินผล มี 2 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 ก่อน/หลังการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ระยะที่ 2 ระหว่างใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2. ประสิทธิภาพการใช้รูปแบบ พบว่า ผู้เรียนมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ 1) ความสามารถด้านมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ 2) ความสามารถด้านการคิดคำนวณ 3) ความสามารถด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 4) ความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาหลังใช้รูปแบบ JOICE Model สูงกว่าก่อนใช้รูปแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3. ผลการขยายผลการใช้รูปแบบ พบว่า ผู้เรียนมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ 1) ความสามารถด้านมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ 2) ความสามารถด้านการคิดคำนวณ 3) ความสามารถด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 4) ความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาหลังใช้รูปแบบ JOICE Model สูงกว่าก่อนใช้รูปแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (บริสุทธิ์ธรรม พิมพ์ศิริ, 2560)

วิทวัส อินทมานนท์ (2560: 156-158) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้วิชาสังคมศึกษาในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษา ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ในวิชาสังคมศึกษาในศตวรรษที่ 21 สำหรับผู้เรียนประถมศึกษา 2) ประเมินประสิทธิผลของผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ในวิชาสังคมศึกษาในศตวรรษที่ 21 สำหรับผู้เรียนประถมศึกษา 3) ขยายผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้วิชาสังคมศึกษาในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า 1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้วิชาสังคมศึกษาในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาที่พัฒนาขึ้นมีชื่อว่า SRDCPT Model มีองค์ประกอบ คือ หลักการ วัตถุประสงค์ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และเงื่อนไขการนำรูปแบบไปใช้ ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มี 6 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นและสร้างทีมร่วมเรียนรู้ (Stimulant and Team Building) ขั้นที่ 2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม (Review of Previous Experience) ขั้นที่ 3 ขั้นพัฒนาความรู้และทักษะพื้นฐาน (Development of Basic Skills) ขั้นที่ 4 ขั้นเสริมสร้างทักษะใหม่ร่วมกัน (Common Generative the New Skills) ขั้นที่ 5 เสนอผลงานเพื่อการอภิปราย (Presentation and Discussion) ขั้นที่ 6 ขั้นประยุกต์ใช้สู่สังคม (Transmission for Social) 2. ผลการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้วิชาสังคมศึกษาในศตวรรษที่ 21 สำหรับผู้เรียนประถมศึกษา พบว่า 2.1) ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้วิชาสังคมศึกษาในศตวรรษที่ 21 หลังเรียนสูงขึ้น 2.2) ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการทดลองใช้สูงกว่าก่อนการทดลองใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 3. ผลการขยายผลรูปแบบ พบว่า การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ผลการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้วิชาสังคมศึกษาในศตวรรษที่ 21 สำหรับผู้เรียนประถมศึกษา ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้วิชาสังคมศึกษาในศตวรรษที่ 21 หลังเรียนสูงขึ้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 รวมทั้งมีความคิดเห็นของครูต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก (วิทวัส อินทมานนท์, 2560)

ธารทิพย์ ขุนทอง (2562: 313-314) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความฉลาดทางสังคมของวัยรุ่น ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความเชื่อมั่นในการสื่อสารภาษาอังกฤษและทักษะชีวิต สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ประกอบด้วย 4 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 การวิจัย (Research: R1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ (Study and Analysis) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการ

จัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความเชื่อมั่นในการสื่อสารภาษาอังกฤษและทักษะชีวิต สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากเอกสาร แนวคิด/ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ผู้อำนวยการสถานศึกษาครู และผู้ปกครอง และการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบบันทึกเอกสาร แบบสัมภาษณ์และแบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ระยะที่ 2 การพัฒนา (Development: D1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการนำผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานมาพัฒนาาร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความเชื่อมั่นในการสื่อสารภาษาอังกฤษและทักษะชีวิต สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สร้างเครื่องมือที่ใช้ประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แล้วดำเนินการศึกษานำร่อง (Pilotstudy) และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ระยะที่ 3 การวิจัย (Research: R2) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความเชื่อมั่นในการสื่อสารภาษาอังกฤษและทักษะชีวิต สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ไปทดลองใช้จริง (Implementation) กับกลุ่มตัวอย่าง และประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ระยะที่ 4 การพัฒนา (Development: D2) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการปรับปรุง(Revision) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความเชื่อมั่นในการสื่อสารภาษาอังกฤษและทักษะชีวิต สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อให้ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือประกอบรูปแบบฉบับสมบูรณ์ และการขยายผล (Dissemination) การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ (ธารทิพย์ ขุนทอง, 2562)

โซคอนันต์ จีงเจริญรัตน์ (2563 :179-180) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสร้างสรรค์อย่างมีวิจารณญาณ สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ประกอบด้วย ระยะที่ 1 การศึกษาคุณลักษณะความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสร้างสรรค์อย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ การศึกษานิยามและองค์ประกอบคุณลักษณะความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสร้างสรรค์อย่างมีวิจารณญาณจากแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) ผู้เชี่ยวชาญเพื่อกำหนดนิยาม องค์ประกอบ และพฤติกรรมบ่งชี้คุณลักษณะความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสร้างสรรค์อย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายและการพัฒนาเครื่องมือการวัดและประเมินผลความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสร้างสรรค์อย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนชั้น

มัธยมศึกษาตอนปลาย ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสร้างสรรค์อย่างมีวิจารณญาณสำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสร้างสรรค์อย่างมีวิจารณญาณ สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และการศึกษานำร่อง (Pilot Study) รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสร้างสรรค์อย่างมีวิจารณญาณ สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ระยะที่ 3 การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสร้างสรรค์อย่างมีวิจารณญาณสำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสร้างสรรค์อย่างมีวิจารณญาณสำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายและการประเมินประสิทธิผลและปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (โชคอนันต์ จีงเจริญรัตน์, 2563)

พิมพ์ตะวัน จันทัน (2563: 217-219) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะความเป็นพลเมืองดิจิทัลสำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี การวิจัยในครั้งนี้ได้ดำเนินการวิจัยโดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะความเป็นพลเมืองดิจิทัลสำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี โดยการจัดทำเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ออนไลน์ โดยดำเนินการ 4 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 การวิเคราะห์คุณลักษณะความเป็นพลเมืองดิจิทัลสำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี (Research: R1) ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะความเป็นพลเมืองดิจิทัลสำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี (Development: D1) ระยะที่ 3 การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะความเป็นพลเมืองดิจิทัลโดยจัดทำเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ออนไลน์ (Research: R2) ระยะที่ 4 ระยะการพัฒนากิจกรรมประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะความเป็นพลเมืองดิจิทัล โดยจัดทำเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ออนไลน์ (Development: D2) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ “TDCDE” เพื่อสร้างคุณลักษณะความเป็นพลเมืองดิจิทัลสำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี มีรายละเอียดลำดับขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 กระตุ้นความคิด (Thought Provoking) เป็นขั้นที่ครูเริ่มมีการเตรียมความพร้อมด้านความรู้แก่ผู้เรียน โดยการให้ผู้เรียนเรียนเกี่ยวกับความรู้ในเรื่องนั้นเพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนการสอนต่อไป ซึ่งขั้นความรู้ทั่วไปนั้นนอกจากความรู้ในด้านเนื้อหาที่จะเรียนแล้วต้องมีความรู้เรื่องการใช้อินเทอร์เน็ตในการหาข้อมูลอย่างถูกต้อง ครูต้องสร้างแรงจูงใจให้เห็นถึงประโยชน์และ

ความสำคัญของการใช้อินเทอร์เน็ตในการค้นคว้าหาข้อมูลและกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการใฝ่รู้อยู่ตลอดเวลา ขั้นที่ 2 สาธิตตัวอย่าง (Demonstration Sample) เมื่อผู้เรียนมีฐานความรู้ เรื่องเนื้อหา และทัศนคติที่ดีเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีแล้ว ครูต้องมีการสาธิตตัวอย่างเพื่อทำให้ผู้เรียนเห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ตัวอย่างที่สาธิตนั้นครูหรือผู้เรียนเป็นผู้สาธิตก็ได้ตามความเหมาะสม ซึ่งระหว่างกระบวนการครูควรกระตุ้นผู้เรียนผ่านการสร้างแรงจูงใจอย่างต่อเนื่อง ขั้นที่ 3 สร้างด้วยตัวเอง (Create by yourself) ครูให้ผู้เรียนลงมือทำด้วยตนเองหรือทำกิจกรรมร่วมกันกับกลุ่มเพื่อนในชั้นเรียนตามที่ครูมอบหมาย เพื่อสร้างการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative) ซึ่งครูควรทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุนการเรียนรู้ กระบวนการนี้จะทำให้ผู้เรียนเริ่มเกิดการสร้างแรงจูงใจภายในตนเองคือการใฝ่เรียนรู้ผ่านการลงมือทำจริง ขั้นที่ 4 ขั้นสร้างชิ้นงานผ่านการเรียนรู้ในการใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาด (Digital Learning intelligent task) ผู้เรียนจะมีการสร้างหรือ construct องค์ความรู้ และสร้างชิ้นงานด้วยตนเองผ่านการใช้อินเทอร์เน็ต ซึ่งกระบวนการนี้จะทำให้เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้และพัฒนาการที่ดีขึ้นเรื่องการใช้เทคโนโลยีอย่างรู้เท่าทันของแต่ละบุคคลในเรื่องของเทคโนโลยี ผ่านการสร้างองค์ความรู้จากกระบวนการที่ผ่านมา ครูต้องบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเพื่อพัฒนาและนำไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป ขั้นที่ 5 ประเมินชิ้นงาน (Evaluating of work piece) ครูและเพื่อนประเมินผลชิ้นงานที่ได้รับมอบหมายที่ผู้เรียนสร้างขึ้นโดยใช้เทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตและสื่อต่าง ๆ ในการค้นคว้าหาข้อมูลมีการวัดประเมินก่อนและหลังเรียน และอภิปรายร่วมกับผู้เรียนเพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (พิมพ์ตะวัน จันทัน, 2563)

ยะยา ยุทธิปัญ (2563: 313-314) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความเชื่อมั่น ในการสื่อสารภาษาอังกฤษและทักษะชีวิตสำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งการดำเนินการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความเชื่อมั่นในการสื่อสารภาษาอังกฤษและทักษะชีวิต สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ประกอบด้วย 4 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 การวิจัย (Research: R₁) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ (Study and Analysis) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความเชื่อมั่นในการสื่อสารภาษาอังกฤษและทักษะชีวิตสำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากเอกสารแนวคิด/ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ผู้อำนวยการสถานศึกษา ครู และผู้ปกครอง และการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบบันทึกเอกสาร แบบสัมภาษณ์ และแบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ระยะที่ 2 การพัฒนา (Development: D₁) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการนำผล

การศึกษาข้อมูลพื้นฐานมาพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความเชื่อมั่นในการสื่อสารภาษาอังกฤษและทักษะชีวิตสำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สร้างเครื่องมือที่ใช้ประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แล้วดำเนินการศึกษานำร่อง (Pilot study) และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ 3 การวิจัย (Research: R₂) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความเชื่อมั่นในการสื่อสารภาษาอังกฤษและทักษะชีวิตสำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ไปทดลองใช้จริง (Implementation) กับกลุ่มตัวอย่าง และประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (ยะยา ยุทธิปูน, 2563)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า งานวิจัยข้างต้นใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ประกอบด้วย 4 ระยะ ดังนี้ ระยะเวลาที่ 1 ศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการการจัดการกระบวนการเรียนรู้ วิเคราะห์คุณลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียน และข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นการนำผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานมาพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ และหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ 3 การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้และการประเมินประสิทธิผลและปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และระยะเวลาที่ 4 การปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือประกอบรูปแบบฉบับสมบูรณ์ และการขยายผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 1) หลักการและแนวคิด 2) วัตถุประสงค์และเป้าหมาย 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4) กิจกรรมการเรียนรู้ 5) คุณลักษณะของผู้ที่เรียนรู้ 6) บทบาทของผู้เรียนและผู้สอน 7) การจัดบรรยากาศสภาพแวดล้อม และแหล่งทรัพยากรในการเรียนรู้ 8) การประเมินผลของรูปแบบกลยุทธ์ในการนำรูปแบบไปปฏิบัติ และมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มี 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นการศึกษาวิเคราะห์และการวิเคราะห์ความต้องการของผู้เรียน ขั้นที่ 2 ขั้นการวางแผนการเรียนรู้ ขั้นที่ 3 ขั้นการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย และสร้างชิ้นงานผ่านการเรียนรู้ ขั้นที่ 4 ขั้นสรุปความรู้ และนำเสนอผลการเรียนรู้หรือนำเสนอผลงานเพื่อการอภิปราย และขั้นที่ 5 ขั้นการประเมินผลการเรียนรู้

5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

5.1 ความหมายของความพึงพอใจ

พจนานุกรมฉบับบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2542 (2546) ได้แปลความหมายของคำว่า “พึง” แปลว่า “ควร” เช่น พึงใจ หมายความว่า พอใจ, ชอบใจ และได้แปลความหมายของคำว่า “พอ” แปลว่า เท่าที่ต้องการ ควรแก่ความต้องการ เต็มความต้องการ และนำคำมารวมกันเป็นคำว่า “พึงพอใจ” จะแปลว่า รัก, ชอบใจ (พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน, 2546)

นักการศึกษาและจิตวิทยาได้ให้ความหมายของคำว่า “ความพึงพอใจ” สามารถสรุปได้ดังนี้

เท็ดคัทดี เดซคิง (2542: 148) ให้ความหมายของ “ความพึงพอใจ” ไว้ว่า ความพึงพอใจสามารถเกิดได้จากความคาดหวังและการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งสองสิ่ง (เท็ดคัทดี เดซคิง, 2542)

กาญจนา อรุณสุขขุจี (2546: 5) ให้ความหมายของ “ความพึงพอใจ” ไว้ว่าความพึงพอใจของมนุษย์เป็นการแสดงออกทางพฤติกรรมที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปธรรมได้ บุคคลใดจะมีความพึงพอใจหรือไม่พึงพอใจ สามารถสังเกตได้จากการแสดงออกที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน และต้องมีสิ่งเร้าโดยตรงต่อความต้องการของบุคคลนั้น จึงทำให้เกิดความพึงพอใจต่อบุคคลนั้น (กาญจนา อรุณสุขขุจี, 2546) ซึ่งมีความสอดคล้องกับ วรูม (Vroom, 1964: 99) ได้กล่าวว่า ผลที่ได้จากบุคคลเข้าไปมีส่วนร่วมในสิ่งนั้น ทัศนคติเชิงบวกจะแสดงออกเป็นสภาพความพึงพอใจในสิ่งนั้น และทัศนคติด้านลบจะแสดงออกเป็นสภาพความไม่พึงพอใจต่อสิ่งนั้นด้วย และส่งผลทำให้บุคคลเหล่านั้นมีความรู้สึกเปลี่ยนแปลงไป (Vroom, 1964) ซึ่งมีความสอดคล้องกับ Colman (2015) ได้กล่าวว่า เมื่อได้รับความสำเร็จตามความมุ่งหมาย ความรู้สึกที่เกิดขึ้นคือ มีความสุข (Colman, 2015)

จากการศึกษาความหมายของความพึงพอใจ สามารถสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ (Satisfaction) เป็นทัศนคติเชิงนามธรรมที่เกี่ยวข้องกับสภาพจิตใจ อารมณ์ ความรู้สึก ของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปธรรมได้ ความพึงพอใจเป็นทัศนคติเชิงบวกของบุคคล ที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง อาจเกิดขึ้นจากความคาดหวัง หรือเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อต้องการสิ่งนั้น ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการให้แก่บุคคลได้ และสามารถเปลี่ยนแปลงได้

5.2 แนวคิดและทฤษฎีความพึงพอใจ

Kotler; & Armstrong (2014) ได้เสนอแนวคิดไว้ว่าพฤติกรรมของมนุษย์ที่เกิดขึ้นต้องมีแรงจูงใจ (motive) หรือแรงขับเคลื่อน (drive) ความต้องการที่มากพอที่จะสร้างแรงจูงใจให้บุคคลเกิดพฤติกรรมเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของตนเอง ความต้องการของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน

กัน ซึ่งความต้องการอาจจะเป็นความต้องการทางชีววิทยา(biological) ที่เกิดขึ้นมาจากสภาวะที่ตึงเครียด เช่น ความลำบาก หรือความหิวกระหาย ซึ่งเป็นความต้องการทางจิตวิทยา (psychological) ที่เกิดขึ้นจากความต้องการ(need) การยอมรับ (recognition) การยกย่อง (esteem) หรือการเป็นเจ้าของทรัพย์สิน (belonging) ความต้องการจะกลายเป็นแรงจูงใจ เมื่อได้รับการกระตุ้นที่มากพอจนเกิดความตึงเครียด (Armstrong, Adam, Denize, & Kotler, 2014)

Maslow. (1998) ได้เสนอแนวคิดข้อสมมติพื้นฐานเกี่ยวกับความพึงพอใจ ไว้ดังนี้

1. มนุษย์มีความต้องการ และเป็นความต้องการที่ไม่มีที่สิ้นสุด
2. ความต้องการจะมีความสำคัญที่แตกต่างกัน มนุษย์จึงจะสามารถเรียงลำดับ

ความสำคัญของความต้องการได้ (Hierarchy of needs)

3. บุคคลจะแสวงหาความต้องการที่สำคัญที่สุดก่อน
4. เมื่อบุคคลได้สิ่งที่ต้องการแล้ว ความจำเป็นในสิ่งนั้นจะหมดไป
5. บุคคลจะเริ่มสนใจในความต้องการสำคัญอย่างอื่น ๆ ต่อไป (Maslow, 1998)

ตามทฤษฎีของมาสโลว์ ซึ่งได้จัดประเภทความต้องการพื้นฐาน 5 ระดับ โดยมนุษย์จะถูกกระตุ้นให้เติมเต็มความต้องการชั้นพื้นฐานในลำดับต้นก่อน และจะมีการพัฒนาความต้องการนี้ออกไป จากด้านล่างสู่ด้านบน คือ

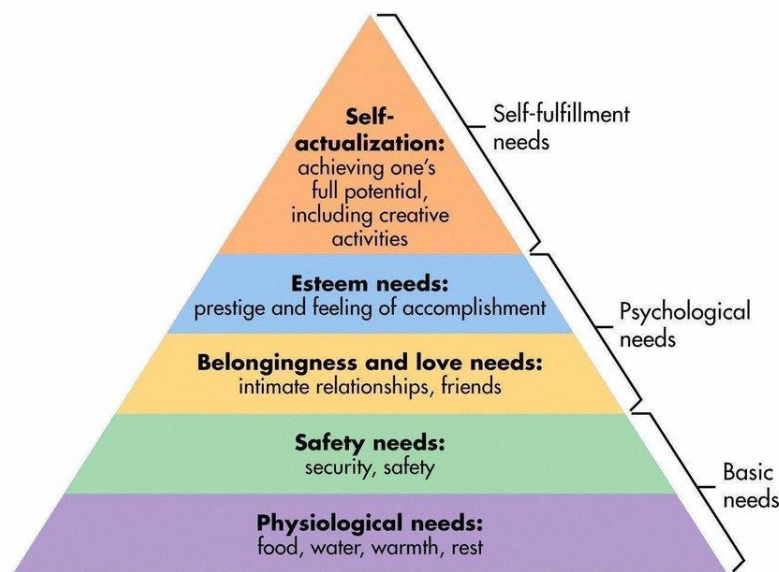
5.1 ความต้องการทางกายภาพ (Physiological needs) ความต้องการพื้นฐานของมนุษย์เพื่อที่จะดำรงชีวิต

5.2 ความต้องการความปลอดภัย (Safety needs) เป็นความต้องการที่มีความซับซ้อนมากขึ้น มนุษย์อยากควบคุมและดูแลสิ่งต่างๆ ในชีวิต

5.3 ความต้องการด้านสังคม (Social needs) หรือความต้องการความรักและการยอมรับ

5.4 ความต้องการการเคารพยกย่อง (Esteem needs) เป็นความต้องการการยกย่องส่วนตัว ความนับถือและสถานะจากสังคม

5.5 ความต้องการประสบความสำเร็จสูงสุดในชีวิต (Self-actualization needs) เป็นความต้องการสูงสุดของแต่ละบุคคล



ภาพประกอบ 7 จัดประเภทความต้องการพื้นฐาน 5 ระดับของ Maslow Economic Theory
(Edward, 2000)

Herzberg. (2017) ได้ศึกษาทฤษฎีจูงใจค้ำจุน (Motivation Maintenance Theory) หรือ ทฤษฎีจูงใจสุขอนามัย (Motivation Hygiene Theory) เป็นทฤษฎีที่อธิบายถึงปัจจัยสำคัญ 2 ปัจจัย ที่มีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจและไม่พึงพอใจในการปฏิบัติงาน ซึ่งได้แก่ ปัจจัย จูงใจ (Motivation Factor) และปัจจัยค้ำจุน (Hygiene Factor) (Herzberg, 2017)

1. ปัจจัยจูงใจ (Motivation Factor) เป็นปัจจัยโดยตรงที่เกี่ยวกับการปฏิบัติงานที่จูงใจให้บุคคลในองค์กรเกิดความพึงพอใจ และปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ปัจจัยจูงใจมี 5 ประการคือ

- 1.1 ความสำเร็จของงาน (Achievement)
- 1.2 การได้รับการยอมรับนับถือ (Recognition)
- 1.3 ความก้าวหน้าในตำแหน่งการงาน (Advancement)
- 1.4 ลักษณะงานที่ปฏิบัติ (Work Itself)
- 1.5 ความรับผิดชอบ (Responsibility)

2. ปัจจัยค้ำจุน (Hygiene Factor) เป็นปัจจัยที่จะค้ำจุนให้เกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของบุคคล ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็น เนื่องจากถ้าไม่มีปัจจัยค้ำจุน บุคคลในองค์กรอาจจะเกิดความไม่พึงพอใจในการปฏิบัติงานด้วย ปัจจัยค้ำจุน 10 ประการ คือ

2.1 นโยบาย และการบริหารงานของหน่วย (Company Policy and Administration)

2.2 โอกาสที่จะได้รับความก้าวหน้าในอนาคต (Possibility Growth)

2.3 ความสัมพันธ์ส่วนตัวกับผู้บังคับบัญชา ผู้ใต้บังคับบัญชา เพื่อนร่วมงาน (Interpersonal Relation to Superior, Subordinate, Peer)

2.4 เงินเดือน (Salary)

2.5 สถานะของอาชีพ (Occupation)

2.6 ความเป็นอยู่ส่วนตัว (Personnel Life)

2.7 ความมั่นคงในงาน (Security)

2.8 สถานการณ์การทำงาน (Working Conditions)

2.9 เทคนิคของผู้บังคับ (Supervisor Technical)

2.10 ความเป็นอยู่ส่วนตัว (Personal Life)

Rossman & Morley (1995) ได้กล่าวถึงแนวคิดที่เกี่ยวกับความพึงพอใจไว้ว่าเป็นความรู้สึกสองแบบของมนุษย์ คือ ความรู้สึกในทางบวกและความรู้สึกในทางลบ ซึ่งความรู้สึกในทางบวกเป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นแล้วจะทำให้ความรู้สึกที่มีเป็นระบบ ย้อนกลับและความสุขนี้สามารถทำให้เกิดความสุขหรือความรู้สึกทางบวกเพิ่มขึ้นอีกได้ กล่าวคือความสุขเป็นความรู้สึกที่ซับซ้อนและมีความสุขนี้จะมีผลต่อบุคคลมากกว่าความรู้สึกในทางบวกอื่น ๆ โดยความรู้สึกทางลบ ความรู้สึกทางบวกและความสุขมีความสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อนและเป็นระบบ ซึ่งความสัมพันธ์ของความรู้สึกเรียกว่า “ระบบความพึงพอใจ” (Rossman & Morley, 1995)

ศุภสิริ โสมาเกตต์ (2544: 53) ได้กล่าวถึงการดำเนินการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน ว่าความพึงพอใจเป็นสิ่งสำคัญที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนทำงานที่ได้รับมอบหมาย หรือที่ต้องการปฏิบัติให้บรรลุผลตามจุดประสงค์ ผู้สอนต้องคำนึงถึงความพอใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยมีแนวคิดพื้นฐาน ดังนี้

1. ความพึงพอใจส่งผลต่อการปฏิบัติงาน การตอบสนองความต้องการของผู้ปฏิบัติงานจึงเกิดความพึงพอใจ จึงทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการตอบสนองความต้องการ

2. ผลการปฏิบัติงาน นำไปสู่ความพึงพอใจ ความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจและผลการปฏิบัติงานจะถูกเชื่อมโยงด้วยปัจจัยอื่นๆ กล่าวคือผลของการปฏิบัติงานที่ดีจะนำไปสู่ผลตอบแทนที่เหมาะสม และตอบสนองความพึงพอใจ ผลการปฏิบัติงานย่อมได้รับการ

ตอบสนองในรูปของรางวัลหรือผลตอบแทนซึ่งแบ่งออกเป็น ผลตอบแทนภายใน และผลตอบแทนภายนอก (ศุภสิริ โสมาเกตต์, 2544)

จากแนวคิดและทฤษฎีความพึงพอใจพื้นฐานดังกล่าว ผู้วิจัยในฐานะผู้สอนสามารถนำมาปรับใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอน โดยผู้สอนต้องมีบทบาทสำคัญในการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ เพื่อตอบสนองความพึงพอใจให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการเรียนรู้จนบรรลุวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอน โดยให้ผู้เรียนได้รับผลตอบแทนจากการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง โดยเฉพาะผลตอบแทนภายใน หรือรางวัลภายในที่เป็นความรู้สึกของผู้เรียน เช่น ความรู้สึกสำเร็จ เมื่อสามารถเอาชนะความยุ่งยากทำให้เกิดความภาคภูมิใจ ความมั่นใจ โดยครูผู้สอนให้ผลตอบแทนภายนอก เช่น คำชมเชย หรือการให้คะแนนในระดับที่น่าพึงพอใจ

5.3 องค์ประกอบของความพึงพอใจ

อนิรุทธ์ สติมัน (2550: 125) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความพึงพอใจ 3 ประการไว้ดังนี้

1. อารมณ์ตอบสนองต่อสถานการณ์ทำงานนั้น
2. อารมณ์ตอบสนองต่อการเปรียบเทียบผลตอบแทนจริงจากการทำงานกับผลตอบแทนตามความคาดหวัง

3. อารมณ์ตอบสนองที่มีต่อลักษณะต่างๆ ของงานนั้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. (2555: 6) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความพึงพอใจไว้ดังนี้

1. องค์ประกอบด้านความรู้สึก (Affective Component) เป็นลักษณะทางความรู้สึก หรืออารมณ์ของบุคคล องค์ประกอบด้านความรู้สึกมี 2 ลักษณะ คือ ความรู้สึกทางบวก และความรู้สึกทางลบ

2. องค์ประกอบด้านความคิด (Cognitive Component) คือ การที่สมองของบุคคลรับรู้และวินิจฉัยข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับเกิดความคิดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ องค์ประกอบทางความคิดเกี่ยวข้องกับการพิจารณาของทัศนคติว่าถูกหรือไม่ถูก

3. องค์ประกอบด้านพฤติกรรม (Behavior Component) เป็นองค์ประกอบที่พร้อมที่จะทำหรือพร้อมที่จะตอบสนองต่อที่มาของทัศนคติ

Gilmer, (1971: 280-283) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่มีผลต่อความพึงพอใจในการปฏิบัติงานไว้ 10 ประการ ไว้ดังนี้

1. ลักษณะของงานที่ทำ (Intrinsic aspects of the Job) เป็นองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับความรู้ความสามารถของผู้ปฏิบัติ หากได้ปฏิบัติงานตามที่ถนัดจะเกิดความพอใจ
2. การนิเทศงาน (Supervision) เป็นองค์ประกอบที่มีส่วนสำคัญให้ผู้ปฏิบัติงานมีความรู้สึกพอใจหรือไม่พอใจต่องาน และการนิเทศงานที่ไม่ดีอาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการขาดงานและลาออกจากงานได้
3. ความมั่นคงในงาน (Security) เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับ ความมั่นคงในการทำงาน ได้ปฏิบัติงานตามหน้าที่อย่างเต็มความสามารถ การได้รับความเป็นธรรมจากผู้บังคับบัญชา
4. เพื่อนร่วมงานและการดำเนินงานภายใน (Company and Management) เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับ ความพอใจที่มีต่อเพื่อนร่วมงาน ชื่อเสียง และการดำเนินงานภายในขององค์กร
5. สภาพการทำงาน (Working Condition) เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับ สภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงานเช่น แสง เสียง อากาศ ห้องอาหาร ห้องน้ำ ชั่วโมงการทำงาน มีงานวิจัยหลายเรื่องที่แสดงว่าสภาพการทำงานมีความสำคัญสำหรับผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย
6. ค่าจ้าง (Wages) เป็นองค์ประกอบที่อาจจะก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจมากกว่าความพึงพอใจ
7. ความก้าวหน้าในการทำงาน (Advancement) เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการได้เลื่อนตำแหน่งสูงขึ้น การได้รับสิ่งตอบแทนจากความสามารถในการปฏิบัติงาน
8. ลักษณะทางสังคม (Social aspect of The Job) เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความต้องการเป็นส่วนหนึ่งของสังคม หรือการให้สังคมยอมรับตน ซึ่งจะก่อให้เกิดขึ้นทั้งความพึงพอใจและความไม่พอใจได้
9. การติดต่อสื่อสาร (Communication) เป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญซึ่งเกี่ยวข้องกับการรับ-ส่ง ข้อมูลสารสนเทศ คำสั่ง การทำรายงาน การติดต่อทั้งภายในและภายนอกหน่วยงาน
10. ผลตอบแทนที่ได้จากการทำงาน (Benefits) เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับเงินบำเหน็จตอบแทนเมื่อออกจากงาน การบริหารและการรักษาพยาบาล สวัสดิการ อาหาร ที่อยู่ อาศัย วันหยุดพักผ่อนต่าง ๆ เป็นต้น (Gilmer. B. V, 1971)

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นระหว่างผู้สอนและผู้เรียน จะเกิดขึ้นโดยมีความรู้สึก อารมณ์ ทั้งทางบวกและทางลบของผู้เรียนเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้เรียน ได้แก่ สภาพแวดล้อมในห้องเรียน การได้รับความชื่นชมจากสังคม และการได้รับผลตอบแทนในรูปแบบของคะแนนที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากผู้สอน เป็นต้น

5.4 กระบวนการและรูปแบบของความพึงพอใจ

อนิรุทธ์ สติมัน (2550: 107) ได้กล่าวถึง กระบวนการ รูปแบบและปัจจัยที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจไว้ โดยอ้างถึง โคทเลอร์ (Kotler. 1994) ซึ่งได้กล่าวถึงกระบวนการของการสร้างความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานว่าถ้าผู้ปฏิบัติงานมีแรงจูงใจมากจะมีความพยายาม และถ้ามีความพยายามมากจะปฏิบัติงานได้มาก ทำให้ได้ผลตอบแทนมากขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่ความพึงพอใจในการปฏิบัติงานมากยิ่งขึ้น

Frederick (อนิรุทธ์ สติมัน. 2550: 107 อ้างถึงใน Frederick. 1999) ได้เสนอทฤษฎีการจูงใจว่า ปัจจัยทำให้เกิดความพึงพอใจในงานและปัจจัยที่ทำให้เกิดความไม่พึงพอใจในงานนั้นแตกต่างกันและไม่มีความสัมพันธ์กัน Hygiene Factors เป็นองค์ประกอบที่ทำให้บุคคลไม่เกิดความไม่พึงพอใจในงาน และ Motivation Factors เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับงานที่ปฏิบัติ มีผลต่อความพึงพอใจในงานโดยตรง และมีผลต่อการเพิ่มหรือลดผลผลิตของงาน

สรุปได้ว่า กระบวนการและรูปแบบความพึงพอใจขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล ซึ่งจะแบ่งไปด้วยความคาดหวัง ความปรารถนาที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายและความต้องการโดยที่ความพื่อนั้นจะต้องมีความรู้สึกที่อิสระในการทำมีโอกาเลือก และให้ผลตอบแทนกับความต้องการ

5.5 วิธีการสร้างความพึงพอใจ

Whitehead. (1976: 1-41) ได้กล่าวถึงวิธีการสร้างความพึงพอใจ โดยกล่าวถึง จังหวะของการศึกษาและขั้นตอนของการพัฒนา 3 ขั้น คือ จุดยืน จุดแย้ง และจุดปรับ โดยได้ปรับคำให้เกี่ยวข้องกับการศึกษาคือ การสร้างความพอใจ การทำความเข้าใจ และการนำไปใช้ ใน การเรียนรู้ ให้เป็นไปตาม 3 ขั้น ได้แก่

1. การสร้างความพอใจ คือ นักเรียนรับสิ่งใหม่ ๆ ที่มีความตื่นเต้น พึงพอใจในการได้พบสิ่งใหม่
2. การทำความเข้าใจ คือ มีการจัดระเบียบให้คำจำกัดความ มีการกำหนดขอบเขตที่ชัดเจน
3. การนำไปใช้ คือ นำสิ่งใหม่ที่ได้มาไปจัดสิ่งใหม่ ๆ ที่เข้ามา

Whitehead ได้กล่าวถึง การสร้างภูมิปัญญาในระบบการศึกษา ไว้ว่า การใช้วิธีการฝึกทักษะอย่างง่าย ๆ แล้วคาดเดาว่าจะทำให้เกิดภูมิปัญญาได้ วิทยาการที่จัดไว้อย่างมีระบบ ดังนั้น เสรีภาพและวิทยาการ เป็นสาระสำคัญสองประการของการศึกษา ประกอบขึ้นเป็นวงจรการศึกษา 3 จังหวะ คือ เสรีภาพ-วิทยาการ-เสรีภาพ ซึ่งเสรีภาพในจังหวะแรกคือ ขั้นตอนของการสร้างความพอใจ วิทยาการในจังหวะที่สองคือ ขั้นทำความเข้าใจ และเสรีภาพในจังหวะสุดท้ายคือ ขั้นการนำไปใช้ โดยสามารถนำ 3 จังหวะ มาใช้อธิบายวงจรของบุคคลตามช่วงอายุ จะสามารถแบ่งเป็นระดับ ได้ดังนี้ ตั้งแต่เกิด จนถึงอายุ 13 หรือ 14 ปี เป็นขั้นของความสนใจ ช่วงอายุ 14 – 18 ปี เป็นขั้นของการค้นหาความกระจ่าง และช่วงอายุ 18 ปี ขึ้นไป เป็นขั้นของการนำไปใช้ (Whitehead, 1976)

Bloom. (1976: 49-50) ได้กล่าวถึงวิธีการสร้างความพึงพอใจว่า สามารถจัดให้ผู้เรียนได้ทำพฤติกรรมตามที่ผู้เรียนต้องการ ผู้เรียนทุกคนได้ทราบและรับรู้สำหรับกิจกรรมที่ผู้เรียนได้เลือกด้วยความกระตือรือร้น ผู้สอนสามารถเห็นความแตกต่างของความพร้อมทางด้านจิตใจได้ชัดเจนจากการปฏิบัติของผู้เรียนต่อชิ้นงานในรายวิชาที่เป็นรายวิชาบังคับกับรายวิชาเลือก การที่ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น มีความพึงพอใจ และมีความสนใจเมื่อเริ่มเรียน จะทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและประสบความสำเร็จสูง (Bloom, 1976)

จากการศึกษาวิธีการสร้างความพึงพอใจ สามารถสรุปว่า การสร้างความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนควรคัดสรร กลวิธีหรือกระบวนการสอนที่สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียน ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับกระบวนการเรียนการสอนตามความสนใจของผู้เรียน โดยมีผู้สอนเป็นผู้ให้คำชี้แนะ

5.5 การวัดความพึงพอใจ

อนิรุทธ์ สติมัน (2550: 108) ได้กล่าวถึงการวัดความพึงพอใจว่า มาตรวัดความพึงพอใจสามารถทำการวัดได้หลายวิธี ได้แก่

1. การใช้แบบสอบถาม เพื่อต้องการทราบความคิดเห็น ซึ่งสามารถทำได้ในลักษณะที่กำหนดคำตอบให้เลือก หรือตอบคำถามอิสระ
2. การสัมภาษณ์ เป็นวิธีวัดความพึงพอใจทางตรง ที่ต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดีจึงจะได้ข้อมูลที่แท้จริงได้
3. การสังเกต เป็นวิธีการวัดความพึงพอใจโดยสังเกตพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมาย วิธีดังกล่าวจะต้องใช้การปฏิบัติอย่างจริงจัง และการสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2545: 22-73) ได้กล่าวถึงการวัดความพึงพอใจว่า การสร้างแบบสอบถามการวัดความพึงพอใจ หรือวัดทัศนคติที่มีหลายวิธี ดังนี้

1. การวัดทัศนคติโดยใช้วิธี Likert method เป็นกระบวนการสร้างแบบสอบถามโดยการสร้างข้อความ (Attitude statements) ซึ่งเป็นข้อความที่ครอบคลุมหัวข้อที่จะศึกษา โดยการตอบแบบสอบถามนี้มีข้อให้เลือก 5 ข้อ คือ 1) เห็นด้วยอย่างมาก 2) เห็นด้วย 3) ไม่แน่ใจ 4) ไม่เห็นด้วย และ 5) ไม่เห็นด้วยอย่างมาก การให้ค่าคะแนนขึ้นอยู่กับชนิดของข้อความที่เป็นข้อความเชิง positive หรือ negative statement

2. การวัดทัศนคติโดยใช้วิธี Equai-A appearing intervals เป็นวิธีการที่สร้างขึ้นโดย Thurstone มีขั้นตอนในการสร้างสเกลวัดทัศนคติ ดังนี้ สร้างข้อความหรือประโยค (Statement or items) ที่เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการว่าจะวัดอะไร ซึ่งอาจจะได้มาจากข้อมูลการทำโครงการทดลองหรือบทความ งานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ที่แสดงให้เห็นว่าข้อความจะเป็นข้อความแทนความรู้สึกที่มีต่อ วัตถุ สิ่งของ บุคคล หรือสถานการณ์ที่ต้องการจะวัดทัศนคติ

3. การวัดทัศนคติโดยใช้วิธี Semantic Differential เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความคิดรวบยอด ซึ่งเป็นการศึกษาถึงความหมาย ตามความคิดเห็นของกลุ่มที่จะศึกษา โดยทั่วไปจะประกอบด้วยข้อความให้เลือก 7 ข้อ ให้กลุ่มตัวอย่างที่จะศึกษาประเมินค่า (rate) แบบสอบถามแบบนี้เป็นแบบสเกล โดยการให้ผู้ตอบประเมินค่ามาก/น้อย และสามารถวัดความคิดเห็น ความรู้สึก หรือทัศนคติของบุคคลได้ และสามารถจะเปรียบเทียบทัศนคติได้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545)

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543: 60-63) ได้กล่าวถึงเครื่องมือวัดความพึงพอใจไว้ ดังนี้

1. สัมภาษณ์ (Interview) คือ การมีปฏิสัมพันธ์ผ่านการพูดคุย สื่อกันอย่างมีจุดมุ่งหมาย โดยผู้สัมภาษณ์ที่ดีต้องมีลักษณะที่เป็นผู้ฟังมากกว่าผู้พูด โดยยึดตามวัตถุประสงค์ที่จะวัดและบันทึกได้อย่างถูกต้อง ลักษณะของการสัมภาษณ์ที่ดีต้องเป็นการกระตุ้นให้ผู้ถูกสัมภาษณ์อยากที่จะตอบและให้คำตอบที่เหมาะสม คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ควรมีความเชื่อมั่นสูง และสามารถนำไปขยายอิงสู่เหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกันได้

2. การสังเกต (Observation) คือ การเฝ้าสังเกตอย่างมีจุดมุ่งหมาย เครื่องมือของการสังเกต คือ หูและตา หรือสังเกตการณ์จากบันทึก โดยมีข้อรายการ (Checklist) ในการสังเกต

3. การรายงานตนเอง (Self-report) คือ เครื่องมือแบบที่ต้องการให้ผู้ถูกสอบ แสดงความรู้สึกของตนเองตามข้อความ ข้อคำถาม หรือเป็นภาพ ที่ได้สัมผัส แบบทดสอบหรือ มาตรฐานที่ถือว่าเป็นแบบที่มาตรฐาน (Standard form) ตามแนวการสร้างแบบทดสอบของเทอร์ สโตน (Thurstone) กัตแมน (Guttman) ลิเคิท (Likert) และออสกูต (Osgood)

4. เทคนิคจินตนาการ (Projective techniques) คือ การสร้างสถานการณ์ที่ไม่มี โครงสร้างที่แน่นอนไปกระตุ้นผู้สอบ เพื่อให้ผู้สอบจินตนาการตามประสบการณ์เดิมของผู้สอบ โดย ผู้สอบแต่ละคนจะแสดงออกมาไม่เหมือนกัน

5. การวัดทางสรีระภาพ (Physiological measurement) คือ การวัดโดยใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้า หรือเครื่องมืออื่นๆ ในการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงสภาพร่างกาย (ล้วน สายยศ; อังคณา สายยศ, 2543)

สรุปได้ว่าการศึกษาเรื่องการวัดความพึงพอใจสามารถทำการวัดความพึงพอใจได้ หลากหลายวิธี โดยตามความเหมาะสมของวัตถุประสงค์ของผู้วัด โดยอาจจะแบบวัดในรูปแบบของ แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ และการสังเกตพฤติกรรมได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัย เรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) ศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 2) เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 3) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 4) เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Research: R₁)

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาและการศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Development: D₁)

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้และการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Research: R₂)

ขั้นตอนที่ 4 การแก้ไข และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Development: D₂)

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Research:R₁)

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาและวิเคราะห์การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ความหมาย และวิเคราะห์แนวคิดและองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จากตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และตรวจสอบยืนยันข้อมูลโดยผู้เชี่ยวชาญ

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยระยะนี้เป็นผู้เชี่ยวชาญ ที่ผู้วิจัยเลือกแบบเจาะจง โดยกำหนดจำนวนผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีคุณสมบัติ ดังนี้

- 1.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ศึกษา หรือด้านการจัดการเรียนรู้ คณิตศาสตร์
- 1.2 ประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หรือการวัดและ ประเมินผลเป็นเวลา 5 ปีขึ้นไป
- 1.3 มีคุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก หรือมีตำแหน่งทางวิชาการตั้งแต่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขึ้นไป

2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) แบบวิเคราะห์เอกสาร ผู้วิจัยศึกษาขั้นตอนการสร้างแบบวิเคราะห์เอกสารและ ร่างแบบวิเคราะห์เอกสารแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนนำ ได้แก่ ชื่อเอกสาร ชื่อผู้แต่ง ปีที่พิมพ์ สถานที่พิมพ์ และ 2) ส่วนวิเคราะห์ ได้แก่ สารสำคัญ สรุปประเด็นสำคัญเกี่ยวกับองค์ประกอบ ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ นำแบบวิเคราะห์เอกสารฉบับร่างให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ตรวจสอบความถูกต้อง และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำให้เป็นแบบวิเคราะห์เอกสารที่สมบูรณ์ แล้วนำไปวิเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

2) แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิง คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยศึกษาขั้นตอนการสร้างแบบประเมิน ความเหมาะสมและสร้างแบบประเมินความเหมาะสม เป็นมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ ใช้วิธี ของ ลิเกิร์ต (Likert) โดยมีประเด็นในการพิจารณา ได้แก่ ความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัว บ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ นำแบบประเมินความเหมาะสมฉบับร่างให้อาจารย์ที่ปรึกษา ปริญญาโทตรวจสอบความถูกต้องในด้านเนื้อหา และภาษา นำข้อเสนอแนะมาปรับแก้ไขตาม

คำแนะนำ แล้วนำมาสร้างเป็นแบบประเมินความเหมาะสมฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ต่อไป

4. ขั้นตอนการวิจัย

1) ศึกษาและวิเคราะห์การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย แนวคิด และองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบวิเคราะห์เอกสาร ผลการศึกษาพบว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบหลัก 19 องค์ประกอบย่อย 19 ตัวบ่งชี้

2) นำผลจากการศึกษาและวิเคราะห์การคิดเชิงคณิตศาสตร์ มาตรวจสอบยืนยันข้อมูล โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประเมินความเหมาะสม โดยแบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ ใช้วิธีของลิเกิร์ต (Likert) ตามความคิดเห็น ดังนี้

ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นที่เหมาะสมอย่างยิ่ง	ได้คะแนนเป็น 4
ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นที่เหมาะสมมาก	ได้คะแนนเป็น 3
ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นที่เหมาะสมน้อย	ได้คะแนนเป็น 2
ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นที่เหมาะสมน้อยที่สุด	ได้คะแนนเป็น 1

ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญนำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ แปลความหมายตามเกณฑ์ ดังนี้ (มาเรียม นิลพันธุ์, 2555: 196)

ค่าเฉลี่ยของคะแนน 3.50-4.00 หมายถึง	มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง
ค่าเฉลี่ยของคะแนน 3.00-3.49 หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยของคะแนน 2.00-2.99 หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ยของคะแนน 1.00-1.99 หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ความเหมาะสมของการคิดเชิงคณิตศาสตร์จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ จะต้องมียุทธศาสตร์ตั้งแต่ 3.00 ขึ้นไป หรือมีความเหมาะสมมากขึ้นไป จึงจะถือว่าองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์มีความเหมาะสม

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) วิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) จากแบบวิเคราะห์เอกสาร
- 2) หาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากผู้เชี่ยวชาญในภาพรวม พบว่า มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ($\bar{x} = 3.83$, S.D.=0.45)

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาและการศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Development:D₁)

2.1 การออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อให้ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีรายละเอียด ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยระยะนี้เป็นผู้เชี่ยวชาญ ที่ผู้วิจัยเลือกแบบเจาะจง โดยกำหนดจำนวนผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีคุณสมบัติ ดังนี้

- 1.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หรือการวัดและประเมินผล
- 1.2 ประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หรือการวัดและประเมินผลเป็นเวลา 5 ปีขึ้นไป
- 1.3 มีคุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก หรือมีตำแหน่งทางวิชาการตั้งแต่ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขึ้นไป

2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตัวแปรตาม ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

- 1) แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยศึกษาขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความเหมาะสมและสร้างแบบประเมินความเหมาะสม เป็นมาตรา

ส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ใช้วิธีของลิเกิร์ต (Likert) โดยมีประเด็นในการพิจารณา ได้แก่ ความเหมาะสมขององค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ นำแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่างให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทตรวจสอบความถูกต้อง และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำให้เป็นประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ต่อไป

2) แบบประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยศึกษาขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความสอดคล้องและสร้างแบบประเมินความสอดคล้อง เป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ใช้วิธีของลิเกิร์ต (Likert) โดยมีประเด็นในการพิจารณา ได้แก่ ความสอดคล้อง ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ นำแบบประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่างให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทตรวจสอบความถูกต้อง และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำให้เป็นประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ประเมินความสอดคล้อง ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ต่อไป

4. ขั้นตอนการวิจัย

การพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังนี้

4.1 ศึกษาทบทวนข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 1 ทั้งด้านองค์ประกอบ และตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แนวคิดการพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนรู้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีอยู่เดิมเกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นำมากำหนดรายละเอียดองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

- 1) หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
- 2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
- 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้
- 4) การวัดประเมินผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

4.2 นำผลจากการศึกษารูปแบบจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มาตรวจสอบยืนยันข้อมูล โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประเมินความเหมาะสม โดยแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ใช้วิธีของลิเกิร์ต (Likert) ตามความคิดเห็น ดังนี้

ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าเป็นเหมาะสมอย่างยิ่ง	ได้คะแนนเป็น 5
ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าเป็นเหมาะสมมาก	ได้คะแนนเป็น 4
ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าเป็นเหมาะสมปานกลาง	ได้คะแนนเป็น 3
ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าเป็นเหมาะสมน้อย	ได้คะแนนเป็น 2
ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าเป็นเหมาะสมน้อยที่สุด	ได้คะแนนเป็น 1

ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญนำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แปลความหมายตามเกณฑ์ดังนี้ (มาเรียม นิลพันธุ์, 2555: 196)

ค่าเฉลี่ยของคะแนน 4.50-5.00 หมายถึง	มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง
ค่าเฉลี่ยของคะแนน 3.50-4.49 หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยของคะแนน 2.50-3.49 หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ยของคะแนน 1.50-2.49 หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ยของคะแนน 1.00-1.49 หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจะต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป หรือมีความเหมาะสมระดับมากขึ้นไป จึงจะถือว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความเหมาะสมนำไปใช้ทดลองได้

4.3 นำผลจากการศึกษารูปแบบจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มาตรวจสอบยืนยันข้อมูล โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประเมินความสอดคล้อง โดยแบบประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้แบบประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีเกณฑ์การให้คะแนน

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

มีความสอดคล้องกัน

ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

มีความสอดคล้องกัน

ให้คะแนน -1 ถ้าแน่ใจว่าองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ไม่มีความสอดคล้องกัน

โดยพิจารณาภาพรวมของคะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ของความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แสดงว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสอดคล้องกัน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) จากแบบวิเคราะห์เอกสาร

2) หาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผลการประเมินประเมินความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ จากผู้เชี่ยวชาญโดยในภาพรวม พบว่า ทุกรายการมีความสอดคล้องกันระหว่างองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ จากผู้เชี่ยวชาญโดยในภาพรวม พบว่า มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ($\bar{X} = 4.90$, S.D.=0.14)

2.2 การพัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้ประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยนำผลการสังเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจาก ขั้นตอนที่ 1 มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้ประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ประกอบด้วย แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แบบทดสอบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. วัตถุประสงค์

1) เพื่อสร้างแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2) เพื่อหาคุณภาพของแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการประเมินความเหมาะสม

2. กลุ่มเป้าหมาย

1) ผู้เชี่ยวชาญ ที่มีประสบการณ์ด้านคณิตศาสตร์หรือด้านการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน โดยเลือกแบบเจาะจง

คุณสมบัติดังนี้

1.1) เป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ เป็นเวลา 5 ปีขึ้นไป และ

1.2) มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก หรือมีตำแหน่งทางวิชาการตั้งแต่ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขึ้นไป

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบประเมินความเหมาะสมแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยศึกษาขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความเหมาะสมและสร้างแบบประเมินความเหมาะสม เป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ใช้วิธีของลิเกิร์ต (Likert) โดยมีประเด็นในการพิจารณา ได้แก่ ความเหมาะสมของ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ และแหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผล การนำไปใช้ได้จริง นำแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฉบับร่าง ให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทตรวจสอบความถูกต้อง และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำให้เป็นประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ต่อไป

4. ขั้นตอนการวิจัย

- 1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 และรายละเอียดของสาระการเรียนรู้และมาตรฐานกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
- 2) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มาสังเคราะห์ข้อมูลเป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อนำมาใช้ในการจัดทำแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
- 3) ศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อกำหนดแผนการจัดการเรียนรู้ และกำหนดหน่วยการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ตัวชี้วัดจุดประสงค์การเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้มีความสอดคล้องกัน มากำหนดการแผนการจัดการเรียนรู้
- 4) จัดทำแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 15 แผน รวม 30 คาบ ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ และ แหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผล การนำไปใช้ได้จริง แล้วนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญา นิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

5) นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการ เรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอน ปลาย ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประเมินความเหมาะสม โดยแบบประเมินความเหมาะสมของ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีลักษณะเป็นมาตรา ส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยใช้วิธีของลิเคิร์ต (Likert) ตามความคิดเห็น ดังนี้

ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นที่เหมาะสมมากที่สุด	ได้คะแนนเป็น 5
ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นที่เหมาะสมมาก	ได้คะแนนเป็น 4
ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นที่เหมาะสมปานกลาง	ได้คะแนนเป็น 3
ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นที่เหมาะสมน้อย	ได้คะแนนเป็น 2
ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นที่เหมาะสมน้อยที่สุด	ได้คะแนนเป็น 1

ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ นำมาวิเคราะห์การประเมินหา ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความเหมาะสมของแผนการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริม การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แปลความหมายตามเกณฑ์ ดังนี้ (มาเรียม นิลพันธุ์, 2555, น. 196)

ค่าเฉลี่ยของคะแนน 4.50-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยของคะแนน 3.50-4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยของคะแนน 2.50-3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ยของคะแนน 1.50-2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ยของคะแนน 1.00-1.49 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิง คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจะต้องมี ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป หรือมีความเหมาะสมมากขึ้นไป จึงจะถือว่า แผนการจัดกิจกรรมการ

เรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิง
คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความเหมาะสมนำไปใช้ทดลองได้

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) วิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) จากแบบวิเคราะห์เอกสาร
- 2) หาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนน

ความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผลการประเมินประเมินเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ จากผู้เชี่ยวชาญ
โดยในภาพรวม พบว่า ทุกรายการประเมินมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ($\bar{x} = 4.95$, S.D.=0.11)

2.2.2 แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

1. วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์
- 2) เพื่อหาคุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยการประเมิน
ความสอดคล้องและการทดลองใช้เครื่องมือ

2. กลุ่มเป้าหมาย

- 1) ผู้เชี่ยวชาญ ที่มีประสบการณ์ด้านคณิตศาสตร์หรือด้านการจัดการ
เรียนรู้ ทางคณิตศาสตร์ ไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน โดยเลือกแบบเจาะจง

คุณสมบัติดังนี้

- 1.1) เป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ในการจัดการ
เรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ เป็นเวลา 5 ปีขึ้นไป และ

- 1.2) มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก หรือมีตำแหน่งทางวิชาการ
ตั้งแต่ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขึ้นไป

- 2) ผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) จำนวน 40 คน ปีการศึกษา 2566 จำนวน 40 คน ที่จัดการ
เรียนแบบลดความสามารถ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

- 1) แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์
- 2) ประเมินความสอดคล้องของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

4. ขั้นตอนการวิจัย

- 1) ศึกษาทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดการ
คิดเชิงคณิตศาสตร์

2) ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และเอกสารมาตรฐานกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อให้เป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

3) สร้างผังแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงรายละเอียดและแสดงน้ำหนักของแต่ละสาระการเรียนรู้

4) สร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีรายละเอียดการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

4.1) มีเนื้อหาสาระในแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ พิจารณาจากตัวชี้วัดระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

4.2) นำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จะต้องมียุทธศาสตร์ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป แล้วปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

4.3) นำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ไปทดลองใช้เครื่องมือกับผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) จำนวน 40 คน เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)

4.4) นำคะแนนการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์ ค่าความยากง่าย (p) ให้อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ให้ได้ค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และนำมาปรับปรุงแก้ไขคัดเลือกแบบทดสอบที่มีคุณภาพจำนวน 4 ข้อ

4.5) ได้แบบทดสอบวัดความรู้ที่มีคุณภาพจำนวน 3 ข้อ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) และนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จะต้องมียุทธศาสตร์ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

2) การวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) ให้อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ให้ได้ค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

3) การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach)

ผลการประเมินสอดคล้องของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จากผู้เชี่ยวชาญ พบว่าทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

2.2.3 แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. วัตถุประสงค์

1) เพื่อสร้างแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2) เพื่อหาคุณภาพของแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการประเมินความสอดคล้อง และการทดลองใช้เครื่องมือ

2. กลุ่มเป้าหมาย

ผู้เชี่ยวชาญ ที่มีประสบการณ์ด้านคณิตศาสตร์หรือด้านการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์หรือจิตวิทยาแนะแนว ไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน โดยเลือกแบบเจาะจงคุณสมบัติดังนี้

1) เป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้ ด้านคณิตศาสตร์หรือจิตวิทยาแนะแนว เป็นเวลา 5 ปีขึ้นไป และ

2) มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก หรือมีตำแหน่งทางวิชาการ ตั้งแต่ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขึ้นไป

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยศึกษาขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความสอดคล้องและสร้างแบบประเมินความสอดคล้อง โดยมีประเด็นในการพิจารณา ได้แก่ ด้านวิธีการสอน ด้านความรู้ ด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ นำแบบประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ฉบับร่างให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทตรวจสอบความถูกต้อง และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำให้เป็นแบบประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้สมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ต่อไป

4. ขั้นตอนการวิจัย

- 1) ศึกษาเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสอบถาม ประเมินความพึงพอใจ
- 2) ศึกษาจุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ขั้นตอนกระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดมุ่งหมายการเรียนของรายวิชากำหนดประเด็นที่ต้องการประเมิน
- 3) สร้างผังแบบสอบถาม (Item specification) ที่แสดงรายละเอียด จำนวนข้อคำถามแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
- 4) สร้างแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามจำนวนข้อคำถามที่กำหนดไว้ในผังแบบประเมิน (Item specification) แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านวิธีการสอน ด้านความรู้ และด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ การประเมินผลประกอบด้วยข้อคำถาม จำนวน 16 ข้อ
- 5) นำแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มาตรวจสอบยืนยันข้อมูลโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประเมินความสอดคล้องโดยแบบประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้แบบประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีเกณฑ์การให้คะแนน

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

มีความสอดคล้องกัน

ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

มีความสอดคล้องกัน

ให้คะแนน -1 ถ้าแน่ใจว่าองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ไม่มีความสอดคล้องกัน

โดยพิจารณาภาพรวมของคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) ของความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แสดงว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสอดคล้องกัน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) และนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จะต้องมามีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ จากผู้เชี่ยวชาญโดยในภาพรวม พบว่า ทุกรายการประเมินมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้และการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Research:R₂)

ผู้วิจัยดำเนินการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ไปใช้ในการทดลองโดยนำไปจัดการเรียนรู้กับผู้เรียนเพื่อหาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้

วัตถุประสงค์

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.4-6) แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ของโรงเรียนเทพศิลา จำนวน 12 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 456 คน ที่จัดการเรียนแบบคละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ของโรงเรียนเทพศิลา ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จากห้องเรียนทั้งหมด 12 ห้อง โดยมีห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม (Sampling Unit) ได้กลุ่มตัวอย่าง 1 ห้องเรียน จำนวน 35 คน

2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. เนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง

เนื้อหาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเป็นการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งประกอบด้วย สาระ จำนวนและพีชคณิต สาระสถิติและความน่าจะเป็น สาระการวัดและเรขาคณิต และสาระแคลคูลัส โดยเป็นรายวิชาเพิ่มเติม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

4. แบบแผนการทดลอง

การเก็บรวบรวมข้อมูล การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ใช้มีแผนการทดลองแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวที่มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design)

ตาราง 6 แบบแผนการทดลองการวิจัย

สอบก่อนการทดลอง	ทดลอง	สอบหลังการทดลอง
T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดลอง

T_1	แทน	การทดสอบก่อนการทดลอง (Pretest)
X	แทน	การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
T_2	แทน	การทดสอบหลังการทดลอง (Posttest)

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอนดังนี้

5.1) ประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของผู้เรียนก่อนการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ครั้งแรกของการเรียนการสอนเป็นเวลา 1 คาบ แล้วบันทึกผลการสอบไว้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียนสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

5.2) ชี้แจงสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แนวคิด ทฤษฎีสำคัญพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้และ 4) การวัดประเมินผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

5.3) ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ใช้เวลา 15 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ รวม 30 คาบ คาบละ 50 นาที

5.4) ประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของผู้เรียนหลังการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการ

คิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ครั้งสุดท้ายของการเรียนการสอน เป็นเวลา 1 คาบ แล้วบันทึกผลการสอบไว้เป็นคะแนนทดสอบหลังเรียนสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

5.5) ประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยนำคะแนนที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และมาแปลความหมายตามเกณฑ์ ดังนี้ (มาเรียม นิลพันธุ์, 2555, 196)

ค่าเฉลี่ยของคะแนน 4.50-5.00 หมายถึง มีความพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยของคะแนน 3.50-4.49 หมายถึง มีความพอใจมาก

ค่าเฉลี่ยของคะแนน 2.50-3.49 หมายถึง มีความพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ยของคะแนน 1.50-2.49 หมายถึง มีความพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ยของคะแนน 1.00-1.49 หมายถึง มีความพอใจน้อยที่สุด

5.6) ประเมินประสิทธิผลด้วยเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

5.6.1) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงคณิตศาสตร์ หลังการ ทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.6.2) ประเมินคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ ด้วยการนำตนเองร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการทดลองอยู่ในระดับมากขึ้นไป

5.6.3) ผู้วิจัยนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มาปรับปรุง และแก้ไขให้สมบูรณ์

6. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิผลของรูปแบบ การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริม การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้สร้างและหาประสิทธิภาพจาก ขั้นตอนที่ 2 เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ประกอบด้วย

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. แบบทดสอบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

3. แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

7.1 การเปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างที่เรียนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ทดสอบค่าทดสอบค่าที (t-test dependent) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์

7.2 การประเมินความพึงพอใจจากแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยนำคะแนนที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) และมาแปลความหมายตามเกณฑ์

ขั้นตอนที่ 4 แก้ไข และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Development: D₂)

หลังจากนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปทดลองใช้ แล้วจะทำการรวบรวมข้อมูลและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มาประเมินผลตามเกณฑ์ที่กำหนดและนำมาปรับปรุงแก้ไข ทั้งในด้านโครงสร้างและรายละเอียดที่เป็นองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความถูกต้องและเหมาะสม

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้
โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย การ
วิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายในการวิจัยเพื่อ 1) ศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้การคิดเชิง
คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 2) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำ
ตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 3) ศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำ
ตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และ 4) ศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการ
นำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research &
Development) ประกอบด้วย

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Research:R₁)

ขั้นตอน 2 การออกแบบและการหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการ
นำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Development:D₁)

ขั้นตอน 3 การหาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการ
จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาตอนปลาย (Research:R₂)

ขั้นตอน 4 แก้ไข และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการ
จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ตอนปลาย (Development:D₂)

ผลการศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.1 ผลการสังเคราะห์องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากการศึกษาและสังเคราะห์หลักการ แนวคิดและทฤษฎี จากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบหลัก 19 องค์ประกอบย่อย 19 ตัวบ่งชี้ และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ หรือด้านการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ จำนวน 5 คน ประเมินความเหมาะสม ประกอบกับพิจารณาข้อเสนอแนะ พบว่า องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบหลัก 14 องค์ประกอบย่อย 14 ตัวบ่งชี้ ที่

ตาราง 7 องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

องค์ประกอบหลัก	ตามกรอบแนวคิดการวิจัย		จากผู้เชี่ยวชาญ	
	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
1. การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์	1.1 ทำความเข้าใจปัญหา	นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ โจทย์ปัญหา แล้วสามารถอธิบายรายละเอียดความต้องการของโจทย์ปัญหานั้นได้	1.1 ทำความเข้าใจปัญหา	ผู้เรียนพิจารณาสถานการณ์ โจทย์ปัญหา แล้วสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการหา ระบุความรู้ที่นำมาใช้แก้ปัญหา และระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดแต่ไม่ได้นำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้

องค์ประกอบหลัก	ตามกรอบแนวคิดการวิจัย		จากผู้เชี่ยวชาญ	
	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
1.2 วางแผนแก้ปัญหา	นักเรียนวางแผน แก้โจทย์ปัญหา สามารถประยุกต์ และดัดแปลงการ แก้ปัญหาได้ อย่าง หลากหลายวิธี และเลือกใช้ วิธีการที่ เหมาะสมในการ แก้โจทย์ปัญหา	นักเรียนวางแผน แก้โจทย์ปัญหา สามารถประยุกต์ และดัดแปลงการ แก้ปัญหาได้ อย่าง หลากหลายวิธี และเลือกใช้ วิธีการที่ เหมาะสมในการ แก้โจทย์ปัญหา	1.2 วางแผน แก้ปัญหา	ผู้เรียนเชื่อมโยง ความรู้หรือข้อมูล ที่ได้เพื่อกำหนด แนวทางหรือ ยุทธวิธีในการ แก้ปัญหา ระบุ ยุทธวิธีที่ หลากหลาย และ เลือกใช้ยุทธวิธีที่ เหมาะสมในการ แก้ปัญหา
				1.3 ดำเนินการ แก้ปัญหา
1.4 ตรวจสอบ ความถูกต้อง	นักเรียน ตรวจสอบความ	นักเรียน ตรวจสอบความ	1.4 ตรวจสอบ ความถูกต้อง	ผู้เรียนตระหนัก ถึงความเป็นไป

องค์ประกอบหลัก	ตามกรอบแนวคิดการวิจัย		จากผู้เชี่ยวชาญ	
	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
		สมเหตุสมผล ของคำตอบที่ได้		ได้หรือความ สมเหตุสมผล ของคำตอบ และ สามารถระบุว่า มีคำตอบหรือ ยุทธวิธีแก้ปัญหา อื่นอีกหรือไม่
2. การให้ เหตุผลเชิง คณิตศาสตร์	2.1 ให้เหตุผล	นักเรียนสามารถ อธิบายแนวคิด ของการ แก้ปัญหาได้ อย่าง สมเหตุสมผล	2.1 ให้เหตุผล	ผู้เรียนสามารถ อธิบายแนวคิด ของการ แก้ปัญหา และ บอกเหตุผลได้
	2.2 สร้างและ ตรวจสอบ	นักเรียนสามารถ สร้างและ ตรวจสอบข้อ คาดการณ์ได้โดย ใช้ข้อเท็จจริงทาง คณิตศาสตร์	2.2 สร้างและ ตรวจสอบ	ผู้เรียนสามารถ สร้างและ ตรวจสอบ ข้อ คาดการณ์ได้โดย ใช้ข้อเท็จจริงทาง คณิตศาสตร์
3. การสื่อสาร ความคิดเชิง คณิตศาสตร์	3.1 สร้างและ รวบรวมแนวคิด ผ่านการสื่อสาร	นักเรียนสามารถ สร้างและแสดง แนวคิดผ่านการ สื่อสารในรูป ภาษาและ สัญลักษณ์ทาง คณิตศาสตร์ได้	3.1 สร้างและ รวบรวมแนวคิด ผ่านการสื่อสาร	ผู้เรียนสามารถ สร้างและแสดง แนวคิดหรือ ยุทธวิธีผ่านการ สื่อสารในรูป ภาษาเขียนและ สัญลักษณ์ทาง

องค์ประกอบหลัก	ตามกรอบแนวคิดการวิจัย		จากผู้เชี่ยวชาญ	
	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
		อย่างถูกต้องและเหมาะสม		คณิตศาสตร์ได้ อย่างถูกต้องและเหมาะสม
	3.2 สื่อสารแนวคิด	นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดของตนเองไปยังคนรอบข้างได้ในรูปภาพและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	3.2 วิเคราะห์และประเมินค่าแนวคิด	ผู้เรียนเปรียบเทียบแนวคิดหรือยุทธวิธีในการแก้ปัญหา และระบุเกณฑ์ในการเลือกแนวคิดหรือยุทธวิธีที่นำมาใช้แก้ปัญหา
	3.3 วิเคราะห์และประเมินค่าแนวคิด	นักเรียนสามารถสรุปผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นหลังจากการสื่อสารแนวคิด	-	-
4. การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์	4.1 เชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์กับสาระคณิตศาสตร์	นักเรียนแสดงการใช้ความรู้ทางสาระคณิตศาสตร์กับสาระคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกันมาเป็นเครื่องมือใน	4.1 เชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์กับสาระคณิตศาสตร์	ผู้เรียนแสดงการใช้ความรู้ทางสาระคณิตศาสตร์กับสาระคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกันมาเป็นเครื่องมือใน

องค์ประกอบหลัก	ตามกรอบแนวคิดการวิจัย		จากผู้เชี่ยวชาญ	
	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
		การแก้ปัญหา		การแก้ปัญหา
	4.2 เชื่อมโยงสาระ คณิตศาสตร์กับ ศาสตร์อื่น ๆ	การที่นักเรียน แสดงการใช้ ความรู้ทาง คณิตศาสตร์กับ ศาสตร์ อื่น ๆ ที่ สอดคล้องกันมา เป็นเครื่องมือใน การแก้ปัญหา	4.2 เชื่อมโยง สาระ คณิตศาสตร์กับ ศาสตร์อื่น ๆ	ผู้เรียนแสดงการ ใช้ความรู้ทาง สาระ คณิตศาสตร์กับ ศาสตร์อื่น ๆ ที่ สอดคล้องกันมา เป็นเครื่องมือใน การแก้ปัญหา
5. การนำเสนอ ตัวแทน ความคิดเชิง คณิตศาสตร์	5.1 สร้างการ นำเสนอตัวแทน ความคิด	นักเรียนสามารถ สร้างตัวแทน ความคิดมา พัฒนาความรู้ และนำเสนอ ตัวแทนที่สร้างขึ้น	5.1 สร้างตัวแทน ความคิด	ผู้เรียนสามารถ นำเสนอตัวแทน ความคิดที่ใช้ใน การแก้ปัญหาได้ อย่างเหมาะสม
	5.2 ใช้ตัวแทน ความคิด	นักเรียนสามารถ เลือกใช้ตัวแทน หรือสัญลักษณ์ ทางคณิตศาสตร์ ในการนำเสนอ แนวคิดการ แก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์	-	-
	5.3 นำเสนอ ตัวแทนความคิด	นักเรียนสามารถ นำเสนอ	-	-

องค์ประกอบหลัก	ตามกรอบแนวคิดการวิจัย		จากผู้เชี่ยวชาญ	
	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
		กระบวนการคิด เพื่ออธิบายการ แก้ปัญหาผ่าน ตัวแทนความคิด		
6. ด้านความรู้ และมโนทัศน์ ทาง คณิตศาสตร์	6.1 ความรู้ทาง คณิตศาสตร์	นักเรียนสามารถ ระบุ เนื้อหา นำเสนอ ข้อเท็จจริง ทฤษฎี กฎ โครงสร้าง ทาง คณิตศาสตร์ ที่ใช้ ในการแก้ปัญหา	6.1 ความรู้และ มโนทัศน์ทาง คณิตศาสตร์	ผู้เรียนสามารถ ระบุเนื้อหา ข้อเท็จจริง ทฤษฎี กฎ หรือ มโนทัศน์ทาง คณิตศาสตร์ที่ใช้ ในการแก้ปัญหา
	6.2 มโนทัศน์ทาง คณิตศาสตร์	นักเรียนสามารถ อธิบายความคิด รวบยอดของ เรื่อง เนื้อหา ทาง คณิตศาสตร์ ที่ เลือกมาใช้ ดำเนินการให้ สอดคล้องกับ การแก้ปัญหา	-	-
7. อัจฉริยะทาง คณิตศาสตร์	7.1 ความมุ่งมั่น	นักเรียน แสดงออกถึง ความตั้งใจใน การทำงานให้	7.1 ความมุ่งมั่น	ผู้เรียนลงมือหรือ แสดงการ แก้ปัญหาจน สำเร็จ

องค์ประกอบหลัก	ตามกรอบแนวคิดการวิจัย		จากผู้เชี่ยวชาญ	
	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
		สำเร็จ		
7.2 ความยืดหยุ่น	นักเรียนแสดงออกถึงการปรับเปลี่ยนเปลี่ยนแปลงวิธีให้สอดคล้องกับสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่กำหนดเพื่อให้งานสำเร็จ	นักเรียนผู้เรียนแสดงออกถึงการปรับเปลี่ยนยุทธวิธีในการแก้ปัญหาจนการแก้ปัญหาสำเร็จ	7.2 ความยืดหยุ่น	ผู้เรียนแสดงออกถึงการปรับเปลี่ยนยุทธวิธีในการแก้ปัญหาจนการแก้ปัญหาสำเร็จ
7.3 เห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์	นักเรียนมองเห็นถึงความสำคัญของคณิตศาสตร์สามารถทำให้แก้ปัญหาและนำไปสู่การประสบความสำเร็จได้	-	-	-

จากตาราง 7 พบว่า องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบหลัก 14 องค์ประกอบย่อย 14 ตัวบ่งชี้ ซึ่งประกอบด้วย องค์ประกอบที่ 1 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 1.1 ทำความเข้าใจปัญหา องค์ประกอบย่อยที่ 1.2 วางแผนแก้ปัญหา องค์ประกอบย่อยที่ 1.3 ดำเนินการแก้ปัญหา องค์ประกอบย่อยที่ 1.4 ตรวจสอบความถูกต้อง องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 2.1 ให้เหตุผล องค์ประกอบย่อยที่ 2.2 สร้างและตรวจสอบ องค์ประกอบที่ 3 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 3.1 สร้างและรวบรวมแนวคิดผ่านการองค์ประกอบย่อยที่ 3.2 วิเคราะห์และประเมินค่าแนวคิด องค์ประกอบที่ 4 การ

เชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 4.1 เชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์กับสาระคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 4.2 เชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ องค์ประกอบย่อยที่ 5 สร้างตัวแทนความคิด องค์ประกอบที่ 6 ด้านความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบที่ 7 อชฌาศัยทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 7.1 ความมุ่งมั่น และ องค์ประกอบย่อยที่ 7.2 ความยืดหยุ่น

1.2 ผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ หรือด้านการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ จำนวน 5 ท่าน ประเมินความเหมาะสมของพฤติกรรมบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบ และตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตาราง 8 ผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

รายการประเมิน	ผลการประเมิน (คะแนนเต็ม 4 คะแนน)		
	\bar{x}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
องค์ประกอบหลักที่ 1 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์			
1.1 ทำความเข้าใจปัญหา			
ผู้เรียนพิจารณาสถานการณ์โจทย์ปัญหา แล้วสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการหา ระบุความรู้ที่นำมาใช้แก้ปัญหา และระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด แต่ไม่ได้นำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้	3.60	0.55	เหมาะสมอย่างยิ่ง
1.2 วางแผนแก้ปัญหา			
ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้หรือข้อมูลที่ได้เพื่อกำหนดแนวทางหรือยุทธวิธีในการแก้ปัญหา ระบุยุทธวิธีที่หลากหลาย และเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา	4.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง

รายการประเมิน	ผลการประเมิน (คะแนนเต็ม 4 คะแนน)		
	\bar{x}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1.3 ดำเนินการแก้ปัญหา ผู้เรียนลงมือปฏิบัติในการแก้โจทย์ปัญหาตามแผนหรือยุทธวิธีที่วางไว้ หรือปรับเปลี่ยนแผนหรือยุทธวิธีที่วางไว้เมื่อพบว่าแผนหรือยุทธวิธีที่เลือกไม่สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ	3.80	0.45	เหมาะสมอย่างยิ่ง
1.4 ตรวจสอบความถูกต้อง ผู้เรียนตระหนักถึงความเป็นไปได้หรือความสมเหตุสมผลของคำตอบ และสามารถระบุว่าคำตอบหรือยุทธวิธีแก้ปัญหาอื่นอีกหรือไม่	3.80	0.45	เหมาะสมอย่างยิ่ง
รวม	3.80	0.36	เหมาะสมอย่างยิ่ง
องค์ประกอบหลักที่ 2 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์			
2.1 ให้เหตุผล ผู้เรียนสามารถอธิบายแนวคิดของการแก้ปัญหา และบอกเหตุผลได้	4.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
2.2 สร้างและตรวจสอบ ผู้เรียนสามารถสร้างและตรวจสอบ ข้อคาดการณ์ได้โดยใช้ข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์	4.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
รวม	4.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
องค์ประกอบหลักที่ 3 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์			
3.1 สร้างและรวบรวมแนวคิดผ่านการสื่อสาร ผู้เรียนสามารถสร้างและแสดงแนวคิดหรือยุทธวิธีผ่านการสื่อสารในรูปภาพเขียนและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	3.60	0.55	เหมาะสมอย่างยิ่ง

รายการประเมิน	ผลการประเมิน (คะแนนเต็ม 4 คะแนน)		
	\bar{x}	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
3.2 วิเคราะห์และประเมินค่าแนวคิด ผู้เรียนเปรียบเทียบแนวคิดหรือยุทธวิธีในการแก้ปัญหา และระบุเกณฑ์ในการเลือกแนวคิดหรือยุทธวิธีที่นำมาใช้ แก้ปัญหา	3.60	0.89	เหมาะสมอย่างยิ่ง
รวม	3.60	0.72	เหมาะสมอย่างยิ่ง
องค์ประกอบหลักที่ 4 การเชื่อมโยงสาระหลักเชิง คณิตศาสตร์			
4.1 เชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์กับสาระคณิตศาสตร์ ผู้เรียนแสดงการใช้ความรู้ทางสาระคณิตศาสตร์กับ สาระคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกันมาเป็นเครื่องมือในการ แก้ปัญหา	4.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
4.2 เชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ผู้เรียนแสดงการใช้ความรู้ทางสาระคณิตศาสตร์กับ ศาสตร์อื่น ๆ ที่สอดคล้องกันมาเป็นเครื่องมือในการ แก้ปัญหา	4.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
รวม	4.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
องค์ประกอบหลักที่ 5 การนำเสนอตัวแทน ความคิดเชิงคณิตศาสตร์			
สร้างตัวแทนความคิดผู้เรียนสามารถนำเสนอตัวแทน ความคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม	3.40	0.89	เหมาะสมอย่างยิ่ง
รวม	3.40	0.89	เหมาะสมอย่างยิ่ง
องค์ประกอบหลักที่ 6 ด้านความรู้และมโนทัศน์ ทางคณิตศาสตร์			
ความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ผู้เรียนสามารถ ระบุเนื้อหา ข้อเท็จจริง ทฤษฎี กฎ หรือมโนทัศน์ทาง	4.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง

รายการประเมิน	ผลการประเมิน (คะแนนเต็ม 4 คะแนน)		
	\bar{x}	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
คณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา			
รวม	4.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
องค์ประกอบหลักที่ 7 อัจฉริยภาพทางคณิตศาสตร์			
7.1 ความมุ่งมั่น ผู้เรียนลงมือหรือแสดงการแก้ปัญหาจนสำเร็จ	4.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
7.2 ความยืดหยุ่น ผู้เรียนแสดงออกถึงการปรับเปลี่ยน ยุทธวิธีในการ แก้ปัญหาจนการแก้ปัญหาสำเร็จ	3.80	0.45	เหมาะสมอย่างยิ่ง
รวม	3.90	0.22	เหมาะสมอย่างยิ่ง
รวมทั้งหมด	3.83	0.45	เหมาะสมอย่างยิ่ง

จากตาราง 8 พบว่า องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในภาพรวมมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ($\bar{x} = 3.83$, S.D.=0.45) และเมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายภาพรวมใน แต่ละองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบหลักที่ 1 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ($\bar{x} = 3.80$, S.D.=0.36) องค์ประกอบหลักที่ 2 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ($\bar{x} = 4.00$, S.D.=0.00) องค์ประกอบหลักที่ 3 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ($\bar{x} = 3.60$, S.D.=0.72) องค์ประกอบหลักที่ 4 การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ($\bar{x} = 4.00$, S.D.=0.00) องค์ประกอบหลักที่ 5 การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ($\bar{x} = 3.40$, S.D.=0.89) องค์ประกอบหลักที่ 6 ด้านความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ($\bar{x} = 4.00$, S.D.=0.00) และ องค์ประกอบหลักที่ 7 อัจฉริยภาพทางคณิตศาสตร์ มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ($\bar{x} = 3.90$, S.D.=0.22)

ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอน ปลาย

จากการดำเนินการพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีดังนี้

2.1 ผลการยก่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1) หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แนวคิด ทฤษฎีสำคัญพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย บนพื้นฐานแนวคิด ทฤษฎี ของการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ใช้สถานการณ์ปัญหาเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และมีการประเมินตามสภาพจริงและให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน

2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบหลัก 14 องค์ประกอบย่อย ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์

องค์ประกอบย่อยที่ 1.1 ทำความเข้าใจปัญหา

องค์ประกอบย่อยที่ 1.2 วางแผนแก้ปัญหา

องค์ประกอบย่อยที่ 1.3 ดำเนินการแก้ปัญหา

องค์ประกอบย่อยที่ 1.4 ตรวจสอบความถูกต้อง

องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์

องค์ประกอบย่อยที่ 2.1 ให้เหตุผล

องค์ประกอบย่อยที่ 2.2 สร้างและตรวจสอบ

องค์ประกอบที่ 3 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์

องค์ประกอบย่อยที่ 3.1 สร้างและรวบรวมแนวคิดผ่านการ

องค์ประกอบย่อยที่ 3.2 วิเคราะห์และประเมินค่า
 องค์ประกอบที่ 4 การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์
 องค์ประกอบย่อยที่ 4.1 เชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์กับสาระ
 คณิตศาสตร์
 องค์ประกอบย่อยที่ 4.2 เชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์กับศาสตร์
 อื่น ๆ

องค์ประกอบที่ 5 การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์
 องค์ประกอบย่อยที่ 5 สร้างตัวแทนความคิด
 องค์ประกอบที่ 6 ด้านความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
 องค์ประกอบย่อยที่ 6 ความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
 องค์ประกอบที่ 7 อชฌาสัยทางคณิตศาสตร์
 องค์ประกอบย่อยที่ 7.1 ความมุ่งมั่น
 องค์ประกอบย่อยที่ 7.2 ความยืดหยุ่น

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอนสรุปได้ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนพูดคุยและสอบถามผู้เรียน เกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนเคยเรียนมาแล้ว เพื่อให้ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้ของตนเอง และสะท้อนความรู้ที่ตนเองมีออกมา

บทบาทผู้สอน ผู้สอนจัดกลุ่มให้ผู้เรียน และสอบถามผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนเคยเรียนมาแล้ว ให้ผู้เรียนสะท้อนความรู้ที่ตนเองมีออกมา

บทบาทผู้เรียน ผู้เรียนสะท้อนความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาที่ตนเองเคยเรียนมา ผ่านการสะท้อนคิด

ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดปัญหา เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนให้ผู้เรียนได้ตั้งเป้าหมายของตนเองในการเรียนรู้ในคาบเรียน

บทบาทผู้สอน ผู้สอนสอบถามผู้เรียนเกี่ยวกับเป้าหมายของการเรียนรู้ในคาบเรียน

บทบาทผู้เรียน ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ของตนเองในคาบเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้สถานการณ์ปัญหา เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนร่วมกันวางแผนแก้สถานการณ์ปัญหา กำหนดขั้นตอนวิธีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบเพื่อเรียนรู้และหาข้อมูลในการนำมาแก้สถานการณ์ปัญหา

บทบาทผู้สอน ผู้สอนคอยให้คำปรึกษาและสังเกตการทำงานของผู้เรียน

บทบาทผู้เรียน ผู้เรียนช่วยกันระดมสมองวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนศึกษาข้อมูลความรู้ และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ จากภายนอกชั้นเรียน เพื่อเตรียมดำเนินแก้สถานการณ์ปัญหาที่เป็นกิจกรรมในชั้นเรียน

บทบาทผู้สอน ผู้สอนคอยให้คำปรึกษาและสังเกตการทำงานของผู้เรียน แนะนำ/เตรียมแหล่งข้อมูล/แหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่เหมาะสมแก่ผู้เรียน

บทบาทผู้เรียน ผู้เรียนศึกษาข้อมูล ความรู้ และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ จากภายนอกชั้นเรียน จากแหล่งข้อมูลที่ครูเตรียมไว้ เพื่อเตรียมดำเนินแก้สถานการณ์ปัญหาที่เป็นกิจกรรมในชั้นเรียน

ขั้นที่ 5 ขั้นดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำข้อมูล ความรู้ และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้จากภายนอกชั้นเรียน มาแก้สถานการณ์ปัญหา

บทบาทผู้สอน ผู้สอนคอยให้คำปรึกษาและสังเกตการทำงานของผู้เรียน

บทบาทผู้เรียน ผู้เรียนนำข้อมูล ความรู้ และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ จากภายนอกชั้นเรียนที่ได้ไปศึกษามา ใช้ดำเนินแก้สถานการณ์ปัญหา แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย

ขั้นย่อยที่ 5.1 ขั้นทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา เป็นขั้นที่ผู้เรียนเข้าสู่สถานการณ์ปัญหา วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา โดยใช้ยุทธวิธีที่ได้เรียนรู้มาจากภายนอกชั้นเรียน

ขั้นย่อยที่ 5.2 ขั้นแก้สถานการณ์ปัญหา เป็นขั้นที่ผู้เรียนดำเนินการแก้สถานการณ์ปัญหา ตามที่วางแผนไว้ ตามลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียน และสามารถให้เหตุผลของวิธีการที่นำมาใช้

ขั้นย่อยที่ 5.3 ขั้นสะท้อนคิด เป็นขั้นที่ผู้เรียนและเพื่อนในกลุ่มร่วมกันตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการแก้สถานการณ์ปัญหา และคำตอบที่ได้

ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและนำเสนอผลงาน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอขั้นตอนตั้งแต่ได้รับสถานการณ์ปัญหา การวางแผน การเรียนรู้ในชั้นเรียนร่วมกัน ดำเนินการในชั้นเรียน และข้อสรุปที่ได้ ผู้เรียนทั้งห้องร่วมกันอภิปราย ข้อสรุปการแก้สถานการณ์ปัญหาของห้องเรียน

บทบาทผู้สอน ผู้สอนคอยสังเกตการนำเสนอของผู้เรียน และสอบถามเหตุผลของแนวคิดที่นำเสนอ

บทบาทผู้เรียน ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอขั้นตอนตั้งแต่ได้รับสถานการณ์ปัญหา การวางแผน การเรียนรู้นอกชั้นเรียนร่วมกัน ดำเนินการในชั้นเรียน และผู้เรียนทั้งห้องร่วมกันอภิปรายข้อสรุปการแก้สถานการณ์ปัญหาของห้องเรียน

ขั้นที่ 7 ขั้นประเมินผลการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของตนเองที่ได้ตั้งไว้ตอนต้นคาบเรียน

บทบาทผู้สอน ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่คาดหวังก่อนการทำกิจกรรมกับผลลัพธ์ที่ได้หลังการทำกิจกรรม

บทบาทผู้เรียน ผู้เรียนเปรียบเทียบสิ่งที่คาดหวังก่อนการทำกิจกรรมกับผลลัพธ์ที่ได้หลังการทำกิจกรรม

การวัดประเมินผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

1. ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนที่สะท้อนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในระหว่างการจัดการเรียนรู้
2. ผู้สอนประเมินผลงานของผู้เรียนที่สะท้อนการคิดเชิงคณิตศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้
3. ผู้สอนประเมินการเขียนอนุทินรายคาบของผู้เรียนที่สะท้อนผลลัพธ์การเรียนรู้หลังการจัดการเรียนรู้
4. ผู้เรียนสะท้อนคิดความรู้ก่อนการจัดการเรียนรู้

ผลการหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยการหาความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตาราง 9 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล (n=5)		
	\bar{X}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. การกำหนดองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4.80	0.45	เหมาะสมอย่างยิ่ง
2. หลักการ แนวคิด	4.60	0.55	เหมาะสมอย่างยิ่ง
3. วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
4. สาระการเรียนรู้	5.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
5. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้			
ขั้นที่ 1 ขั้นวินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้	4.40	0.55	เหมาะสมอย่างยิ่ง
ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดปัญหา	4.40	0.55	เหมาะสมอย่างยิ่ง
ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้สถานการณ์ปัญหา	5.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้นอกชั้นเรียน	5.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
ขั้นที่ 5 ขั้นดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน			
ขั้นย่อยที่ 5.1 ขั้นทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา	5.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
ขั้นย่อยที่ 5.2 ขั้นแก้สถานการณ์ปัญหา	5.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
ขั้นย่อยที่ 5.3 ขั้นสะท้อนคิด	5.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
รวมขั้นที่ 5	5.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและนำเสนอผลงาน	5.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
ขั้นที่ 7 ขั้นประเมินผลการเรียนรู้	5.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
รวมขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	4.83	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
6. สื่อ สิ่งอำนวยความสะดวกที่เอื้อต่อบรรยากาศการเรียนรู้	5.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
7. การวัดและประเมินผลการแก้สถานการณ์ปัญหา	5.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
8. เกณฑ์การประเมินสถานการณ์ปัญหา	5.00	0.00	เหมาะสมอย่างยิ่ง
รวม	4.90	0.14	เหมาะสมอย่างยิ่ง

จากตารางที่ 11 พบว่า ผลการประเมินร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญได้ระดับความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ($\bar{X} = 4.90$, S.D.=0.14) และพบว่าทุกรายการประเมินมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง

3. การหาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผลการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปทดลองใช้ เพื่อประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังนี้

3.1 ผลการเปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการทดสอบค่าที (t-test) ดังนี้

ตาราง 10 ผลการเปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการทดสอบค่าที (t-test)(n=35)

การคิดเชิงคณิตศาสตร์ จำแนกตามองค์ประกอบ	คะแนนเต็ม	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง		t	p-value
		\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.		
1. การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์	12	4.14	1.11	9.94	1.31	17.888*	0.000
2. การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์	9	2.97	0.75	7.56	0.98	20.466*	0.000
3. การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์	9	2.80	0.86	7.10	1.18	15.251*	0.000

การคิดเชิงคณิตศาสตร์ จำแนกตามองค์ประกอบ	คะแนน เต็ม	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง		t	p-value
		\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.		
4. การเชื่อมโยงสาระหลัก เชิงคณิตศาสตร์	6	1.86	0.64	4.99	0.76	17.702*	0.000
5. การนำเสนอตัวแทน ความคิดเชิงคณิตศาสตร์	6	1.74	0.69	4.63	0.59	21.963*	0.000
6. ด้านความรู้และมโนทัศน์ ทางคณิตศาสตร์	6	1.49	0.56	4.54	0.74	18.976*	0.000
7. อัจฉริยะทาง คณิตศาสตร์	12	3.71	0.96	10.06	1.45	19.984*	0.000
การคิดเชิงคณิตศาสตร์	60	18.69	4.40	48.81	5.71	22.112*	0.000

*p<.05

จากตาราง 10 พบว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน มีคะแนนค่าเฉลี่ยหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกองค์ประกอบ โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 18.69 คะแนน S.D. = 4.40 และคะแนนเฉลี่ยหลังการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 48.81 คะแนน S.D.=5.71 (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)

ผลการประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในด้านต่าง ๆ ตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นดังนี้

การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนร้อยละ 71.43 ของนักเรียนทั้งหมด ไม่สามารถแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ได้ และหลังการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนร้อยละ 97.14 ของนักเรียนทั้งหมด สามารถเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการหา เขียนความรู้ที่นำมาใช้แก้สถานการณ์ปัญหา และระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดแต่ไม่ได้นำมาใช้ มีการเชื่อมโยงความรู้หรือข้อมูลที่ได้เพื่อกำหนดยุทธวิธีใน

การ แก่สถานการณ์ปัญหา ระบุยุทธวิธีที่หลากหลาย และเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมในการ แก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติในการแก้สถานการณ์ปัญหาตามยุทธวิธีที่วางไว้ ตลอดจนถึงความเป็นไปได้หรือความสมเหตุสมผลของคำตอบ ดังภาพประกอบที่แสดงการแก้ปัญหาของนักเรียน ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ ตัวอย่างผลงานก่อนทดลองของ นักเรียน

1. สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนดมาให้มีอะไรบ้าง
 มีได้ 3 อย่าง คือ มีไก่ทอด น่องไก่ทอด และ สเปกไก่ทอด
 และ รวดได้ต่อ อัน และ น้ราวดได้ที่ซื้อเป็นชุด

2. สิ่งที่เกี่ยวข้องต้องการหามีอะไรบ้าง
 ถ้าต้องการซื้อไก่ทอด น่องไก่ทอด และ สเปกไก่ทอด ต้องซื้ออย่างไร จึงจะได้
 รวดมากที่สุด และ ซื้อจำนวนเงินกี่บาท

3. นักเรียนนำความรู้เรื่องใดมาใช้ในการแก้ปัญหา
 ใช้การหารหาระยะ บวก ลบ คูณ หาร และ หลักการทอเลขคณิต

4. สิ่งที่เกี่ยวข้องให้มาแต่ไม่ได้นำมาใช้แก้ปัญหา มีอะไรบ้าง
 ชุดจริง ชุดคู่

ผู้เรียนไม่สามารถระบุความรู้ที่นำมาใช้
 ได้ และไม่สามารถระบุสิ่งที่เกี่ยวข้อง
 กำหนดแต่ไม่ได้นำมาใช้ในการ
 แก้ปัญหาได้

ภาพประกอบ 8 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนทดลอง คนที่ 1

5. นักเรียนใช้ยุทธวิธีใดในการแก้ปัญหา
 นำราคาของไก่ทอดมารวมกันใช้ทอรวม และ นำมาเปรียบเทียบกับซื้อไก่ทอดเป็นชุด

ผู้เรียนเขียนยุทธวิธีในการแก้ปัญหา แต่อธิบายยุทธวิธีไม่ชัดเจน

ภาพประกอบ 9 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนทดลอง คนที่ 2

8. แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและตอบคำถาม

ต้องการซื้อไก่ทอด 15 ชิ้น น่องไก่ทอด 26 ชิ้น และ ฮีโร่ไก่ 20 ชิ้น ต้องซื้ออะไรบ้าง
 จึงจะได้ราคาดีที่สุด และ จ่ายเงินกี่บาท

20 ชุด, 35

ผู้เรียนไม่แสดงการแก้โจทย์ปัญหาตามยุทธวิธีที่วางไว้ เขียนเพียงสิ่งที่โจทย์ถาม

ภาพประกอบ 10 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนทดลอง คนที่ 3

9. ตรวจสอบคำตอบ

1,700 บาท

ผู้เรียนไม่แสดงการตรวจสอบคำตอบ

ภาพประกอบ 11 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนทดลอง

องค์ประกอบที่ 1 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ ตัวอย่างผลงานหลังทดลองของนักเรียน

1. สิ่งที่ต้องกำหนดมาให้มีอะไรบ้าง

- ราคา ชุดไก่ น่องไก่ แฮ่ ฮีโร่ไก่
 - ราคา ขอบเงิน เซท

2. สิ่งที่ต้องถามคืออะไรบ้าง

ราคาชุดไก่ น่องไก่ แฮ่ ฮีโร่ไก่
 ฮีโร่ไก่ 26 ชิ้น

3. นักเรียนมีความรู้เรื่องใดมาใช้ในการแก้ปัญหา

ตารางจับคู่ หัก ส่วน ร้อยส่วน

4. สิ่งที่ต้องหาค่าให้ได้นำมาใช้แก้ปัญหาอะไรบ้าง

เงินที่

ผู้เรียนมีการเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดไว้
 สิ่งที่ต้องถามหา
 สิ่งที่ต้องหาค่าหาแต่ไม่ได้นำมาใช้

ภาพประกอบ 12 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง คนที่ 1

5. นักเรียนใช้ยุทธวิธีใดในการแก้ปัญหา

สอง คิด ไปเรื่อยๆ

ผู้เรียนแสดงการกำหนดยุทธวิธีในการแก้ปัญหา และเลือกยุทธวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

ภาพประกอบ 13 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง คนที่ 2

8. แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและตอบคำถาม

ใบไม้	ชุด							เป็นเงิน
	จืด	หอม	สะโพก	อัมจัง	อัมถ์	อัมหนน	โจอมน	
1	15	26	20	-	-	-	-	1790
2	-	-	9	15	-	11	-	1712
3	-	21	-	-	15	5	-	1730
4	11	-	-	6	-	20	-	1752
5	-	6	-	-	-	5	15	1700

แบบที่ 5 ชุดโจอมน 15 ชุด x 82 บาท = 1230 บาท
 ได้ผัก 15 หอม 15 สะโพก 15
 ชุด อัมหนน 5 ชุด x 64 บาท = 320 บาท
 หอม 6
 หอม 6 x 25 = 150 บาท
 รวม 1700 บาท

ผู้เรียนแสดงการแก้โจทย์ปัญหาตามยุทธวิธีที่วางไว้ หรือปรับเปลี่ยนแผนหรือยุทธวิธีที่วางไว้ เมื่อพบปัญหาหรือยุทธวิธีที่เลือกไม่สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ

ภาพประกอบ 14 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง คนที่ 3

9. ตรวจสอบคำตอบ

Set 4 ชุด 15 x 82 = 1230
 Set 3 ชุด 5 x 64 = 320
 หอม 6 x 25 = 150

ผู้เรียนแสดงการตรวจสอบคำตอบ มีการแสดงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ

บท. ดนุภาพ
ที่ ๑๑๑

ภาพประกอบ 15 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง คนที่ 4

การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน พบว่า นักเรียนร้อยละ 71.43 ของนักเรียนทั้งหมด ไม่สามารถเขียนอธิบายเหตุผล สนับสนุนแนวคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ และหลังการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน พบว่า นักเรียนร้อยละ 97.14 ของนักเรียนทั้งหมด เขียนอธิบายแนวคิดของการแก้สถานการณ์ปัญหา พร้อมบอกเหตุผล มีการสร้างและตรวจสอบข้อคาดการณ์ได้โดยใช้ข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ ดังภาพประกอบที่แสดงการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ ตัวอย่างผลงานก่อนทดลองของนักเรียน

8. แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและตอบคำถาม

ตัวพอไม่รวม นวด 250 มล ชาติ 4-2 ปก ชื่อ 4 นวด 10 ม. 1

∴ ตัวชื่อ 23 นวด เป็น ไร

ไป ชื่อ 4 นวด 10 ม. 1

ผู้เรียนไม่เขียนอธิบายแนวคิดของการแก้ปัญหา
และไม่บอกเหตุผล

ภาพประกอบ 16 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลอง คนที่ 1

6. นักเรียนวางแผนในการการแก้ปัญหาอย่างไร

ทำตามขั้นตอนที่ใจมต้องกร ไปที่ละขั้นตอน

9. ตรวจสอบคำตอบ

ตัวหลังไม่ 100 จำพวก 1 และ 5 ความถูกต้องได้

ผู้เรียนแสดงการสร้างและตรวจสอบ
ข้อคาดการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและ
ตรวจสอบ

ภาพประกอบ 17 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลอง คนที่ 2

องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ ตัวอย่างผลงานหลังทดลองของนักเรียน

8. แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและตอบคำถาม

น้ำผลไม้รวม 23 ทก. ขนาด 750 มล.

ครั้งที่	ซื้อ (ขวด)	นม (ขวด)	รวม (ขวด)	เป็นเงิน (บาท)
1	4	1	5	$4 \times 42 = 112$
2	4	1	10	$8 \times 42 = 224$
3	4	1	15	$12 \times 42 = 504$
4	4	1	20	$16 \times 42 = 672$
5	3	-	23	$3 \times 42 = 126$

รวม $672 + 126 = 798$ บาท

ซื้อ นม 16 แคน 4 = 20 ขวด
 ซื้อเสริม 3 ขวด รวม 23 ขวด

น้ำดื่ม 18 L = 18,000 ml

ขนาด 600 ml 9 ขวด 30 ทก
 ขนาด 1500 ml 9 ขวด 12 ทก
 ขนาด 6000 ml 9 ขวด 3 ทก

ขนาด 600 ml				ขนาด 1500 ml	
ซื้อ	5	นม 1	รวม 6	ซื้อ	2 ขวด 22 บาท
	10	นม 2	รวม 12		4 ขวด 44 บาท
	15	นม 3	รวม 18		6 ขวด 66 บาท
	20	นม 4	รวม 24		8 ขวด 88 บาท
	25	นม 5	รวม 30		10 ขวด 110 บาท
เป็นเงิน	$2.5 \times 7 = 17.5$ บาท				12 ขวด 132 บาท

ขนาด 6000 ml
 ซื้อ 2 นม 1 รวม 3
 เป็นเงิน $2 \times 66 = 132$ บาท

ซื้อ นม ขนาด 1500 ml จำนวน 12 ขวด / ถูกสุด

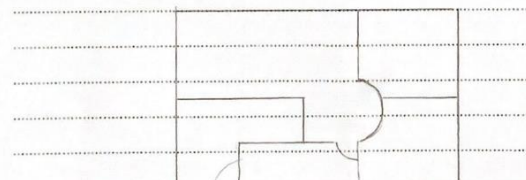
ภาพประกอบ 18 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง คนที่ 1

<p>6. นักเรียนวางแผนในการการแก้ปัญหาอย่างไร</p> <p>- ศึกษาโปรแกรมชั้นของนักเรียน</p> <p>- ศึกษาโปรแกรมชั้นของนักเรียน</p>	<p><input type="checkbox"/> ผู้เรียนแสดงการสร้างและตรวจสอบข้อคาดการณ์ได้โดยใช้</p> <p><input type="checkbox"/> จดเท็จจริงทางคณิตศาสตร์</p>
<p>9. ตรวจสอบคำตอบ</p> <p>① หน้าจอนักเรียน 23 ทด 4 คน 1</p> <p>นักเรียน 793 บท</p> <p>ข้อ 4 ทด ได้ 16 ทด 1 คน 4 เป็น 20 ทด</p> <p>ข้อ 10 คน 3 ทด เป็น 23 ทด</p> <p>② หน้าจอนักเรียน 1500 ทด 2 ทด ราคา 22 บท</p> <p>ข้อ 12 ทด เป็นนักเรียน 192 บท</p>	<p><input type="checkbox"/> ผู้เรียนเขียนอธิบายแนวคิด</p> <p>ของการแก้ปัญหา</p> <p>และบอกเหตุผลได้</p>

ภาพประกอบ 19 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง คนที่ 2

การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน พบว่า นักเรียนร้อยละ 77.14 ของนักเรียนทั้งหมด เขียนการสื่อสารในรูปภาพเขียนและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง และหลังการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน พบว่า นักเรียนร้อยละ 94.29 ของนักเรียนทั้งหมด แสดงยุทธวิธีผ่านการสื่อสารในรูปภาพเขียนและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง และมีการเปรียบเทียบยุทธวิธีในการแก้ปัญหา และระบุเกณฑ์ในการเลือกยุทธวิธีที่นำมาใช้แก่สถานการณ์ปัญหา ดังภาพประกอบที่แสดงการสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

องค์ประกอบที่ 3 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตัวอย่างผลงานก่อนทดลองของนักเรียน

<p>8. แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและตอบคำถาม</p> <p>แก้ปัญหานักเรียน</p> 	<p><input type="checkbox"/> ผู้เรียนเขียนเพียงรูป</p> <p><input type="checkbox"/> ไม่แสดงการสื่อสารในรูปภาพเขียนและสัญลักษณ์ทาง</p>
---	---

ภาพประกอบ 20 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลอง

7. เหตุผลในการยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาข้างต้น

เพราะ โจทย์ต้องการหาพื้นที่ของอาคารซึ่งต้องแบ่งห้องเพื่อใช้เฉพาะห้องในการคิดต้นทุนสิ่งก่อสร้าง

ผู้เรียนบอกเพียงสิ่งที่โจทย์ถาม

ภาพประกอบ 21 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลอง

องค์ประกอบที่ 3 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตัวอย่างผลงานหลังทดลอง
ของนักเรียน

8. แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและตอบคำถาม

ก่อน		หลัง	
ค่าไฟ:	รวม BTU	ค่าไฟ:	รวม BTU
ห้องนอน 1	16 12000	ห้องนอน 1	15 9000
ห้องนอน 2	14 9000	ห้องนอน 2	15 9000
ห้องนั่งเล่น	25 24000	ห้องนั่งเล่น	25 29000

$\$ = 570 + 428 + 760 = 1758 \text{ บาท}$
 $\$ = 428 + 428 + 760 = 1616 \text{ บาท}$

ลดไป 142 บาท

ผู้เรียนสร้างและแสดงยุทธวิธี
ผ่านการสื่อสาร
ในรูปภาษาเขียนและสัญลักษณ์
ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง
และเหมาะสม

ภาพประกอบ 22 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง คนที่ 1

7. เหตุผลในการยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาข้างต้น

เพื่อเปรียบเทียบกับขนาดของห้องทุก ๆ ห้องแล้วจะสม

ผู้เรียนระบุเกณฑ์ในการเลือก
ยุทธวิธีที่นำมาใช้แก้ปัญหา

ภาพประกอบ 23 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง คนที่ 2

การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน พบว่า นักเรียนร้อยละ 88.57 ของนักเรียนทั้งหมด ไม่สามารถเขียนอธิบายเชื่อมโยงเนื้อหาภายในคณิตศาสตร์หรือภายนอกคณิตศาสตร์ได้ และหลังการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน พบว่า นักเรียนร้อยละ 94.29 ของนักเรียนทั้งหมด ใช้ความรู้ทางสาระคณิตศาสตร์กับสาระคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกันมาเป็นเครื่องมือในการแก้สถานการณ์ปัญหา ใช้ความรู้ทางสาระคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ที่สอดคล้องกันมาเป็นเครื่องมือในการแก้สถานการณ์ปัญหา ดังภาพประกอบที่แสดงการเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

องค์ประกอบที่ 4 การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ ตัวอย่างผลงานก่อนทดลองของนักเรียน

8. แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและตอบคำถาม

ผู้เรียนไม่เขียนแสดงการใช้ความรู้ทางสาระคณิตศาสตร์กับสาระคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกันมาใช้ในการแก้ปัญหา

นักเรียน จากคิดค้นสูตร ๑ ข้อ ราคาที่ดิน ๑,๕๐๐ บาท
 ขอสถาปัตย์นักเรียนไปดำเนินการปลูกข้าวและผลไม้ที่คิดได้ สดขยันดีเยี่ยม ๑,๕๐๐ บาท
 ดอกรังใจดี

ภาพประกอบ 24 การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนทดลอง

องค์ประกอบที่ 4 การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ ตัวอย่างผลงานหลังทดลองของนักเรียน

8. แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและตอบคำถาม

เส้นรอบวงในนี้กว้าง 3.75 m
 กว้าง 4 m
 รวมเนื้อที่ 15 ตร.ม

เนื้อที่ในนี้ 25 ตร.ม

ข้อ	เวลา	เงิน	BTM	ราคา
ข้อ 1	9 ชม	15 ตร.ม	4000	428
ข้อ 2	9 ชม	15 ตร.ม	4000	428
เนื้อที่	6 ชม	15 ตร.ม	24000	760

รวม 1616 บาท ประหยัดได้ 142 บาท ใช้ 42000 BTM

ผู้เรียนเขียนแสดงการใช้ความรู้ทางสาระคณิตศาสตร์กับสาระคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกันมาใช้ในการแก้ปัญหา

ภาพประกอบ 25 การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง

การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน พบว่า นักเรียนร้อยละ 80.00 ของนักเรียนทั้งหมด ไม่สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดที่ใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาได้ และหลังการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน พบว่า นักเรียนร้อยละ 91.43 ของนักเรียนทั้งหมด สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดที่ใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาได้ ดังภาพประกอบที่แสดงการนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

องค์ประกอบที่ 5 การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตัวอย่างผลงานก่อนทดลองของนักเรียน

8. แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและตอบคำถาม

หัวทอไม้รวม ขนาด 250 ซม ราคา 42 บาท หัว 4 หัวต่อม. 1
 ∴ ต้องซื้อ 23 หัว เป็นเงินค่าไร
 ไม้สั้น หัว 4 หัวต่อม. 1

ผู้เรียนไม่เขียนเสนอตัวแทนความคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ภาพประกอบ 26 การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนทดลอง

องค์ประกอบที่ 5 การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตัวอย่างผลงาน
หลังทดลองของนักเรียน

8. แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและตอบคำถาม

1) ซื้อน้ำส้มรวมบาท 750 บ. কিনต์จางัน 23 ขวด

ราคาขวดละ 42 บาท โกงยังไม่รับเงิน จึง 4 ขวด ถอด 1 ขวด

ถึมนั้น ทุกๆ 5 ขวด จะต้องจ่ายเงิน $4(42) = 168$ บาท

ถ้าซื้อ 23 ขวด ต้องจ่ายเงิน $4(168) + 3(42) = 758$ บาท

2) ค่าของน้ำส้ม 18 ลิตร เมลกว่า จึง ซื้อน้ำส้ม แล้ว ปรากฏดังนี้

- ซื้อจางัน 600 บ. ต้องซื้อ $\frac{18 \times 600}{400} = 30$ ขวด

- ราคจางัน 1300 บ. ต้องซื้อ $\frac{18 \times 1300}{1500} = 12$ ขวด

- ราคจางัน 8000 บ. ต้องซื้อ $\frac{18 \times 8000}{6000} = 3$ ขวด

กรณีซื้อจางัน 600 บ. เมล็ดไปรับเงินได้ทันที จึง 6 ขวดต้องจ่าย $5(7) = 35$ บาท

ถ้าเมล็ด 30 ขวด ต้องจ่าย $5(37) = 175$ บาท

กรณีซื้อจางัน 1500 บ. เมล็ดไปรับเงินได้ทันที จึง 2 ขวดราคา 175 บาท

ถ้าเมล็ด 12 ขวด ต้องจ่าย $6(12) = 132$ บาท

กรณีซื้อจางัน 8000 บ. เมล็ดไปรับเงินได้ทันที จึง 3 ขวดราคา $2(88) = 156$ บาท

สรุป ซื้อน้ำส้มจางัน 1500 บ. ราคาก่อนซื้อ โกงต้องจ่าย 132 บาท

ผู้เรียนเขียนเสนอตัวแทน
ความคิดที่ใช้ในการ
แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

ภาพประกอบ 27 การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ หลังทดลอง

ความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลอง ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้
ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน พบว่า นักเรียนร้อยละ 82.86
ของนักเรียนทั้งหมด เขียนเนื้อหา ข้อเท็จจริง ทฤษฎี กฎ หรือมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการ
แก้สถานการณ์ปัญหาได้ไม่ถูกต้อง และหลังการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำ
ตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน พบว่า นักเรียนร้อยละ 94.29 ของนักเรียน
ทั้งหมด สามารถ ระบุเนื้อหา ข้อเท็จจริง ทฤษฎี กฎ หรือมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้
สถานการณ์ปัญหาได้ ดังภาพประกอบที่แสดงความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ดังนี้

องค์ประกอบที่ 6 ความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ตัวอย่างผลงานก่อน
ทดลองของนักเรียน

8. แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและตอบคำถาม

Sol. ปีกไก่ทอด ชิ้นละ 20 บ. $20 \times 15 = 300$

หนังไก่ทอด ชิ้นละ 25 บ. $25 \times 26 = 650$ } 1,790 บ.

หมูกระทะ ชิ้นละ 42 บ. $20 \times 42 = 840$

ผู้เรียนไม่เขียนแสดงข้อเท็จจริง
มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ใน
การแก้ปัญหา

ภาพประกอบ 28 ความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ก่อนทดลอง

องค์ประกอบที่ 7 ความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ตัวอย่างผลงานหลังทดลองของนักเรียน

8. แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและตอบคำถาม

จูก = 20 น่อง = 29 ฮัฟไฟก = 48 | ฮัฟไฟก = 19 น่อง 26 ฮัฟไฟก 20

Set 1 จูก + น่อง = 45 เป็น 0 42

2 จูก + ฮัฟไฟก = 62 หรือ 59

3 น่อง + ฮัฟไฟก = 67 หรือ 64

4 จูก + น่อง + ฮัฟไฟก = 87 หรือ 82

Set 1 = 15 set 2 = 82 × 15 = 1230

1230 น่อง 11 ฮัฟไฟก 5

Set 3 = 5 set 4 = 64 × 5 = 320

1230 น่อง 6 ฮัฟไฟก 190

25 × 6 หรือ 150

1230 + 320 + 150 = 1700

ผู้เรียนเขียนแสดงข้อเท็จจริง
มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ใน
การแก้ปัญหา

ภาพประกอบ 29 ความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ หลังทดลอง

อักษมาสัยทางคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน พบว่า นักเรียนร้อยละ 74.29 ของนักเรียนทั้งหมด ไม่ส่งชิ้นงาน และหลังการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน พบว่า นักเรียนร้อยละ 97.14 ของนักเรียนทั้งหมด ส่งชิ้นงานที่มีความสมบูรณ์ และชิ้นงานมีการปรับเปลี่ยนวิธีจนได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์

3.2 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตาราง 11 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

รายการประเมิน	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล (n=35)		
	\bar{x}	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านวิธีการสอน			
1.1 วิธีการสอนที่จัดขึ้นมีเนื้อหาที่น่าสนใจ	4.77	0.49	มากที่สุด
1.2 วิธีการสอนที่จัดขึ้นมีความท้าทายความสามารถของนักเรียน	4.83	0.45	มากที่สุด
1.3 วิธีการสอนที่จัดขึ้นส่งเสริมให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง	4.71	0.52	มากที่สุด
1.4 นักเรียนได้ใช้ขั้นตอนของการทำโครงงานเพื่อแก้ปัญหาที่ครูให้	4.83	0.38	มากที่สุด
1.5 นักเรียนมีโอกาสไปศึกษาข้อมูลภายนอกห้องเรียนก่อนการแก้ปัญหา	4.74	0.56	มากที่สุด
รวมด้านที่ 1	4.78	0.48	มากที่สุด
2. ด้านความรู้			
2.1 นักเรียนชอบเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ครูจัดให้	4.69	0.47	มากที่สุด
2.2 เนื้อหามีความน่าสนใจ	4.74	0.51	มากที่สุด
2.3 เนื้อหาสามารถเชื่อมโยงกับวิชาอื่น ๆ	4.69	0.47	มากที่สุด
2.4 ความรู้ที่ได้รับเป็นประโยชน์กับนักเรียนในอนาคต	4.71	0.46	มากที่สุด
รวมด้านที่ 2	4.71	0.48	มากที่สุด

รายการประเมิน	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล (n=35)		
	\bar{x}	S.D.	ระดับคุณภาพ
3. ด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์			
3.1 สถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนด น่าสนใจ	4.77	0.43	มากที่สุด
3.2 นักเรียนมีการวางแผนและได้ทำตามแผนเพื่อแก้สถานการณ์ปัญหา	4.80	0.41	มากที่สุด
3.3 นักเรียนมีโอกาสได้ตรวจสอบการแก้สถานการณ์ปัญหาร่วมกับเพื่อน	4.83	0.38	มากที่สุด
3.4 นักเรียนสามารถใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแทนอื่น ๆ ในการนำเสนอการแก้สถานการณ์ปัญหาให้กับเพื่อนร่วมชั้น	4.77	0.43	มากที่สุด
3.5 นักเรียนสามารถบอกเหตุผลในการเลือกใช้วิธีการเพื่อแก้สถานการณ์ปัญหา	4.80	0.41	มากที่สุด
3.6 นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานจนสำเร็จ	4.77	0.43	มากที่สุด
3.7 นักเรียนได้มีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย	4.89	0.40	มากที่สุด
รวมด้านที่ 3	4.80	0.41	มากที่สุด
รวมทั้ง 3 ด้าน	4.76	0.46	มากที่สุด

จากตาราง 11 พบว่า ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.76$, S.D.=0.46) โดยมีประเด็นด้านวิธีการสอนในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.78$, S.D.=0.48) ด้านด้านความรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.71$,

S.D.=0.48) และด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.80$, S.D.=0.41)

ผลแก้ไข และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ร่วมกับการบันทึกผลการเรียนรู้หลังแผนการจัดการเรียนรู้ และการสังเกตผู้เรียน ผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงรูปแบบ ระบุปัญหาและอุปสรรคของการดำเนินการทดลองใช้รูปแบบ และปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมในการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังนี้

1. การปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.1 ผู้วิจัยได้เพิ่มรายละเอียดในส่วนของการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีความเป็นมา และมีการเชื่อมโยงความเป็นมาในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แนวคิด ทฤษฎีสำคัญพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4) การวัดประเมินผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าควรเพิ่มเติมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทฤษฎีการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในส่วนนำก่อนนำเสนอองค์ประกอบทั้ง 4 องค์ประกอบ และเพิ่มรายละเอียดการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีความเป็นมา และมีการเชื่อมโยงความเป็นมาในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จนพัฒนาและได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อให้เห็นความเป็นมาของหลักการและกระบวนการในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

1.2 ปรับเวลาที่ใช้การจัดการเรียนรู้ ตั้งแต่แผนการจัดการเรียนรู้ ได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้ทั้งนอกชั้นเรียน และในชั้นเรียน ทำให้ต้องใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ที่มีระยะเวลามากกว่าที่ผู้วิจัยได้วางแผนไว้ จึงได้ทำการปรับเวลาที่ใช้การจัดการเรียนรู้ให้มีสอดคล้องกับกิจกรรมที่ได้ออกแบบไว้

1.3 ปรับสื่อการจัดการเรียนรู้ ให้มีสื่อการเรียนรู้นอกชั้นเรียนที่มีความหลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนสามารถค้นคว้า แหล่งการเรียนรู้ที่ตอบรับกับความถนัดของผู้เรียน เพื่อนำไปสู่การจัดการเรียนรู้ได้เต็มตามศักยภาพของผู้เรียน

1.4 ปรับการวัดและประเมินผลให้มีความหลากหลายเพิ่มมากขึ้น โดยผู้วิจัยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีการประเมินตนเอง และได้ประเมินสมาชิกในกลุ่ม และมีการประเมินเป็นระยะ ๆ เพื่อจะได้ดูพัฒนาการของตนเอง และสมาชิกในกลุ่ม

1.5 ปรับแบบทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เนื่องจากผู้วิจัยได้กำหนดให้ผู้เรียนมีการตอบคำถามที่หลายประเด็น จึงทำให้ผู้เรียนต้องใช้เวลามากในการเขียนแสดงแนวคิดของตนเอง และมีผู้เรียนบางส่วนทำแบบทดสอบได้ไม่ครบทั้ง 3 ข้อ

2. ปัญหาและอุปสรรคของการดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.1 การดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัย ใช้คาบบางส่วนของคาบเรียนในตารางเรียนของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีความกังวลใจในรายวิชาคณิตศาสตร์ที่มีเวลาเรียนน้อย และจะได้คะแนนไม่ดี จึงทำให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบที่ผู้วิจัยเก็บข้อมูลให้ด้วยความรีบเร่ง ไม่พิจารณาให้รอบคอบ ส่งผลให้ผิดจุดผิดพลาดหลายจุดในการเขียนตอบ หรือเกิดความผิดพลาดที่ง่ายในการคำนวณ

2.2 การจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย เป็นขั้นตอนที่แปลกใหม่สำหรับผู้เรียน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนไม่เคย และไม่คุ้นชิน ส่งผลให้ในระยะแรกของการทดลองผู้เรียนมีความสับสนกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้และวิธีการสอนของผู้สอน

3. ปัจจัยสนับสนุนการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3.1 ผู้เรียนมีทักษะเบื้องต้นในการใช้เทคโนโลยีมาช่วยในการจัดการเรียนรู้ ส่งผลให้การจัดการเรียนรู้นอกชั้นเรียนสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ บรรลุวัตถุประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้เขียนไว้

3.2 การจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ช่วยให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนสูง มีวินัยและมีความรับผิดชอบต่อการเรียน โดยผู้เรียนส่วนใหญ่มีความตื่นตัวกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดกิจกรรมให้ และสามารถควบคุมตนเองในการทำกิจกรรมเสร็จสิ้นในแต่ละคาบเรียน

3.3 นโยบายของผู้บริหารโรงเรียนสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ที่ทันสมัย ตอบรับกับสภาพสังคมในปัจจุบัน และสนับสนุนสื่ออุปกรณ์ มีห้องคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตที่พร้อมในการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้เทคโนโลยี ยังส่งผลให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาศักยภาพได้เต็มตามศักยภาพ

สรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่สมบูรณ์พร้อมนำไปเผยแพร่



ภาพประกอบ 30 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้
 โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีสาระสำคัญสรุปได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
4. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเพื่อกำหนดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Research:R₁) เป็นการศึกษาค้นคว้าข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ การศึกษาเป้าหมายและความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อกำหนดกรอบในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการ

จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขั้นตอน 2 การออกแบบและการหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Development: D₁) เป็นออกแบบและพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีขั้นตอนในการออกแบบและพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ประกอบด้วย การยกร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย การพัฒนาเครื่องมือประกอบการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้แก่ แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แบบทดสอบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ การหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขั้นตอน 3 การหาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Research: R₂) เป็นการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพศิลา จำนวน 35 คน เป็นเวลา 16 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ รวมทั้งสิ้น 32 คาบ หาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และ

ขั้นตอน 4 แก้ไข และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Development: D₂) หลังจากนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของ

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปทดลองใช้ แล้วจะทำการรวบรวมข้อมูลและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการ การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มาประเมินผลตามเกณฑ์ที่กำหนดและนำมาปรับปรุงแก้ไข ทั้งในด้านโครงสร้างและรายละเอียดที่เป็นองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความถูกต้องและเหมาะสม

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเพื่อกำหนดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.1 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาทำให้ได้เป้าหมายและความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน คือ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง วิเคราะห์ความต้องการในการเรียนรู้ คำนึงถึงความแตกต่างในการเรียนรู้ ความแตกต่างด้านความคิด และความสนใจของผู้เรียน กำหนดเป้าหมายในการเรียนอย่างเป็นระบบ มีการวางแผนในการเรียนรู้ เลือกวิธีการในการเรียนรู้ สามารถควบคุมตนเองได้ตลอดการเรียนรู้ แสวงหาแหล่งการเรียนรู้ได้ มีการวัดและประเมินด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องและมีความหลากหลาย ผู้เรียนสามารถขอความช่วยเหลือโดยขอคำแนะนำจากผู้อื่นได้ ผู้เรียนต้องลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองหรือปฏิบัติกระบวนการกลุ่มอย่างเป็นระบบเป็นขั้นตอน ด้วยกระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทักษะทางภาษา พัฒนาทักษะทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 สามารถสร้างองค์ความรู้ และสรุปความรู้ด้วยตนเองได้ และสามารถเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริงได้) จัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านให้เรียนรู้ทั้งในชั้นเรียน (In-class activities) และนอกห้องเรียน (Out-of-class activities)

1.2 ผลการสังเคราะห์การคิดเชิงคณิตศาสตร์ พบว่า องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบหลัก 14 องค์ประกอบย่อย 14 ตัวบ่งชี้ ซึ่งประกอบด้วย องค์ประกอบที่ 1 การแก้ปัญหาเชิง

คณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 1.1 ทำความเข้าใจปัญหา องค์ประกอบย่อยที่ 1.2 วางแผนแก้ปัญหา องค์ประกอบย่อยที่ 1.3 ดำเนินการแก้ปัญหา องค์ประกอบย่อยที่ 1.4 ตรวจสอบความถูกต้อง องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 2.1 ให้เหตุผล องค์ประกอบย่อยที่ 2.2 สร้างและตรวจสอบ องค์ประกอบที่ 3 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 3.1 สร้างและรวบรวมแนวคิดผ่านการองค์ประกอบย่อยที่ 3.2 วิเคราะห์และประเมินค่าแนวคิด องค์ประกอบที่ 4 การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 4.1 เชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์กับสาระคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 4.2 เชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ องค์ประกอบย่อยที่ 5 สร้างตัวแทนความคิด องค์ประกอบที่ 6 ด้านความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบที่ 7 อรรถศาสตร์ทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 7.1 ความมุ่งมั่น และองค์ประกอบย่อยที่ 7.2 ความยืดหยุ่น และผลการประเมิน องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในภาพรวมมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ($\bar{x} = 3.83$, S.D.=0.45)

2. ผลการออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ

1) หลักการ: รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย บนพื้นฐานแนวคิด ทฤษฎี ของการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ใช้สถานการณ์ปัญหาเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มี การคิดเชิงคณิตศาสตร์ และมีการประเมินตามสภาพจริงและให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน

2) วัตถุประสงค์: เป็นแนวทางนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้: มี 7 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นวินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้ ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดปัญหา ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้สถานการณ์ปัญหา ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้นอกชั้นเรียน ขั้นที่ 5 ขั้นดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน ขั้นตอนย่อยที่ 5.1 ขั้นทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ขั้นตอนย่อยที่ 5.2 ขั้นแก้สถานการณ์ปัญหา ขั้นตอนย่อยที่ 5.3 ขั้นสะท้อนคิดขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและนำเสนอผลงาน และขั้นที่ 7 ขั้นประเมินผลการเรียนรู้

4) การวัดผลและประเมินผล : 1. ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนที่สะท้อนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ 2. ผู้สอนประเมินผลงานของผู้เรียนที่สะท้อนการคิดเชิงคณิตศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ 3. ผู้สอนประเมินการเขียนอนุทินรายคาบของผู้เรียนที่สะท้อนผลลัพธ์การเรียนรู้หลังการจัดการเรียนรู้ และ 4. ผู้เรียนสะท้อนคิดความรู้ก่อนการจัดการเรียนรู้

ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ($\bar{x} = 4.90$, S.D.=0.14) และพบว่าทุกรายการประเมินมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง

3. ผลการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปทดลองใช้

3.1 การคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีคะแนนค่าเฉลี่ยหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนทดลองเท่ากับ 18.69 คะแนน S.D.=4.40 และคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองเท่ากับ 48.81 คะแนน S.D.=5.71 (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)

3.2 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

อภิปรายผล

จากการศึกษาผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยแบ่งการอภิปรายผลออกเป็น 3 ประเด็น ได้แก่ การอภิปรายเกี่ยวกับองค์ประกอบและตัวบ่งชี้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย การอภิปรายผลเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ และการอภิปรายผลเกี่ยวกับการศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีการนำเสนอ ดังนี้

1. อภิปรายเกี่ยวกับองค์ประกอบและตัวบ่งชี้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.1 องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบหลัก 14 องค์ประกอบย่อย 14 ตัวบ่งชี้ ดังนี้ องค์ประกอบที่ 1 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 1.1 ทำความเข้าใจปัญหา ตัวบ่งชี้ที่ 1.1 ผู้เรียนพิจารณาสถานการณ์โจทย์ปัญหา แล้วสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการหา ระบุความรู้ที่นำมาใช้แก้ปัญหา และระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดแต่ไม่ได้นำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ องค์ประกอบย่อยที่ 1.2 วางแผนแก้ปัญหา ตัวบ่งชี้ที่ 1.2 ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้หรือข้อมูลที่ได้เพื่อกำหนดแนวทางหรือยุทธวิธีในการแก้ปัญหา ระบุยุทธวิธีที่หลากหลาย และเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา องค์ประกอบย่อยที่ 1.3 ดำเนินการแก้ปัญหา ตัวบ่งชี้ที่ 1.3 ผู้เรียนลงมือปฏิบัติในการแก้โจทย์ปัญหาตามแผนหรือยุทธวิธีที่วางไว้ หรือปรับเปลี่ยนแผนหรือยุทธวิธีที่วางไว้ เมื่อพบว่าแผนหรือยุทธวิธีที่เลือกไม่สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ องค์ประกอบย่อยที่ 1.4 ตรวจสอบความถูกต้อง ตัวบ่งชี้ที่ 1.4 ผู้เรียนตระหนักถึงความเป็นไปได้หรือความสมเหตุสมผลของคำตอบ และสามารถระบุว่าคำตอบหรือยุทธวิธีแก้ปัญหาอื่นอีกหรือไม่ องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 2.1 ให้เหตุผล ตัวบ่งชี้ที่ 2.1 ผู้เรียนสามารถอธิบายแนวคิดของการแก้ปัญหา และบอกเหตุผลได้ องค์ประกอบย่อยที่ 2.2 สร้างและตรวจสอบ ตัวบ่งชี้ที่ 2.2 ผู้เรียนสามารถสร้างและตรวจสอบ ข้อคาดการณ์ได้โดยใช้ข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบที่ 3 การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 3.1 สร้างและรวบรวมแนวคิดผ่านการสื่อสาร ตัวบ่งชี้ที่ 3.1 ผู้เรียนสามารถสร้างและแสดงแนวคิดหรือยุทธวิธีผ่านการสื่อสารในรูปภาพเขียนและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม องค์ประกอบย่อยที่ 3.2 วิเคราะห์และประเมินค่าแนวคิด ตัวบ่งชี้ที่ 3.2 ผู้เรียนเปรียบเทียบแนวคิดหรือยุทธวิธีในการแก้ปัญหา และระบุเกณฑ์ในการเลือกแนวคิดหรือยุทธวิธีที่นำมาใช้แก้ปัญหา องค์ประกอบที่ 4 การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 4.1 เชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์กับสาระคณิตศาสตร์ ตัวบ่งชี้ที่ 4.1 ผู้เรียนแสดงการใช้ความรู้ทางสาระคณิตศาสตร์กับสาระคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกันมาเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาองค์ประกอบย่อยที่ 4.2 เชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ตัวบ่งชี้ที่ 4.2 ผู้เรียนแสดงการใช้ความรู้ทางสาระคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ที่สอดคล้องกันมาเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา องค์ประกอบที่ 5 การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 5 สร้างตัวแทนความคิด ตัวบ่งชี้

ที่ 5 ผู้เรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม องค์ประกอบ
 ที่ 6 ด้านความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่ 6 ความรู้และมโนทัศน์ทาง
 คณิตศาสตร์ ตัวบ่งชี้ที่ 6 ผู้เรียนสามารถ ระบุเนื้อหา ข้อเท็จจริง ทฤษฎี กฎ หรือมโนทัศน์ทาง
 คณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหขององค์ประกอบที่ 7 อัจฉริยภาพทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบย่อยที่
 7.1 ความมุ่งมั่น ตัวบ่งชี้ที่ 7.1 ผู้เรียนลงมือหรือแสดงการแก้ปัญหจนสำเร็จ องค์ประกอบย่อยที่
 7.2 ความยืดหยุ่น ตัวบ่งชี้ที่ 7.2 ผู้เรียนแสดงออกถึงการปรับเปลี่ยน ยุทธวิธีในการแก้ปัญหจน
 การแก้ปัญหาสำเร็จ ทั้งนี้จากการศึกษาหลักการ แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับองค์ประกอบและตัว
 บ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากเอกสารตำรา
 และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ หรือด้านการ
 จัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ มีแนวคิดที่สอดคล้องกันว่าองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิง
 คณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ควรมี 7 องค์ประกอบหลัก 14
 องค์ประกอบย่อย 14 ตัวชี้วัด ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งที่นักเรียนระดับชั้น
 มัธยมศึกษาตอนปลายจำเป็นต้องมี เพื่อที่นักเรียนจะได้เกิดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยัง
 สอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุทินันท์ บุญพัฒนามภรณ์ (2559)
 พบว่า องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ 5 ตัว
 บ่งชี้ คือ องค์ประกอบที่ 1 ความรู้ทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบที่ 2 การดำเนินการทางการคิด ตัว
 บ่งชี้ที่ 2.1 การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตัวบ่งชี้ที่ 2.2 การให้เหตุผล ตัวบ่งชี้ที่ 2.3 การนำเสนอตัว
 แทนความคิด องค์ประกอบที่ 3 อัจฉริยภาพทางคณิตศาสตร์ ตัวบ่งชี้ที่ 3.1 ความมุ่งมั่นในการทำคณิต
 ศาสตร์ ตัวบ่งชี้ที่ 3.2 ความยืดหยุ่นในการทำคณิตศาสตร์ และตัวบ่งชี้ที่ 3.2 การเห็นคุณค่าของ
 คณิตศาสตร์ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปัทมา อนันต์ (2562) ซึ่งพบว่า องค์ประกอบของ
 การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ 1 การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ 2. การให้
 เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ 3. การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ 4. การเชื่อมโยงสาระหลักเชิง
 คณิตศาสตร์ และ 5. การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์(ปัทมา อนันต์, 2561) ในขณะที่
 ผลการวิจัยของจันทร์เพ็ญ ปรีชา (2565) พบว่า องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิง
 คณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ 6 ตัวบ่งชี้ คือ องค์ประกอบที่ 1 การคิดแบบองค์รวม ตัว
 บ่งชี้ที่ 1.1 สามารถวิเคราะห์และอธิบายสาเหตุของปัญหา ตัวบ่งชี้ที่ 1.2 สามารถระบุปัญหาที่
 เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน องค์ประกอบที่ 2 การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง ตัวบ่งชี้ที่ 2.1 สามารถระบุ
 ความสัมพันธ์ของสาเหตุของปัญหา ตัวบ่งชี้ที่ 2.2 เขียนความสัมพันธ์ของปัญหาโดยใช้รูป
 สัญลักษณ์ในการสื่อสาร องค์ประกอบที่ 3 การคิดแก้ปัญหาอย่าง ตัวบ่งชี้ที่ 3.1 สามารถอธิบาย

รูปแบบและสัญลักษณ์ และตัวบ่งชี้ที่ 3.2 สร้างสรรค์ สามารถนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (จันทร์เพ็ญ ปรีชา, 2022) นอกจากนี้ Heleni, S., and Zulkarnain, Z. (2018) ได้ศึกษาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ พบว่า เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ครอบคลุมทั้งความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้เข้าใจคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง (Heleni & Zulkarnain, 2018)

1.2 การประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้มาจากการศึกษาและสังเคราะห์หลักการ แนวคิดและทฤษฎีจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบกับสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิ ทำให้ผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งสามารถยืนยันแนวคิดที่ผู้วิจัยศึกษาและพัฒนาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุธินันท์ บุญพัฒนาภรณ์ (2559) พบว่า ผลการยืนยันองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (สุธินันท์ บุญพัฒนาภรณ์, 2559) สอดคล้องกับงานวิจัยของ จันทร์เพ็ญ ปรีชา (2565) องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (จันทร์เพ็ญ ปรีชา, 2022)

2. อภิปรายผลเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งนำไปสู่การสังเคราะห์หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้บนพื้นฐานทั้ง 2 แนวคิดหลักสำคัญของรูปแบบการเรียนรู้มาสร้างเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนและพัฒนาขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้มีทั้งหมด 7 ขั้นตอน ซึ่งทุกขั้นตอนมีส่วนช่วยในการเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้มีจุดเด่น มีรายละเอียดดังนี้

2.1 จุดเด่นของรูปแบบการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนี้มีจุดเด่น 3 ประการดังต่อไปนี้

2.1.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ถูกพัฒนาขึ้นตามหลักการและขั้นตอนการพัฒนาอย่างเป็นระบบ และผ่านการตรวจสอบคุณภาพ รูปแบบการเรียนที่พัฒนาขึ้นด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน มีองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แนวคิด ทฤษฎีสำคัญพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และ 4) การวัดประเมินผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 วินิจฉัยความต้องการในการ ขั้นที่ 2 กำหนดปัญหา ขั้นที่ 3 วางแผนแก้สถานการณ์ปัญหา ขั้นที่ 4 ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้นอกชั้นเรียน ขั้นที่ 5 ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน ขั้นที่ 6 สรุปและนำเสนอผลงาน ขั้นที่ 7 ประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง และพบว่าทุกรายการประเมินมีความเหมาะสมอย่าง อาจสืบเนื่องมาจากผู้วิจัยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ ประกอบด้วย ระยะเวลาที่ 1 การวิจัย (Research: R₁) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ (Study and Analysis) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ 2 การพัฒนา (Development: D₁) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการนำผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานมาพัฒนาร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ 3 การวิจัย (Research: R₂) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ ไปทดลองใช้จริง (Implementation) กับกลุ่มตัวอย่าง และประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ 4 การพัฒนา (Development: D₂) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการปรับปรุง (Revision) เพื่อให้ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือประกอบรูปแบบฉบับสมบูรณ์ และการขยายผล (Dissemination) จากการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวนี้จึงเป็นเครื่องมือยืนยันว่ามีการพัฒนาอย่างมีระบบและเป็นขั้นตอน มีหลักการและแนวคิดที่น่าเชื่อถือรองรับ ส่งผลให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพและมีความเป็นไปได้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของกลุ่มเป้าหมายได้ การใช้แนวคิดกระบวนการวิจัยและพัฒนาดังกล่าวยึดหลักตามแนวทางในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ของ Joyce & Weil (2000) ที่กล่าวว่าการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ควรประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญ คือ 1) มีปรัชญา แนวคิด หรือความเชื่อพื้นฐานที่เป็นหลักการสำคัญของการจัดการเรียนการสอน 2) มีการบรรยาย อธิบาย โครงสร้าง หรือแนวทางการจัดการเรียนการสอน 3) มีการจัดระบบองค์ประกอบและความสัมพันธ์

ขององค์ประกอบของระบบที่สามารถพัฒนานักเรียนให้บรรลุจุดประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพมีกระบวนการพิสูจน์ ทดลองประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ที่ 4) มีการอธิบายกระบวนการสอน วิธีการสอน และเทคนิคการสอน ในฐานะที่เป็นองค์ประกอบย่อยที่สำคัญของระบบนั้น 5) มีจุดประสงค์ เป้าหมาย หรือจุดมุ่งหมายของเนื้อหาที่จะใช้ในการจัดการเรียนการสอน 6) มีการศึกษาตั้งหลักการหรือสมมติฐานถึงลักษณะของนักเรียนและรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น และ 7) มีการวิจัยหรือประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายพัฒนาขึ้นอย่างมีระบบสอดคล้องกับทฤษฎี แนวคิดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และแนวคิดการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ส่งผลให้รูปแบบมีความเหมาะสม มีคุณภาพสามารถนำไปใช้เพื่อส่งเสริมผู้เรียนจนมีการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น (W. Joyce, 2000)

2.1.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตอบสนองต่อปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นอย่างมีระบบและขั้นตอนตาม กระบวนการวิจัยได้รับการตรวจสอบและรับรองโดยผู้เชี่ยวชาญการจัดการเรียนรู้ และการสอนคณิตศาสตร์ทั้งระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานและระดับอุดมศึกษา ซึ่งจากผลการรับรองรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีคะแนนเฉลี่ยความถูกต้องเหมาะสมมากที่สุด ได้แก่ วัตถุประสงค์ ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ความชัดเจนจะช่วยชี้้นำให้การออกแบบกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ให้มีลักษณะเฉพาะ อันจะนำนักเรียนไปสู่จุดมุ่งหมายเฉพาะที่รูปแบบการเรียนรู้นั้นกำหนดเอาไว้ ซึ่งแต่ละขั้นตอนการเรียนรู้มีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน โดยวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้มุ่งส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองหรือกระบวนการกลุ่มอย่างเป็นระบบเป็นขั้นตอน โดยใช้ทักษะกระบวนการวิจัย ความรู้ หลักการ แนวคิด ทฤษฎี ต่าง ๆ หรือใช้ความรู้เชื่อมโยงข้ามศาสตร์ ด้วยวิธีการศึกษาอย่างเป็นระบบ ระเบียบแบบแผน ด้วยกระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ สามารถสร้างองค์ความรู้ สรุปความรู้ด้วยตนเองได้ และสามารถเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริงได้ มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกทำตามความสนใจ ความต้องการ ความถนัดของตนเองเป็นสำคัญช่วยให้เกิดการ

สร้างความรู้ด้วยตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติจริงในลักษณะของการศึกษา สํารวจ ค้นคว้า ทดลอง ประดิษฐ์ คิดค้น มีการทำงานกลุ่ม โดยมีผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก แนะนำการเรียนรู้ เป็นผู้กระตุ้น คอยช่วยเหลือผู้เรียนตามความเหมาะสม อีกทั้งผู้เรียนสร้างเส้นทางการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีส่วนร่วม ความรับผิดชอบ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความตั้งใจในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดแผนการเรียนการสอน เป้าหมายการเรียนรู้ กลยุทธ์การเรียนรู้ รูปแบบการประเมิน และแหล่งการเรียนรู้ด้วยตนเอง ให้มีความเหมาะสมกับบริบทของตนเอง ดำเนินการภายใต้บรรยากาศที่เป็นอิสระอาจเป็นการเรียนรู้ตามลำพังหรือเรียนรู้กับเพื่อนหรือครู (Areglado et al., 1996; Candy, 1991; Costa & Kallick, 2004; Lounsbury., 2014; Taylor & Burgess, 1995; วัฒนภาพร ระงับทุกข์, 2545; สมคิด อิศระวัฒน์, 2538; สุวัฒน์ วัฒนวงศ์, 2551)

อีกประการหนึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถตอบสนองต่อปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน เนื่องจากผู้วิจัยได้สำรวจปัญหาด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์จากการสัมภาษณ์ผู้สอนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ตลอดจนสำรวจปัญหาจากเอกสารและงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ และจากการปฏิบัติการสอนจริงในชั้นเรียนระดับมัธยมศึกษาทำให้ผู้วิจัยทราบว่าผู้เรียนมีปัญหา ผู้เรียนยังไม่สามารถคิดแก้ปัญหา และไม่สามารถนำตนเองไปสู่การเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังจะเห็นได้จากการประเมินความสามารถด้านคณิตศาสตร์ในระดับชาติและนานาชาติที่มีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่ามาตรฐาน เช่น การประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์และทักษะทางคณิตศาสตร์ของ PISA โดยมุ่งเน้นให้ความสำคัญกับการวัดความสามารถของผู้เรียนในการคิด การใช้ และการตีผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ในบริบทที่หลากหลาย จากผลการประเมิน ค.ศ. 2018 พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียนไทยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD ได้คะแนน 419 คะแนน ซึ่งค่าเฉลี่ยของ OECD เป็น 489 คะแนน (OECD. 2018) ดังนั้นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นจึงเน้นทั้ง 1) ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์ คือ เนื้อหา ความรู้ และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ 2) ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ และการสร้างและขยายความคิดเชิงคณิตศาสตร์ และ 3) ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทางคณิตศาสตร์ คือ ความเชื่อ ความรู้สึที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Henderson, 2002; NCTM, 2000; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551; สุรินทร์ บัญพัฒนาภรณ์, 2559) ดังนั้นการคิดเชิงคณิตศาสตร์จึงเป็นกระบวนการคิดที่สำคัญต่อการพัฒนาและเรียนรู้ของผู้เรียน ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสรุปข้อเท็จจริงได้อย่างเที่ยงตรง โดยอาศัยชุดของข้อมูลมาประกอบ ผู้เรียนต้องสร้างข้อคาดเดา ค้นหาวิธีการ ศึกษา

หาความรู้ การทดลอง เพื่อแก้ปัญหาหรือเพื่อสรุปเป็นสมบัติหรือกฎเกณฑ์ แล้วตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพื่อ ยืนยันการสรุปด้วยเหตุผลที่เหมาะสม

2.1.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้เน้นการตรวจสอบและมีระบบการสอนอย่างเป็นลำดับขั้นตอน รูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวนี้ยังมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีโอกาสคิด พิจารณา ไตร่ตรอง ตรวจสอบ การกระทำของตนเอง เป็นกระบวนการสร้างความหมายของผู้เรียนผ่านประสบการณ์ของตนเองโดยใช้กระบวนการตั้งคำถาม แล้วพิจารณาไตร่ตรองและเรียนรู้จากสิ่ง ๆ นั้นจนเกิดความเข้าใจนำไปสู่การปรับปรุงงานของตนเองให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและส่งเสริมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนให้มีกระบวนการคิด การแก้ปัญหา ตลอดจนนักเรียนสามารถเลือกใช้ข้อมูลต่าง ๆ ในการวางแผน ปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานให้เหมาะสม การที่ผู้เรียนได้ฝึกฝนการตรวจสอบ และประเมินผลตนเองมีส่วนส่งเสริมช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเข้าใจสิ่งนั้นอย่างลึกซึ้ง อีกทั้งรูปแบบการจัดการเรียนรู้เน้นการจัดการเรียนรู้ตามความสนใจของผู้เรียน เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกทำตามความสนใจ ช่วยให้เกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติจริงในลักษณะของการศึกษา สำรวจ ค้นคว้า ทดลอง ประดิษฐ์ คิดค้น มีการทำงานกลุ่ม โดยมีผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก แนะนำ การเรียนรู้ เป็นผู้กระตุ้น คอยช่วยเหลือผู้เรียนตามความเหมาะสม อีกทั้งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคิด ความเข้าใจ และรู้จักตนเองในด้านความสามารถและความถนัด หากพิจารณารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นภายใต้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีการคิดเชิงคณิตศาสตร์ทั้ง 7 ขั้นตอนนั้น แต่ละขั้นตอนจะส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง และกำกับตนเองเพื่อนำพาไปสู่เป้าหมาย ดังนี้ ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นวินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนสะท้อนความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาที่ตนเองเคยเรียนมา ผ่านการสะท้อนคิด ช่วยให้ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้ของตนเองก่อนที่จะเริ่มขั้นถัดไป ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ของตนเองในคาบเรียน เมื่อการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นทำให้ผู้เรียนสามารถประเมินตนเองได้ ในการดำเนินการไปถึงเป้าหมายหรือไม่ ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้สถานการณ์ปัญหา เป็นขั้นที่ผู้เรียนช่วยกันระดมสมองวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ ช่วยฝึกให้ผู้เรียนได้ทำงานกันอย่างมีระบบ และระเบียบแบบแผน ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้นอกชั้นเรียน เป็นขั้นที่ผู้เรียนศึกษาข้อมูล ความรู้ และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ จากภายนอกชั้นเรียน จากแหล่งข้อมูลที่ครูเตรียมไว้ เพื่อเตรียมดำเนินแก้สถานการณ์ปัญหาที่เป็นกิจกรรมในชั้นเรียน ขั้นนี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้ใช้เทคโนโลยีมาประกอบการจัดการเรียนรู้ สามารถค้นคว้าหาข้อมูลได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องรอรับข้อมูลเพียงจากผู้สอนเท่านั้น

และแหล่งข้อมูลมีจำนวนมากหมาย หลากหลายแหล่ง ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกการคัดกรองข้อมูล และเลือกใช้ข้อมูลที่เป็นสำหรับสถานการณ์ปัญหาเท่านั้น ชั้นที่ 5 ชั้นดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน เป็นชั้นที่ผู้เรียนนำข้อมูล ความรู้ และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ จากภายนอกชั้นเรียนที่ได้ไปศึกษามา ใช้ดำเนินแก้สถานการณ์ปัญหา แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย ขั้นย่อยที่ 5.1 ชั้นทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา เป็นชั้นที่ผู้เรียนเข้าใจสถานการณ์ปัญหา วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา โดยใช้ยุทธวิธีที่ได้เรียนรู้มาจากภายนอกชั้นเรียน ขั้นย่อยที่ 5.2 ชั้นแก้สถานการณ์ปัญหา เป็นชั้นที่ผู้เรียนดำเนินการแก้สถานการณ์ปัญหา ตามที่วางแผนไว้ ตามลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียน และสามารถให้เหตุผลของวิธีการที่นำมาใช้ ขั้นย่อยที่ 5.3 ชั้นสะท้อนคิด เป็นชั้นที่ผู้เรียนและเพื่อนในกลุ่มร่วมกันตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการแก้สถานการณ์ปัญหา และคำตอบที่ได้ ชั้นนี้เป็นการนำข้อมูลชุดความรู้ที่ผู้เรียนได้ไปค้นคว้าตามแหล่งต่าง ๆ ที่ผู้สอนได้เตรียมไว้ให้ มาประยุกต์ใช้ในชั้นเรียน จะช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกวิเคราะห์ข้อมูล และสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อไปสู่ปลายทาง ชั้นที่ 6 ชั้นสรุปและนำเสนอผลงาน เป็นชั้นที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอขั้นตอนตั้งแต่ได้รับสถานการณ์ปัญหา การวางแผน การเรียนรู้ชั้นเรียนร่วมกัน ดำเนินการในชั้นเรียน และผู้เรียนทั้งห้องร่วมกันอภิปราย ข้อสรุปการแก้สถานการณ์ปัญหาของห้องเรียน ชั้นนี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกการนำเสนอ และถ่ายทอดข้อมูลให้เพื่อนในชั้นเรียน ตลอดจนเพื่อนในชั้นเรียนได้เปรียบเทียบแนวคิดของกลุ่มตนเองกับกลุ่มที่ได้นำเสนอ และคัดเลือกวิธีที่สะดวกและรวดเร็วที่สุด มาดำเนินการแก้สถานการณ์ปัญหา ชั้นที่ 7 ชั้นประเมินผลการเรียนรู้ เป็นชั้นที่ผู้เรียนเปรียบเทียบสิ่งที่คาดหวังก่อนการทำกิจกรรมกับผลลัพธ์ที่ได้หลังการทำกิจกรรม จะช่วยให้ผู้เรียนประเมินได้ว่าการเรียนที่เกิดขึ้นในคาบนั้น บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ตนเองได้กำหนดเป้าหมายไว้หรือไม่

3. ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีคะแนนค่าเฉลี่ยหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน พบว่า ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้

ใช้โครงการเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

3.1 การคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีคะแนนค่าเฉลี่ยหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อาจสืบเนื่องมาจากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นภายใต้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยอภิปรายผลตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 วินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้ของตนเอง และสะท้อนความรู้ที่ตนเองมีออกมา ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ลักษณะเด่น และข้อบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของตนเองได้ และผู้เรียนสามารถนำลักษณะเด่นของตนเองมาใช้ในการเรียนรู้ และหาแนวทางแก้ไขหรือเติมเต็มข้อบกพร่องของตนเอง ดังที่ เขมณัญญ์ มิ่งศิริ ธรรม (2552:7) ได้กล่าวว่า กระบวนการเรียนรู้ที่เริ่มจากการวินิจฉัยความต้องการของตนเองว่าต้องการที่จะเรียนรู้ในเรื่องใด มีการกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง วางแผนการเรียนรู้ เรียนรู้ตามแผนที่วางไว้ และประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองอย่างต่อเนื่อง(ธรรม, 2009) **ขั้นที่ 2 กำหนดปัญหา** เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้ตั้งเป้าหมายของตนเองในการเรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งการตั้งเป้าหมายในการเรียนเปรียบเสมือนเข็มทิศนำไปสู่ความสำเร็จ **ขั้นที่ 3 วางแผนแก้สถานการณ์ปัญหา** เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนร่วมกันวางแผนแก้สถานการณ์ปัญหา กำหนดขั้นตอนวิธีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบเพื่อเรียนรู้และหาข้อมูลในการนำมาแก้สถานการณ์ปัญหา ทำให้ผู้เรียนสามารถวางแผนการเรียนรู้ของตนเอง และกำหนดเกณฑ์ความสำเร็จของตนเองได้ **ขั้นที่ 4 ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้นอกชั้นเรียน** เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนศึกษาข้อมูล ความรู้ และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ จากภายนอกชั้นเรียน เพื่อเตรียมดำเนินแก้สถานการณ์ปัญหาที่เป็นกิจกรรมในชั้นเรียน โดยการเรียนรู้นอกชั้นเรียนหรือห้องเรียนกลับด้านนั้นช่วยให้คุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนดีขึ้น ดังที่วุฒิชัย ภูติ (2564: 9) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการห้องเรียนกลับด้านกับการสอนแบบสืบเสาะแบบ 5E โดยใช้เครื่องมือดิจิทัลผ่านห้องเรียนเสมือนจริงในการสอนคณิตศาสตร์ พบว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับสภาพการเปลี่ยนแปลงทางสังคมโลก ซึ่งเทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนในปัจจุบัน ห้องเรียนกลับด้านเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้อีกวิธีหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนนั้นได้เกิดการเรียนรู้ตลอดเวลาซึ่งจะเรียนรู้ในห้องเรียน และนอกห้องเรียน โดยผู้เรียนได้เรียนผ่านการใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง (วุฒิชัย ภูติ,

2021) *ขั้นที่ 5 ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน* เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียน นำข้อมูล ความรู้ และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้จากภายนอกชั้นเรียน มาแก้สถานการณ์ปัญหา ซึ่งดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนนี้สอดคล้องกับแนวคิดของโพลยา (Poya. 1957) ที่เริ่มต้นการแก้ปัญหาด้วยการทำความเข้าใจกับปัญหา หาสิ่งที่ต้องการให้มีความแน่ชัด เพราะจะทำให้การแก้สถานการณ์ปัญหามีโอกาสที่จะสำเร็จได้ โดยผู้เรียนจะแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา นำเสนอตัวแทนความคิด แสดงความรู้และมโนทัศน์ที่ใช้ แสดงการให้เหตุผลประกอบการแก้ปัญหา สื่อสารผ่านภาพหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ *ขั้นที่ 6 สรุปและนำเสนอผลงาน* เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่ม นำเสนอขั้นตอนตั้งแต่ได้รับสถานการณ์ปัญหา การวางแผน การเรียนรู้นอกชั้นเรียนร่วมกัน ดำเนินการในชั้นเรียน และข้อสรุปที่ได้ ผู้เรียนทั้งห้องร่วมกันอภิปราย ข้อสรุปการแก้สถานการณ์ปัญหาของห้องเรียน *ขั้นที่ 7 ประเมินผลการ* เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของตนเองที่ได้ตั้งไว้ตอนต้นคาบเรียน มาประเมินความสำเร็จ อุปสรรค ปัญหาที่พบเจอในการเรียนรู้ตามแผนที่ได้วางไว้ หรือเป็นแนวทางในการปรับปรุงสำหรับการเรียนรู้ในครั้งหน้า ซึ่งการใช้การสะท้อนคิดเป็นเครื่องมือในการพัฒนาคุณลักษณะที่พึงประสงค์ โดยเฉพาะใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทางด้านการคิดของผู้เรียนโดยเน้นการสะท้อนคิดที่เกิดในตัวของผู้เรียนเอง สิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้และสะท้อนออกมาจากประสบการณ์ของตนเองที่พบเจอเป็นหลักซึ่งทำให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดที่สูงขึ้น ซึ่งขั้นตอนการเรียนรู้ทั้ง 7 ขั้นตอนนี้ สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้นได้

3.2 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน พบว่า ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด อาจสืบเนื่องมาจาก หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเน้นขั้นตอนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ คือ การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ ความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และอักษณาสัยทางคณิตศาสตร์ จึงทำให้ผู้เรียนได้วินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้ของตนเอง ได้ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งในและนอกชั้นเรียน ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา

สะท้อนคิดขั้น ได้ลงมือปฏิบัติ ทำงานร่วมกับเพื่อน จึงทำให้ผู้เรียนสนุก เกิดการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ทำให้การเรียนรู้มีความหมายต่อตัวผู้เรียน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเป็นวิธีการหรือกระบวนการที่จะทำให้การเรียนรู้บรรลุวัตถุประสงค์ เป็นการนำเสนอถึงขั้นตอน การให้รายละเอียดเกี่ยวกับลำดับกระบวนการจัดการเรียนรู้ หรือกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และกระบวนการจัดการเรียนรู้ของคุณเพื่อให้ผู้เรียนได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีการอธิบาย หรือให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการสอน และเทคนิคการสอนต่าง ๆ อันจะช่วยให้กระบวนการเรียนรู้นั้น ๆ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด (ทีศนา เขมมณี, 2560; ประภัสสร วงษ์ดี, 2561)

ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีประเด็นที่พบ จึงขอเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ และให้ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปใช้สามารถดำเนินการดังนี้

1. การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปใช้ ควรใช้ให้เป็นไปตามหลักการ วัตถุประสงค์ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน โดยที่แต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและลงมือปฏิบัติ เป็นไปตามแนวทางที่อธิบายในแต่ละขั้นตอน
2. ผู้สอนสามารถปรับเวลาและเนื้อหาให้สอดคล้องกับผู้เรียนตามความเหมาะสมกับสถานการณ์
3. ผู้สอนสามารถปรับสถานการณ์ในการจัดการเรียนรู้และวัดประเมินผลให้เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในครั้งนี้ ควรมีการนำไปทดลองขยายผลโดยนำรูปแบบไปประยุกต์ใช้กับการคิดในด้านอื่น ๆ ของคณิตศาสตร์ เช่น การคิดเชิงพีชคณิต การคิดเชิงนามธรรม การคิดเชิงคำนวณ เป็นต้น
2. การพัฒนาคู่มือการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้สอน
3. การพัฒนาเทคโนโลยีมาช่วยในการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเองได้ตามความสนใจ
4. การประเมินการดำเนินการทางการคิด อัจฉริยภาพทางคณิตศาสตร์ ควรวัดประเมินแยกจากองค์ประกอบอื่น จะได้เห็นลักษณะที่เฉพาะของด้านนี้
5. การประเมินการดำเนินการทางการคิดควรแบ่งออกเป็นระยะ ๆ เช่น ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังการทดลอง เพื่อจะให้เห็นพัฒนาการของผู้เรียน
6. องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ได้แก่ การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ ให้เหตุผล การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ และสร้างตัวแทนความคิด มีความทับซ้อนกันในเรื่องการดำเนินการ การวิจัยถัดไปอาจจะปรับแก้ไขโดยปรับลดองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่ทับซ้อนกันให้น้อยลง จะทำให้ผู้วิจัยได้วัดประเมินผลได้ง่ายขึ้น

บรรณานุกรม

- (สสวท), ส. (2562). Retrieved from <https://pisathailand.ipst.ac.th>
- Amaral, S. S. (2010). *Children's discursive representations of their mathematical thinking: an action research study*.
- Anderson. (1997). *Using models of Instruction*. Englewood Cliffs: Education Technology Publications.
- Areglado, R. J., Bradley R.C., & Lane, P. S. (1996). *Learning for Life: Creating Classrooms for Self-Directed Learning*. California: Corwin Press, Inc.
- Arends, C. R. (1997). *Classroom Instruction and Management*. NY: McGraw Hill.
- Armstrong, G., Adam, S., Denize, S., & Kotler, P. (2014). *Principles of marketing*: Pearson Australia.
- Aroonjit, S. (2022). การ เรียน ออนไลน์ กับ การ เรียน รู้ ด้วย การนำ ตนเอง ของ นักศึกษา คณะ สังคมสงเคราะห์ ศาสตร์ มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์. *Journal of Social Work*, 30(1), 127-153.
- Barak, M., & Dori, Y. J. (2005). Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment. *Science education*, 89(1), 117-139.
- Bloom, B. S. (1976). *Human characteristics and school learning*: McGraw-Hill.
- Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., Marx, R. W., & Soloway, E. (1994). Lessons learned: How collaboration helped middle grade science teachers learn project-based instruction. *The Elementary School Journal*, 94(5), 539-551.
- Brockett, R. G., & Hiemstra, R. (1991). *Self-Direction in Adult Learning: Perspectives on Theory*. New York: Routledge Chapman and Hall.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction* (Vol. 59): Harvard University Press.
- Cai, J. (2003). Singaporean students' mathematical thinking in problem solving and problem posing: an exploratory study. *International journal of mathematical education in science and technology*, 34(5), 719-737.
- Candy, P. C. (1991). *What is self-directed learning? Self-direction for lifelong learning*. San

Francisco: Jossey-Bass.

Chanprasert, K. (2013). การพัฒนา แบบ วัด ความ พร้อม ใน การ เรียน รู้ แบบ นำ ตนเอง สำหรับ นักศึกษา กลุ่ม วิทยาศาสตร์ สุขภาพ. *Suthiparithat*, 27(82), 23-39.

Colman, A. M. (2015). *A dictionary of psychology: Oxford quick reference*.

Costa, L. A., & Kallick, B. (2004). *Assessment Strategies for Self-directed Learning*. California: Sage Publication.

Dick, W., & Carey, L. (1996). *The Systematic Design of Instruction* (4th ed ed.). NY: Harper Collins College Publishers.

Dimitra, K. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving School*, 19(3), 267-268.

EI-Hindi, A. E., & Branch, R. C. (1991). The Systematic Design of Instruction. In: JSTOR.

Fraivillig, J. (2001). Strategies For Advanceing Children's Mathematical Thinking. *ERIC*, 7(8), 454-459. Retrieved from Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=EJ670461>

Gagne, R. H. (1974). *Essentials of learning for Instruction*. Hinsdale, Ill: The Dryden.

Garrison, D. R. (1997). Self-directed learning: Toward a comprehensive model. *Adult education quarterly*, 48(1), 18-33.

Gilmer. B. V. (1971). *Industrial Psychology*. New York: McGraw-Hill, Book Company.

Good, C. V. (1973). *Dictionary of education* (3rd ed ed.). NY: McGraw-Hill.

Greenwood, J. J. (1993). On the Nature of Teaching and Assessing "Mathematical Power" and "Mathematical Thinking". *Arithmetic Teacher*, 41(3), 144-152.

Hammond, M., & Collins, R. (1991). *Self-Directed Learning Critical Practice*. NJ: Nichols/GP Publishing.

Hargis, J. (2005). Collaboration, community and project-based learning-Does it still work online? *International Journal of Instructional Media*, 32(2), 157.

Harris, M. J. (2014). *The challenges of implementing project-based learning in middle schools*. University of Pittsburgh,

Heleni, S., & Zulkarnain, Z. (2018). The Influence of Mathematical Thinking Ability with Modified MOORE Method on Learning Outcomes of Basic Mathematic II Chemical Education Students. *Journal of Educational Sciences*, 2(2), 33-41.

- Henderson, P. B. (2002). *Materials Development in Support of Mathematical Thinking*. Indiana: Department of Computer Science and Software Engineering Butler University.
- Herzberg, F. (2017). *Motivation to work*: Routledge.
- Hiemstra, R. (1994). Helping learners take responsibility for self-directed activities. *New directions for adult and continuing education*, 1994(64), 81-87.
- Joyce, B. (1996). *Models of teaching* (5th ed ed.). Boston: Allyn and Bacon.
- Joyce, B. R., Weil, M., & Calhoun, E. (2004). *Models of teaching* (7th ed ed.). Boston: Pearson/Allyn and Bacon.
- Joyce, W. (2000). *Model of teaching* (5th ed ed.). Boston: Allyn & Bacon.
- Kelly. (2007). *The Theory of Experiential Learning and ESL*. n.p: n.p.
- Kemp, J. E. (1985). *The Instructional Design Process*. NY: Harper & Row.
- Knowles, M. (1975). *Self-directed Learning: A guild for Learner and Teacher*. Chicago: Association Press.
- Kostos, K., & Shin, E. (2010). Using math journals to enhance second graders' communication of mathematical thinking. *Early childhood education journal*, 38(3), 223-231.
- Lounsbury., e. a. (2014). *Blended Learning : Research Perspective*. New York: Taylor & Francis Inc.
- Maslow, A. H. (1998). *Maslow on management*: John Wiley & Sons.
- Mason, J., Burton, L., & Stacey, K. (2010). *Thinking Mathematically* (2nd ed ed.). Harlow: Pearson.
- Mezirow, J. (1981). A critical theory of adult learning and education. *Adult education*, 32(1), 3-24.
- NCTM. (2000). *Principle and Standards for School Mathematics*. USA: NCTM.
- O'Daffer, P. G., & Thornquist, B. A. (1993). *Critical Thinking, Mathematical reasoning, and Proof, "in Reasoning Ideas for the Classroom, High School Mathematics*. NY: Macmilan.
- OECD. (2018). PISA 2018 results. Retrieved from Retrieved from

<https://www.oecd.org/pisa/publications/pisa-2018-results.htm>

Railsback, J. (2002). *Project-Based Instruction: Creating Excitement for Learning*. By Request Series.

Rossman, S. B., & Morley, E. (1995). *The National Evaluation of Cities in Schools*. Executive Summary.

Skager, R. (1978). *Lifelong Education and Evaluation Practice*. London: Croon Helm.

Smith, R. M. (1982). *Learning How to Learn: Applied Theory for Adults*. Great Britain: Open University Press.

Solomon, G. (2003). Project-based learning: A primer. *Technology and learning-dayton-*, 23(6), 20-20.

Stacey, K. (2007). WHAT IS MATHEMATICAL THINKING AND WHY IS IT IMPORTANT? Retrieved from Retrieved from http://www.criced.tsukuba.ac.jp/math/apec/apec2007/progress_report/symposium/Kays_Stacey.pdf

Taylor, I., & Burgess, H. (1995). Orientation to self-directed learning: Paradox or paradigm? *Studies in Higher Education*, 20(1), 87-98.

Vroom, V. H. (1964). *Work and motivation*.

Whitehead, A. N. (1976). *The Aims of Education and Other Essay*. New York: The Free Press.

Woods, T., Williams, G., & McNeal, B. (2006). Children's mathematical thinking in different classroom cultures. *Journal for research in mathematics education*, 37(3), 222-255.

เดชวิชัย พิมพ์โคตร. (2563). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมครูในการจัดการเรียนรู้โครงงานเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนวิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษกอุดรธานี. *วิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา*, 4(2), 140-150.

เทพกัญญา พรหมขัตแก้ว. (2557). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 42(188), 14-17.

เทิดศักดิ์ เดชคง. (2542). จากความฉลาดทางอารมณ์สู่สติและปัญญา. กรุงเทพฯ มติชน. .

เนตรนพิศ คตจำปา. (2558). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปฏิบัติการโดยใช้โครงงานเป็น

ฐานที่ส่งผลต่อความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. บัณฑิตศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 12(59), 63-76.

เพชรรัตน์ บุญเสนอ. (2563). กระบวนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานที่มีผลต่อ
ทักษะการคิดแก้ปัญหาของเด็กปฐมวัยชั้นคณะโรงเรียนรุ่งอรุณ. บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัย
ราชภัฏสกลนคร, 17(79), 141-150.

เพ็ญภา สีสูกอง. (2561). การศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5 รายวิชา 30233 เพิ่มเติมหน้าที่พลเมืองที่ได้รับ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้
โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning). บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏ
สกลนคร, 12(4), 55-62.

เรา อรุณวงศ์. (2543). รูปแบบการสอน. กำแพงเพชร: สถาบันราชภัฏกำแพงเพชร.

เสาวณีย์ ลีขาบัณฑิต. (2538). เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าพระนครเหนือ.

แพรวไหม สามารถ. (2555). การพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดย
ใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต).
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

โซคอนันต์ จิ่งเจริญรัตน์. (2563). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถใน
การใช้เทคโนโลยีสร้างสรรค์อย่างมีวิจารณญาณสำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.
(ปริญญาานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

กาญจนา อรุณสุขจุฑา. (2546). ความพึงพอใจของสมาชิกสหกรณ์ต่อการดำเนินงานของสหกรณ์
การเกษตรไชยปราการจำกัด อำเภอไชยปราการจังหวัดเชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์

กิตติศักดิ์ เกตุญาติ. (2557). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ B-R-A-I-N เพื่อส่งเสริม
ความสามารถทางการคิดวิจารณ์ของเด็กรุ่นวัย. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาการศึกษา
ดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

จันทร์เพ็ญ ปรีชา. (2022). การพัฒนาแบบวัดการคิดเชิงระบบทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
มัธยมศึกษาตอนปลาย. การวัดผลการศึกษา, 39(106), 63-74.

จันทร์ศรีมีโชติ, เ. (2558). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
โดยการประยุกต์ทฤษฎีคอนสตรัคติวิซิมสู่การเรียนรู้ด้วยกระบวนการวิจัย. (ปรัชญาดุษฎี

- บัณฑิต (วิจัย วัดผล และสถิติการศึกษา). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- จิราภรณ์ ศิริทวี. (2542). โครงการทางเลือกใหม่ของการสร้างปัญญาชน. วารสารวิชาการ, 2(8), 35-37.
- จุไรรัตน์ สุตรง. (2547). การพัฒนาหลักสูตรแบบเน้นกระบวนการทำโครงการเพื่อเสริมทักษะภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ชาติรี เกิดธรรม. (2547). เทคนิคการสอนแบบโครงการ. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- ฐิติรัศมยาณ์ แก่นเพชร. (2559). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองผ่านสื่อสังคมออนไลน์โดยใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบร่วมกันของผู้เรียนระดับบัณฑิตศึกษา. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุสิตบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ณัฐกาญจน์ อนันทรวัน. (2559). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ศิลปะเพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้แบบร่วมมือของนักเรียนในห้องเรียนรวมระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้น (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุสิตบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ณิชายาดา ภูชิตานุกฤษ. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้สังคมศึกษาโดยใช้โครงการเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างทักษะการทำงานเป็นทีม. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ดุสิต โยเหลา., &. (2557). การศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบ PBL ที่ได้จากโครงการสร้างชุดความรู้เพื่อสร้างเสริมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ของเด็กและเยาวชน : จากประสบการณ์ ความสำเร็จของโรงเรียนไทย. กรุงเทพฯ: หจก.ทิพย์วิสุทธิ.
- ทอง, ส. ห., & การ, เ. ก. ร. (2021). การ พัฒนารูปแบบ การ ฝึก อบรม แบบ ผสมผสาน ตาม หลักการนำ ตนเอง เพื่อ เสริม สร้าง สมรรถนะ การ รู้ ดิจิทัล สำหรับ ครู ใน สังเกต สำนักงาน คณะ กรรมการ การ ศึกษา ชั้น พื้นฐาน. *Journal of Humanities and Social Sciences Nakhon Phanom University*, 11(2), 197-209.
- ทิพวรรณ ดวงปัญญา. (2557). การพัฒนารูปแบบการจัดประสบการณ์เรียนรู้แบบ MEEC เพื่อส่งเสริมทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุสิตบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ทีศนา แชมมณี. (2560). ศาสตร์การสอน ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 21 ed.). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธรรม, เ. ณ. ฎ. ส. ม. ศ. (2009). การ เรียน รู้ ด้วย การนำ ตนเอง บน เครือ ข่าย Self-directed

- Learning on web-based Learning. วารสาร ศึกษา ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 32(1), 6-13.
- ธารทิพย์ ชุนทอง. (2562). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความฉลาดทางสังคมของวัยรุ่น. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- นฤมล ยุตาคม. (2543). การเรียนรู้โดยการทำโครงการ (Project-based learning). วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 15(2), 35-46.
- นุสรา สกลนุกกิจ. (2559). การพัฒนารูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้การศึกษานอกระบบในประชาคมอาเซียน (ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- บริสุทธิ์ธรรม พิมพิศิริ. (2560). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด *Constructivism* เพื่อส่งเสริมความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา (ปริญญานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.
- บุรชัย ศิริมหาสาร. (2547). การออกแบบหลักสูตรและกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการ. กรุงเทพฯ: บั๊ค พอยท์ จำกัด.
- ประภัสสร วงษ์ดี. (2561). รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการทำวิจัยในชั้นเรียนของนักศึกษาครุสาขาช่างอุตสาหกรรม. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 21(1), 109-126.
- ปัทมา อนันต์. (2561). การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยประยุกต์ใช้การวิจัยอิงการออกแบบ. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน. (2546). พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์.
- พรณิสรา จันแย้ม. (2563). การใช้ผังความคิดกราฟิกแบบร่วมมือออนไลน์ในการเรียนโดยใช้โครงการเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เชิงธุรกิจและจริยธรรมของนักศึกษาปริญญาตรี. ครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 48(3), 228-240.
- พัชรี ศรีสังข์. (2551). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาจิตวิทยาสังคมโดยใช้ชุมชนและประสบการณ์เป็นฐานเพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์. วารสารพฤติกรรมศาสตร์, 14(1), 33-47.

- พิมพ์ตะวัน จันทัน. (2563). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะความเป็นพลเมืองดิจิทัลสำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์., แ. (2556). การสอนคิดด้วยโครงการการเรียนการสอนแบบบูรณาการ ทักษะในศตวรรษที่ 21 (พิมพ์ครั้งที่ 3 ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์., แ. (2559). สอนเด็กทำโครงการ สอนอาจารย์ทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (PBL-CAR). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภูริชญา เผือกพรหม. (2559). การพัฒนาหลักสูตรการเรียนรู้ภาษาอังกฤษตามแนวความคิดการบูรณาการเนื้อหาเกี่ยวกับภาษาและการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญาานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ยะยา ยุทธิปูน. (2563). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความเชื่อมั่น ในการสื่อสารภาษาอังกฤษและทักษะชีวิต สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- รัฐพงษ์ โพธิ์รังสิยากร. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้สังคมศึกษาโดยใช้โครงการเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- รุ่งทิภา นานำรุ่ง. (2550). วิถีธรรมชาติแห่งการคิดเชิงคณิตศาสตร์เรื่องการคูณและการหารของเด็กที่มีอายุตั้งแต่ 7-10 ปี. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ล้วน สายยศ; อังคณา สายยศ. (2543). การวัดด้านจิตพิสัย. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ลัดดา ภูเกียรติ. (2552). การสอนแบบโครงการและการสอนแบบใช้วิจัยเป็นฐาน:งานที่ครูประถมทำได้. กรุงเทพฯ: สาสะแอนด์ซันพริ้นติ้ง.
- วราภรณ์ ตระกูลสถุชาติ. (2545). การนำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บด้วยการเรียนรู้แบบโครงการเพื่อการเรียนรู้เป็นทีมของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วัชรีย์ บุรณสิงห์. (2526). การสอนคณิตศาสตร์ตามความแตกต่างระหว่างบุคคล. กรุงเทพฯ: สุโขทัยธรรมมาธิราช.
- วัฒน์ มาคคสมัน. (2554). การสอนแบบโครงการ (พิมพ์ครั้งที่ 3 ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2545). เทคนิคและกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามหลักสูตร การศึกษาระดับพื้นฐาน พ.ศ. 2544. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.
- วิวัฒน์ อินทมานนท์. (2560). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้วิชา สังคมศึกษาในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาปรัชญา ดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.
- วุฒิชัย ภูดี. (2021). แนวทาง การ จัดการ เรียน รู้ โดย การบูร ณา การ ห้องเรียน กลั บ ดั ้น กั บ การ สอน แบบ สี่บ เสาะ แบบ 5E โดย ใช้ เครื่องมือ ดิจิทัล ผ่าน ห้องเรียน เสมือน จริง ใน การ สอน คณิตศาสตร์. วารสาร วิทยาศาสตร์ และ วิทยาศาสตร์ ศึกษา (JSSE), 4(2), 279-288.
- ศศิธร แม้นสงวน. (2555). โครงการและกิจกรรมคณิตศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 2 ed.). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2545). ทฤษฎีการประเมิน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- ศุภสิริ โสมาเกตู. (2544). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจในการเรียน วิชาภาษาอังกฤษชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการเรียนโดยโครงการน กับการเรียนตาม คู่มือครู. (ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (ประถมศึกษา)). มหาวิทยาลัย มหาสารคาม, มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย
- สถาบันกศน.ภาคกลางสำนักงานกศน. (2558). ความหมายและความสำคัญของ Social Media. Retrieved from สืบค้นจาก <http://crnfe2013.blogspot.com/2013/05/11-socialmedia.html>
- สมคิด อิศระวัฒน์. (2538). ลักษณะการเรียนรู้ด้วยตนเองของคนไทย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สมคิด อิศระวัฒน์. (2541). รายงานการวิจัยเรื่องลักษณะการอบรมเลี้ยงดูของคนไทยในชนบทซึ่งมี ผลต่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง. กรุงเทพฯ: ภาควิชาศึกษาศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์และ มนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สมบัติ สุวรรณพิทักษ์. (2543). เทคนิคการสอนแนวใหม่ สำหรับการศึกษานอกโรงเรียน (พิมพ์ครั้งที่ 3 ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2551). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่ม

- สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา
ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สุคนธ์ สีนธพานนท์. (2545). การจัดกระบวนการเรียนรู้ : เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามหลักสูตร
การศึกษาขั้น. กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.
- สุทินนท์ บุญพัฒนาภรณ์. (2559). การพัฒนาหลักสูตรเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ.
- สุพิน ดิษฐสกุล. (2543). การเรียนรู้ด้วยวิธีทำโครงการ (Collaborative Project-Based Learning).
วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 15(3), 49-56.
- สุมนิตย์ เกิดหนูวงศ์. (2554). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยการ
นำตนเองของผู้เรียนที่เป็นผู้ใหญ่ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร
ดุษฎีบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สุรกุล เจนอบรม. (2532). การเรียนรู้ด้วยตนเอง: นวัตกรรมทางการศึกษาที่ไม่เคยเก่า. กรุงเทพฯ:
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวัฒน์ นิยมไทย. (2553). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิชาชีพแบบผสมผสาน โดยใช้
โครงการเป็นฐานในสถานประกอบการเพื่อพัฒนาการปฏิบัติงานและการแก้ปัญหา สำหรับ
นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพช่างอุตสาหกรรม. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร
ดุษฎีบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สุวัฒน์ วัฒนวงศ์. (2551). รวมบทความแนวคิดทางอาชีวศึกษาและการศึกษาผู้ใหญ่. กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- หน่วยศึกษานิเทศก์สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษากระทรวงศึกษาธิการ. (2559). แนว
ทางการจัดการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน (พิมพ์ครั้งที่ 2 ed.). นครปฐม: ห้างหุ้นส่วน
จำกัด สนิทวิกิจ พรินติ้ง.
- อังคณา ตุงคะสมิต. (2559). สังคมศึกษาในโลกอาเซียน *Social studies in ASEAN Community*.
ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อัญชลี ทองแถม. (2561). การเรียนรู้โดยใช้โครงการเพื่อพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. วารสารวไลย
อลงกรณ์ปริทัศน์, 8(3), 185-199.
- อัมพร ม้าคอง. (2558). คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม (พิมพ์ครั้งที่ 9 ed.). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

อาชัญญา รัตน์อุบล. (2551). พัฒนาการการเรียนรู้และการจัดกิจกรรมสำหรับผู้ใหญ่. กรุงเทพฯ:

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุไรวรรณ ชินพงษ์. (2556). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาคุณลักษณะการเรียนรู้

ด้วยการนำตนเองของนักศึกษาวิทยาลัยชุมชน. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎี

บัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.





ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

- รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของการคิดเชิงคณิตศาสตร์
- รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์
- รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องและประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้
- รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องและประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้
- รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องแบบประเมินความพึงพอใจ

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

1. รองศาสตราจารย์ ดร.จินดิษฐ์ ละออบปักษิน
มหาวิทยาลัย
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย อักษรคิด
คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญ เพ็ญชัย
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
4. รองศาสตราจารย์ ดร.ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี
คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ บุญพัฒนามภรณ์
สาขา คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิต
มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
(ฝ่ายมัธยม)

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

- | | |
|---|---|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.จิตติษฐ์ ละออปักษิน | คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย อักษรคิด | คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญ เพ็ญชัย | คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจินันท์ บุญพัฒนาภรณ์ | สาขา คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิต
มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
(ฝ่ายมัธยม) |
| 5. อาจารย์ ดร.ธีรเชษฐ เรืองสุขอนันต์ | สาขา คณิตศาสตร์
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
(ฝ่ายมัธยม) |

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องและประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฯ

- | | |
|--|---|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ | คณะศึกษาศาสตร์ |
| | มหาวิทยาลัยรามคำแหง |
| 2. อาจารย์ ดร.พีชาณิกา เพชรสังข์ | คณะครุศาสตร์ |
| | มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี |
| 3. อาจารย์ ดร.ธีรเชษฐ์ เรืองสุขอนันต์ | สาขา คณิตศาสตร์ |
| | โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัย |
| | ศรีนครินทร์วิโรฒ ประสานมิตร |
| | (ฝ่ายมัธยม) |
| 4. อาจารย์ ดร.สุธาร์ตน์ สมรรถการ | สาขา คณิตศาสตร์ |
| | โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัย |
| | ศรีนครินทร์วิโรฒ ประสานมิตร |
| | (ฝ่ายมัธยม) |
| 5. อาจารย์ ดร.เพ็ญลดา ทุ่ไพเราะ | ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ |
| | ชำนาญการพิเศษ (ค.ศ.3) กลุ่มสาระ
การเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสงวน
หญิง จังหวัดสุพรรณบุรี |

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องแบบประเมินความพึงพอใจ

- | | |
|--|---|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ | คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยรามคำแหง |
| 2. อาจารย์ ดร.พีชานิกา เพชรสังข์ | คณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี |
| 3. อาจารย์ ดร.กุสุมา ยกชู | คณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม |
| 4. อาจารย์ ดร.นลินทิพย์ คชพงษ์ | คณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม |
| 5. อาจารย์ ดร.บุญสม ศรีศักดิ์ดา | ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ชำนาญการ
พิเศษ (ค.ศ.3) กลุ่มสาระการเรียนรู้
คณิตศาสตร์ โรงเรียนสงวนหญิง
จังหวัดสุพรรณบุรี |

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
- แบบทดสอบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์
- แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้

รายวิชา การคิดเชิงคณิตศาสตร์

คณิตศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566

หน่วยการเรียนรู้ ยุทธวิธีแก้ปัญหา : สร้างตาราง

เวลา 2 คาบ

ครูผู้สอน ว่าที่ ร.ต.ไพรัช เจริญตรีเพชร

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถ

1.1.1 ระบุความรู้และมโนทัศน์ที่ใช้การแก้สถานการณ์ปัญหาได้

1.1.2 เชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้การแก้สถานการณ์ปัญหาได้

1.2 ด้านการดำเนินการทางการคิด นักเรียนสามารถ

1.2.1 แก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ได้

1.2.2 ให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ได้

1.2.3 สื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้

1.2.4 นำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้

1.3 ด้านอักษณาสัยทางคณิตศาสตร์ นักเรียนมีอักษณาสัยทางคณิตศาสตร์

2. สาระสำคัญ

สถานการณ์ปัญหา “การคำนวณหมึกพิมพ์” เป็นกิจกรรมที่มีจุดประสงค์เพื่อประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ใช้การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ในการแก้สถานการณ์ปัญหา โดยใช้ยุทธวิธีสร้างตาราง

3. สารการเรียนรู้

สถานการณ์ปัญหา : การคำนวณหมึกพิมพ์

เครื่องพิมพ์ทุกประเภทจะนับการใช้หมึกที่ 5% ต่อกระดาษ A4 เท่ากับ 1 หน้า ไม่ใช่จำนวนแผ่นกระดาษที่พิมพ์ออกมา เช่น พิมพ์เอกสารออกมา 1 หน้า ที่มีตัวหนังสือประมาณ 50% ของหน้ากระดาษ A4 เครื่องพิมพ์จะนับเป็น 10 หน้า

โรงเรียนแห่งหนึ่งมีนักเรียนทั้งหมดจำนวน 1,500 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 720 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 780 คน ถ้าในสัปดาห์คณิตศาสตร์มีกิจกรรมการแข่งขันคณิตคิดเร็วในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีผู้สนใจเข้าร่วมกิจกรรมทั้งหมด 198 คน โดยนักเรียนที่แข่งขันได้รางวัลชนะเลิศ รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 1 รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 2 และรางวัลชมเชยอีก 5 รางวัล จะได้รับเกียรติบัตร คนละ 1 ใบ และนักเรียนที่เหลือจะได้รับเกียรติบัตรในฐานะผู้เข้าร่วมการแข่งขันคนละ 1 ใบ และเครื่องพิมพ์เกียรติบัตรที่ใช้ในครั้งนี้ คำนวณการใช้หมึกพิมพ์กระดาษไว้ที่ 550 แผ่นต่อหมึก 1 ตลับ และมีหมึกเพียง 4 ตลับ

คำถาม ถ้าต้องการจัดทำเกียรติบัตรสำหรับผู้ได้รับรางวัลให้มีเปอร์เซ็นต์การใช้หมึกต่อ 1 หน้า มากกว่าเกียรติบัตรของผู้เข้าร่วมกิจกรรม และใช้หมึกตั้งแต่ 40 % แต่ไม่เกิน 80 % ต่อ 1 หน้ากระดาษ A4 ทางผู้จัดทำเกียรติบัตรต้องออกแบบเกียรติบัตรอย่างไร ให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมทุกคนได้รับเกียรติบัตรที่มีเปอร์เซ็นต์การใช้หมึกต่อ 1 หน้ากระดาษมากที่สุด

วิธีทำ

1.) สิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้มีอะไรบ้าง

1. เครื่องพิมพ์นับการใช้หมึก 5% ต่อ 1 หน้ากระดาษ A4
2. กระดาษ A4 หนึ่งหน้า ใช้หมึก 50% เครื่องพิมพ์จะนับการใช้กระดาษ 10 แผ่น
3. มีผู้เข้าร่วมกิจกรรมแข่งขันคณิตคิดเลขเร็ว 198 คน ถ้าได้รับรางวัลมี 8 คน
4. เกียรติบัตรที่มอบให้ผู้รับรางวัลและผู้เข้าร่วมกิจกรรมแต่ไม่ได้รับรางวัลจะใช้หมึก ใช้หมึกตั้งแต่ 40 % แต่ไม่เกิน 80 % ต่อ 1 หน้ากระดาษ A4

5. เครื่องพิมพ์เขียวระดับที่ใช้ในครั้งนี้นำจำนวนการใช้หมึกพิมพ์กระดาษไว้ที่ 550 แผ่นต่อหมึก 1 ตลับ และมีหมึกเพียง 4 ตลับ

2.) สิ่งที่โจทย์ต้องการหามีอะไรบ้าง

ถ้าต้องการจัดทำเกียรติบัตรสำหรับผู้ได้รับรางวัลให้มีเปอร์เซ็นต์การใช้หมึกต่อ 1 หน้า มากกว่าเกียรติบัตรของผู้เข้าร่วมกิจกรรม และใช้หมึกตั้งแต่ 40 % แต่ไม่เกิน 80 % ต่อ 1 หน้ากระดาษ A4 ทางผู้จัดทำเกียรติบัตรต้องออกแบบเกียรติบัตรอย่างไร ให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมทุกคนได้รับเกียรติบัตรที่มีเปอร์เซ็นต์การใช้หมึกต่อ 1 หน้ากระดาษมากที่สุด

3.) นักเรียนนำความรู้เรื่องใดมาใช้ในการแก้ปัญหา

1. ร้อยละ

2. สัดส่วน

3. การเทียบบัญญัติไตรยางค์

4.) สิ่งที่โจทย์ให้มาแต่ไม่ได้นำมาใช้แก้ปัญหามีอะไรบ้าง

1. จำนวนนักเรียนทั้งหมด 1,500 คน

2. จำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 720 คน

3. จำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 780 คน

5.) นักเรียนใช้ยุทธวิธีใดในการแก้ปัญหา

1. แจกแจงกรณี

2. การสร้างตาราง

6.) นักเรียนวางแผนในการการแก้ปัญหาอย่างไร

1. จำนวนการใช้หมึกของเครื่องพิมพ์ต่อเกียรติบัตร 1 ใบ และต่อคนรับรางวัลทั้งหมด

2. เปรียบเทียบจำนวนการใช้หมึก เลือกกรณีการใช้หมึกที่ไม่เกินหมึก 4 ตลับ

7.) เหตุผลในการยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาข้างต้น

เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลหาคำตอบได้ง่ายขึ้น จัดข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ.....

8.) แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและตอบคำถาม

จัดทำเกียรติบัตรให้กับผู้เข้าร่วมกิจกรรม เท่า 198 ใบ แบ่งออกเป็น เกียรติบัตรสำหรับผู้ได้รับรางวัล จำนวน 8 หน้า และเกียรติบัตรสำหรับผู้เข้าร่วมกิจกรรมที่ไม่ได้รับรางวัล จำนวน 190 หน้า.....

คำนวณการใช้หมึก เกียรติบัตร 1 หน้า.....

..... คำนวณการใช้หมึก 5% เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ 1 หน้า.....

..... คำนวณการใช้หมึก $n\%$ เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ $\frac{n}{5}$ หน้า.....

พิมพ์เกียรติบัตรสำหรับผู้ได้รับรางวัล จำนวน 8 คน เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ $\frac{8n}{5}$ หน้า.....

พิมพ์เกียรติบัตรสำหรับผู้เข้าร่วมกิจกรรม จำนวน 190 คน เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ

$$\frac{190n}{5} = 38n \text{ หน้า}$$

เครื่องพิมพ์คำนวณการใช้หมึกพิมพ์กระดาษไว้ที่ 550 แผ่นต่อหมึก 1 ตลับ และใช้หมึกพิมพ์ 4 ตลับ

..... พิมพ์กระดาษได้ 2,200 แผ่น.....

การใช้หมึก	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%
จำนวนคน									
8 คน	128	120	112	104	96	88	80	72	64
190 คน	3,040	2,850	2,660	2,470	2,280	2,090	1,900	1,710	1,520

คำตอบ 1. จัดทำเกียรติบัตรสำหรับผู้ได้รับรางวัลเครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ 104 หน้า

ใช้หมึก 65% ต่อ 1 หน้ากระดาษ.....

2. จัดทำเกียรติบัตรสำหรับผู้ได้เข้าร่วมกิจกรรมเครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ 2,090 หน้า ใช้หมึก 55% ต่อ 1 หน้ากระดาษรวมเครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ เท่ากับ $104 + 2,090 = 2194$ หน้า.....

9.) ตรวจสอบคำตอบ

1. ผู้ได้รับรางวัล 8 คน เครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ 104 หน้า.....

.....ผู้ได้รับรางวัล 1 คน เครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ $\frac{1 \times 104}{8} = 13$ หน้า.....

.....เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ 1 หน้า เท่ากับ การใช้หมึก 5%.....

.....เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ 13 หน้า เท่ากับ การใช้หมึก $\frac{13 \times 5}{1} = 65\%$

2. ผู้ได้เข้าร่วมกิจกรรม 190 คน เครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ 2,090 หน้า.....

.....ผู้ได้เข้าร่วมกิจกรรม 1 คน เครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ $\frac{1 \times 2,090}{190} = 11$ หน้า.....

.....เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ 1 หน้า เท่ากับ การใช้หมึก 5%.....

.....เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ 11 หน้า เท่ากับ การใช้หมึก $\frac{11 \times 5}{1} = 55\%$

4. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน ได้แก่ วิจัยฉัยความต้องการในการเรียนรู้, กำหนดปัญหา, วางแผนกิจกรรมการเรียนรู้และออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้, ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้นอกชั้นเรียน, ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน, สรุปและนำเสนอผลงาน และประเมินผล การเรียนรู้

(ขั้นที่ 1-3 ใช้เวลาประมาณ 15 นาที)

ขั้นที่ 1 ขั้นวิจัยฉัยความต้องการในการเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ 4-5 คน

2) ครูชี้แจงแนวปฏิบัติในชั้นเรียนเมื่อกำหนดให้แก้ปัญหากลุ่ม ได้แก่ ชั้นวินิจฉัยความต้องการในการเรียนรู้ ชั้นกำหนดปัญหา ชั้นวางแผนแก้สถานการณ์ปัญหา ชั้นดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ นอกชั้นเรียน ชั้นดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน (ชั้นทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ชั้นแก้สถานการณ์ปัญหา ชั้นสะท้อนคิด) ชั้นสรุปและนำเสนอผลงาน และชั้นประเมินผลการเรียนรู้ โดยเน้นย้ำว่า “นักเรียนทุกคนในกลุ่มต้องร่วมกันรับผิดชอบในการแก้สถานการณ์ปัญหา ตลอดจนทุกคนในกลุ่มจะต้องเข้าใจวิธีการดำเนินการของกลุ่มและสามารถอธิบายได้” หลังจากนั้นครูให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย (ถ้ามี)

3) ครูพูดคุยและสอบถามนักเรียน เกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์เรื่องสัดส่วน ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ผู้เรียนเคยเรียนมาแล้ว เพื่อให้ให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้ของตนเอง และสะท้อนความรู้ที่ตนเองมีออกมา และเขียนลงในใบสะท้อนคิด

ขั้นที่ 2 ชั้นกำหนดปัญหา

4) ครูให้นักเรียนตั้งเป้าหมายในการเรียนรู้ของตนเองในคาบเรียน แล้วให้นักเรียนเขียนลงในใบเป้าหมายการเรียนรู้

ขั้นที่ 3 ชั้นวางแผนแก้สถานการณ์ปัญหา

5) ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหา โดยแจกใบกิจกรรมที่ 4 “สถานการณ์ : การคำนวณหมึกพิมพ์” ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม แล้วสมาชิกในกลุ่มร่วมกันวางแผนแก้สถานการณ์ปัญหา ช่วยกันกำหนดขั้นตอนวิธีการ แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบเพื่อเรียนรู้และหาข้อมูลในการนำมาแก้สถานการณ์ปัญหา

6) ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ตลอดจนสร้างแรงจูงใจให้นักเรียน

อยากแก้ปัญหา ดังนี้

1) สถานการณ์ปัญหานี้เกี่ยวกับเรื่องอะไร

[นักเรียนควรตอบว่า เกี่ยวกับการนับจำนวนกระดาษของเครื่องพิมพ์]

2) สถานการณ์ปัญหานี้มีว่าอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า เกี่ยวกับการนับจำนวนกระดาษของเครื่องพิมพ์ และ
ออกแบบการใช้จำนวนหมึกต่อ 1 หน้ากระดาษ A4]

3) จากสิ่งที่สถานการณ์ปัญหากำหนดมาให้ มีข้อมูลที่สำคัญอะไรบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า 1. เครื่องพิมพ์นับการใช้หมึก 5% ต่อ 1 หน้ากระดาษ

A4,

2. กระดาษ A4 หนึ่งหน้า ใช้หมึก 50% เครื่องพิมพ์จะนับการใช้กระดาษ 10 แผ่น,
3. มีผู้เข้าร่วมกิจกรรมแข่งขันคณิตคิดเลขเร็ว 198 คน ถ้าได้รับรางวัลมี 8 คน,

4. เกียรติบัตรที่มอบให้ผู้รับรางวัลและผู้เข้าร่วมกิจกรรมแต่ไม่ได้รับรางวัล จะใช้หมึก ใช้หมึกตั้งแต่ 40 % แต่ไม่เกิน 80 % ต่อ 1 หน้ากระดาษ A4,

5. เครื่องพิมพ์เกียรติฉบับที่ใช้ในครั้งนี้นำมาใช้ในการใช้หมึกพิมพ์กระดาษไว้ที่ 550 แผ่นต่อหมึก 1 ตลับ และมีหมึกเพียง 4 ตลับ]

4) สิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการให้หา มีอะไรบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า ถ้าต้องการจัดทำเกียรติบัตรสำหรับผู้ได้รับรางวัลให้มีเปอร์เซ็นต์การใช้หมึกต่อ 1 หน้า มากกว่าเกียรติบัตรของผู้เข้าร่วมกิจกรรม และใช้หมึกตั้งแต่ 40 % แต่ไม่เกิน 80 % ต่อ 1 หน้ากระดาษ A4 ทางผู้จัดทำเกียรติบัตรต้องออกแบบเกียรติบัตรอย่างไร ให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมทุกคนได้รับเกียรติบัตรที่มีเปอร์เซ็นต์การใช้หมึกต่อ 1 หน้ากระดาษมากที่สุด]

6) สิ่งที่โจทย์ให้มาแต่ไม่ได้นำมาใช้แก้ปัญหา มีอะไรบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า 1. จำนวนนักเรียนทั้งหมด 1,500 คน, 2. จำนวนนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาตอนต้น 720 คน, 3. จำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 780 คน]

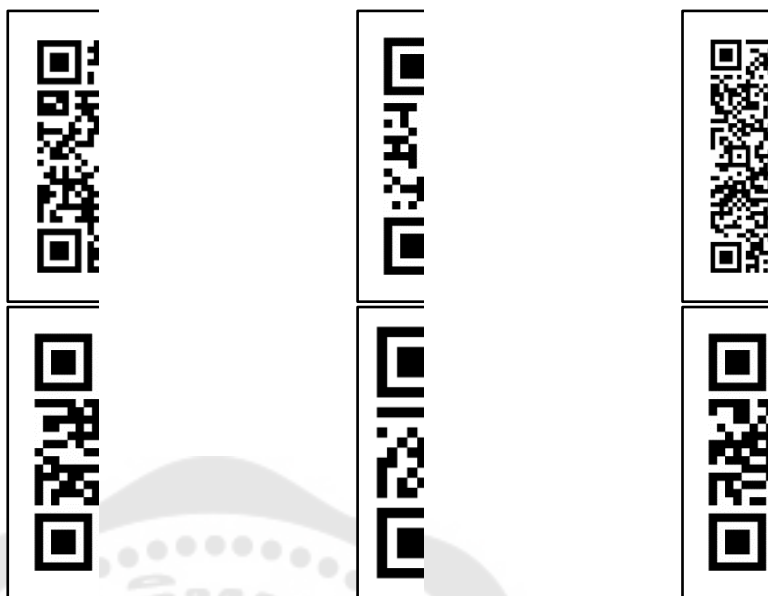
7) ความรู้เรื่องใดบ้าง ที่นำมาใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหา

[นักเรียนควรตอบว่า 1. ร้อยละ, 2. สัดส่วน 3. การเทียบบัญญัติไตรยางค์]

(ขั้นที่ 4 ใช้เวลาประมาณ 20 นาที)

ขั้นที่ 4 ขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้นอกชั้นเรียน

8) ครูให้นักเรียนไปศึกษาข้อมูล ความรู้ และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ จากภายนอกชั้นเรียน หรือสถานที่ใดในโรงเรียน จากแหล่งการเรียนรู้ที่ครูเตรียมไว้ให้ (สแกน QR CODE) เพื่อเตรียมดำเนินแก้สถานการณ์ปัญหา “สถานการณ์ : การคำนวณหมึกพิมพ์” ในชั้นเรียน



[นักเรียนควรศึกษา 1. ร้อยละ, 2. สัดส่วน, 3. การเทียบบัญญัติไตรยางค์, 4. ยุทธวิธีสร้างตาราง, 5. ยุทธวิธีการหาแบบรูป, 7. ยุทธวิธีการเขียนแผนผัง หรือภาพประกอบ, 8. ยุทธวิธีการเดาและตรวจสอบ, 9. ยุทธวิธีแจกแจงกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมด, 10. ยุทธวิธีเขียนเป็นประโยคทางคณิตศาสตร์, 11. ยุทธวิธีการดำเนินการแบบย้อนกลับ, 12. ยุทธวิธีแบ่งเป็นปัญหาย่อย ๆ หรือเปลี่ยนมุมมองปัญหา, 13. ยุทธวิธีการตัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออก]

(ชั้นที่ 5 ใช้เวลาประมาณ 40 นาที)

ชั้นที่ 5 ชั้นดำเนินการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน

8) ครูกลับสู่ชั้นเรียน และให้นักเรียนนำข้อมูล ความรู้ และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้จากภายนอกชั้นเรียน มาแก้สถานการณ์ปัญหา “สถานการณ์ : การคำนวณหมึกพิมพ์” ประกอบด้วย 3 ชั้นย่อย ดังนี้

ชั้นย่อยที่ 5.1 ชั้นทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ครูให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา โดยใช้ยุทธวิธีที่ได้เรียนรู้มาจากภายนอกชั้นเรียน โดยครูให้นักเรียนแต่ละคนคิดวางแผนแก้ปัญหาด้วยตนเองก่อน โดยใช้ที่ว่างในใบกิจกรรมเป็นกระดาษทดของตน หลังจากคิดเป็นรายบุคคลแล้ว ให้นักเรียนนำแนวคิดของตนมาแลกเปลี่ยนกันในกลุ่ม ครูตรวจสอบเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ว่าเข้าใจชัดเจนและถูกต้องหรือไม่ ทราบเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ปัญหากำหนดมาให้ครบถ้วนหรือไม่ และใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เรีองได้นำมาช่วยแก้ปัญหา นี้ โดยครูใช้คำถามกระตุ้นเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาของนักเรียน ดังนี้

9) นักเรียนวางแผนในการการแก้ปัญหาอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า 1. คำนวนการใช้หมึกของเครื่องพิมพ์ต่อเกียรติบัตร 1 ใบ และต่อคนรับรางวัล ทั้งหมด 2. เปรียบเทียบจำนวนการใช้หมึก เลือกกรณีการใช้หมึกที่ไม่เกินหมึก 4 ตลับ]

10) เหตุผลในการยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาข้างต้น

[นักเรียนควรตอบว่า ยุทธวิธีสร้างตารางเพราะให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลหาคำตอบได้ง่ายขึ้น จัดข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ]

ชั้นย่อยที่ 5.2 ชั้นแก้สถานการณ์ปัญหา ครูให้นักเรียนดำเนินการแก้สถานการณ์ปัญหาตามที่วางแผนไว้ และสามารถให้เหตุผลของวิธีการที่นำมาใช้ โดยครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ พร้อมทั้งสำรวจการแก้ปัญหาของนักเรียน ตลอดจนใช้คำถามกระตุ้นและให้คำแนะนำเพื่อให้นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องในการแก้ปัญหา

11) จากแผนที่วางไว้ นักเรียนสามารถเขียนแสดงแนวคิดและวิธีแก้ปัญหาได้อย่างไร
12) นักเรียนลงมือแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้แล้วได้ผลหรือไม่ ถ้าไม่ได้ผลควรย้อนกลับไป

วางแผนใหม่ หรือไม่ก็ควรปรับเปลี่ยนวิธีคิดใหม่

13) ครูสำรวจนักเรียนแต่ละกลุ่ม แล้วสอบถามการคิดแก้ปัญหา นักเรียนได้แนวคิดอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า จัดทำเกียรติบัตรให้กับผู้เข้าร่วมกิจกรรม เท่า 198 ใบ แบ่งออกเป็น เกียรติ

บัตรสำหรับผู้ได้รางวัล จำนวน 8 หน้า และเกียรติบัตรสำหรับผู้เข้าร่วมกิจกรรมที่ไม่ได้รับรางวัล จำนวน 190 หน้า

คำนวนการใช้หมึก เกียรติบัตร 1 หน้า

คำนวนการใช้หมึก 5% เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ 1 หน้า

คำนวนการใช้หมึก $n\%$ เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ $\frac{n}{5}$ หน้า

พิมพ์เกียรติบัตรสำหรับผู้ได้รางวัล จำนวน 8 คน เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ $\frac{8n}{5}$ หน้า

พิมพ์เกียรติบัตรสำหรับผู้เข้าร่วมกิจกรรม จำนวน 190 คน เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ

$$\frac{190n}{5} = 38n \text{ หน้า}$$

เครื่องพิมพ์คำนวณการใช้หมึกพิมพ์กระดาษไว้ที่ 550 แผ่นต่อหมึก 1 ตลับ และใช้หมึกพิมพ์ 4 ตลับ

พิมพ์กระดาษได้ 2,200 แผ่น

การใช้หมึก จำนวนคน	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%
8 คน	128	120	112	104	96	88	80	72	64
190 คน	3,040	2,850	2,660	2,470	2,280	2,090	1,900	1,710	1,520

ขั้นย่อยที่ 5.3 ขั้นสะท้อนคิด นักเรียนและเพื่อนในกลุ่มร่วมกันตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการแก้สถานการณ์ปัญหา และคำตอบที่ได้ โดยครูให้นักเรียนในกลุ่มช่วยกันตรวจสอบคำตอบที่ได้ โดยครูใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนดังนี้

14) นักเรียนได้คำตอบเป็นอย่างไรบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า 1. จัดทำเกียรติบัตรสำหรับผู้ได้รับรางวัลเครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้ กระดาษ 104 หน้า ใช้หมึก 65% ต่อ 1 หน้ากระดาษ 2. จัดทำเกียรติบัตรสำหรับผู้ได้เข้าร่วมกิจกรรมเครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ 2,090 หน้า ใช้หมึก 55% ต่อ 1 หน้ากระดาษรวมเครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษเท่ากับ $104 + 2,090 = 2194$ หน้า]

15) นักเรียนได้ตรวจสอบคำตอบที่ได้มาหรือไม่ และตรวจสอบอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า 1. ผู้ได้รับรางวัล 8 คน เครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ 104 หน้า

ผู้ได้รับรางวัล 1 คน เครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ $\frac{1 \times 104}{8} = 13$ หน้า

เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ 1 หน้า เท่ากับ การใช้หมึก 5%

เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ 13 หน้า เท่ากับ การใช้หมึก $\frac{13 \times 5}{1} = 65\%$

2. ผู้ได้เข้าร่วมกิจกรรม 190 คน เครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้

กระดาษ 2,090 หน้า

ผู้ได้เข้าร่วมกิจกรรม 1 คน เครื่องพิมพ์จะ

คำนวณเท่ากับใช้กระดาษ $\frac{1 \times 2,090}{190} = 11$ หน้า

เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ 1

หน้า เท่ากับ การใช้หมึก 5%

เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ 11 หน้า เท่ากับ การใช้หมึก $\frac{11 \times 5}{1} = 55\%$]

(ชั้นที่ 6 ใช้เวลาประมาณ 30 นาที)

ชั้นที่ 6 ขั้นสรุปและนำเสนอผลงาน ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอขั้นตอนตั้งแต่ได้รับสถานการณ์ ปัญหา การวางแผน การเรียนรู้นอกชั้นเรียนร่วมกัน ดำเนินการในชั้นเรียน และข้อสรุปที่ได้ ผู้เรียนทั้งห้องร่วมกันอภิปราย ข้อสรุปการแก้สถานการณ์ปัญหาของห้องเรียน

(ชั้นที่ 7 ใช้เวลาประมาณ 15 นาที)

ชั้นที่ 7 ขั้นประเมินผลการเรียนรู้ ครูให้นักเรียนประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของตนเองที่ได้ตั้งไว้หรือไม่ โดยให้ผู้เรียนเขียนอนุทิน (Journal Writing)

5. การวัดและประเมินผล

การประเมินตามจุดประสงค์

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมินผล
1.1 ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถ			
1.1.1 ระบุความรู้และมโนทัศน์ที่ใช้การแก้สถานการณ์ปัญหาได้	พิจารณาจากการแสดงวิธีทำในใบกิจกรรมที่ 4	- ใบกิจกรรมที่ 4	ตาราง 6 เกณฑ์การประเมินการดำเนินการทางการคิดด้านความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
1.1.2 เชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้การแก้สถานการณ์ปัญหาได้	พิจารณาจากการแสดงวิธีทำในใบกิจกรรมที่ 4	- ใบกิจกรรมที่ 4	ตาราง 4 เกณฑ์การประเมินการดำเนินการทางการคิดด้านการเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์
1.2 ด้านการดำเนินการทางการคิด นักเรียนสามารถ			
1.2.1 แก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ได้	พิจารณาจากการแสดงวิธีทำในใบกิจกรรมที่ 4	- ใบกิจกรรมที่ 4	ตาราง 1 เกณฑ์การประเมินการดำเนินการทางการคิดด้านการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์
1.2.2 ให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ได้	พิจารณาจากการแสดงวิธีทำในใบกิจกรรมที่ 4	- ใบกิจกรรมที่ 4	ตาราง 2 เกณฑ์การประเมินการดำเนินการทางการคิดด้านการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมินผล
1.2.3 สื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้	พิจารณาจากการแสดงวิธีทำในใบกิจกรรมที่ 4	- ใบกิจกรรมที่ 4	ตาราง 3 เกณฑ์การประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ด้านการสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์
1.2.4 นำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้	พิจารณาจากการแสดงวิธีทำในใบกิจกรรมที่ 4	- ใบกิจกรรมที่ 4	ตาราง 5 เกณฑ์การประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ด้านการนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์
1.3 ด้านอักษณาสัยทางคณิตศาสตร์ นักเรียนมี			
อักษณาสัยทางคณิตศาสตร์	พิจารณาจากการทำในใบกิจกรรมที่ 4 และสังเกตพฤติกรรม การเรียนรู้ของนักเรียน	- แบบประเมินการดำเนินการทางการคิดด้านอักษณาสัยทางคณิตศาสตร์	ตาราง 7 เกณฑ์การประเมินการดำเนินการทางการคิดด้านอักษณาสัยทางคณิตศาสตร์

ตาราง 1 เกณฑ์การประเมินการดำเนินการทางการคิด การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์

คะแนน	การแสดงพฤติกรรม (นักเรียนต้องมีครบทุกข้อ ดังนี้)
4	<ol style="list-style-type: none"> ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่ต้องหา หรือสิ่งที่โจทย์ให้มาแต่ไม่ได้นำมาใช้ได้ถูกต้อง และ ระบุวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาตั้งแต่ 2 วิธีขึ้นไป ได้ถูกต้อง และ แสดงการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีที่ตนเองเลือกได้ชัดเจน และ แสดงการตรวจสอบคำตอบและได้คำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์
3	<ol style="list-style-type: none"> ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่ต้องหา หรือสิ่งที่โจทย์ให้มาแต่ไม่ได้นำมาใช้ได้ถูกต้อง ระบุวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาตั้งแต่ 2 วิธีขึ้นไป ได้ถูกต้อง แสดงการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีที่ตนเองเลือกได้ชัดเจน
2	<ol style="list-style-type: none"> ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่ต้องหา หรือสิ่งที่โจทย์ให้มาแต่ไม่ได้นำมาใช้ได้ถูกต้อง แต่ไม่ได้ระบุวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา
1	ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่ต้องหา ความรู้ที่นำมาใช้แก้ปัญหา หรือสิ่งที่โจทย์ให้มาแต่ไม่ได้นำมาใช้ได้ถูกต้อง

ตาราง 2 เกณฑ์การประเมินการดำเนินการทางการคิด การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์

คะแนน	การแสดงพฤติกรรม(นักเรียนต้องมีครบทุกข้อ ดังนี้)
3	<ol style="list-style-type: none"> อธิบายความคิดของตนเองในการแก้ปัญหาโดยยกตัวอย่างประกอบการให้เหตุผล หรือใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ หรืออ้างอิงทฤษฎีประกอบการให้เหตุผล ได้ถูกต้อง ชัดเจน สมเหตุสมผล แสดงการใช้ข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ในการสร้างข้อคาดการณ์ได้ถูกต้อง แสดงการใช้ข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ในการตรวจสอบข้อคาดการณ์ถูกต้อง
2	<ol style="list-style-type: none"> อธิบายความคิดของตนเองในการแก้ปัญหาโดยยกตัวอย่างประกอบการให้เหตุผล หรือใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ หรืออ้างอิงทฤษฎีประกอบการให้เหตุผล ได้ถูกต้อง ชัดเจน สมเหตุสมผล แสดงการใช้ข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ในการสร้างข้อคาดการณ์ได้ถูกต้อง
1	อธิบายความคิดของตนเองในการแก้ปัญหาโดยยกตัวอย่างประกอบการให้เหตุผล หรือใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ หรืออ้างอิงทฤษฎีประกอบการให้เหตุผล ได้ถูกต้อง ชัดเจน สมเหตุสมผล

ตาราง 3 เกณฑ์การประเมินการดำเนินการทางการคิด การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์

คะแนน	การแสดงพฤติกรรม (นักเรียนต้องมีครบทุกข้อ ดังนี้)
3	<ol style="list-style-type: none"> แสดงการถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจ หรือกระบวนการคิด หรือยุทธวิธีโดยใช้ภาษาเขียนและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ให้ผู้อื่นรับรู้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม และ แสดงการเปรียบเทียบยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาในด้านข้อดี และข้อจำกัดของยุทธวิธีนั้น และ 3. ระบุเกณฑ์ในการเลือกยุทธวิธีที่นำมาใช้แก้ปัญหาได้เหมาะสม
2	<ol style="list-style-type: none"> แสดงการถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจ หรือกระบวนการคิด หรือยุทธวิธีโดยใช้ภาษาเขียนและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ให้ผู้อื่นรับรู้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม และ แสดงการเปรียบเทียบยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาในด้านข้อดี และข้อจำกัดของยุทธวิธีนั้น
2	<ol style="list-style-type: none"> แสดงการเปรียบเทียบยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาในด้านข้อดี และข้อจำกัดของยุทธวิธีนั้น และ 2. ระบุเกณฑ์ในการเลือกยุทธวิธีที่นำมาใช้แก้ปัญหาได้เหมาะสม
1	แสดงการถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจ หรือกระบวนการคิด หรือยุทธวิธีโดยใช้ภาษาเขียนและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ให้ผู้อื่นรับรู้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

ตาราง 4 เกณฑ์การประเมินการดำเนินการทางการคิด การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์

คะแนน	การแสดงพฤติกรรม (นักเรียนต้องมีครบทุกข้อ ดังนี้)
2	1. แสดงการใช้ความรู้ทางสาระคณิตศาสตร์กับสาระคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกันมาเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง และ 2. แสดงการใช้ความรู้ทางสาระคณิตศาสตร์กับความรู้ในชีวิตประจำวัน มาเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง
1	1. แสดงการใช้ความรู้ทางสาระคณิตศาสตร์กับสาระคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกันมาเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาได้ หรือ 2. แสดงการใช้ความรู้ทางสาระคณิตศาสตร์กับความรู้ในชีวิตประจำวัน มาเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาได้

ตาราง 5 เกณฑ์การประเมินการดำเนินการทางการคิด การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์

คะแนน	การแสดงพฤติกรรม (นักเรียนต้องมีครบทุกข้อ ดังนี้)
2	ใช้การนำเสนอตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้เหมาะสมกับปัญหา ปัญหา
1	ใช้การนำเสนอตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แต่ไม่สามารถดำเนินการทางการคิดไปถึงคำตอบที่ถูกต้อง

ตาราง 6 เกณฑ์การประเมินการดำเนินการทางการคิด ความรู้และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

คะแนน	การแสดงพฤติกรรม (นักเรียนต้องมีครบทุกข้อ ดังนี้)
2	1. ระบุนี้อหา ข้อเท็จจริง ทฤษฎี กฎ หรือมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา 2. นำเนื้อหา ข้อเท็จจริง ทฤษฎี กฎ หรือมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา จนกระทั่งได้คำตอบที่ถูกต้อง
1	ระบุนี้อหา ข้อเท็จจริง ทฤษฎี กฎ หรือมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ตาราง 7 เกณฑ์การประเมินการดำเนินการทางการคิด อัจฉริยภาพทางคณิตศาสตร์

คะแนน	ภาระงาน/ชิ้นงาน (นักเรียนต้องมีครบทุกข้อ ดังนี้)	
	ภาระงาน	ชิ้นงาน
2	1. มีรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย แสดงออกถึงความตั้งใจอันแน่วแน่ที่จะทำชิ้นงานให้สำเร็จ 2. เมื่อลงมือปฏิบัติแล้วพบปัญหา จะหาทางแก้ไข หรือเปลี่ยนยุทธวิธีจนทำให้ชิ้นงานสำเร็จ	1. มีชิ้นงานที่สมบูรณ์เพื่อแสดงถึงการแก้ปัญหาจนสำเร็จได้ 2. ชิ้นงานผ่านการปรับเปลี่ยนยุทธวิธีในการแก้ปัญหาจนได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ได้
1	มีรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย แสดงออกถึงความตั้งใจอันแน่วแน่ที่จะทำชิ้นงานให้สำเร็จ	มีชิ้นงานที่สมบูรณ์เพื่อแสดงถึงการแก้ปัญหาจนสำเร็จได้ หรือชิ้นงานผ่านการปรับยุทธวิธี

ตัวอย่าง แบบประเมินการดำเนินการทางการคิด อัจฉริยภาพทางคณิตศาสตร์

รายวิชา การคิดเชิงคณิตศาสตร์ มัธยมศึกษาปีที่.... ภาคเรียนที่ ... ปีการศึกษา		
หน่วยการเรียนรู้ที่	เรื่อง การคำนวณหมักพิมพ์	ชั้น ม...

เลขที่	ชื่อ นามสกุล	ภาระงาน	ชิ้นงาน	รวม
1				
2				
3				
4				
5				

ตัวอย่าง แบบประเมินการดำเนินการทางการคิดเชิงคณิตศาสตร์

รายวิชา การคิดเชิงคณิตศาสตร์ มัธยมศึกษาปีที่.... ภาคเรียนที่ ... ปีการศึกษา		
หน่วยการเรียนรู้ที่	เรื่อง การคำนวณหมักพิมพ์	ชั้น ม...

เลขที่	ชื่อ นามสกุล	การคิดเชิงคณิตศาสตร์						คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		การแก้ปัญหา	การให้เหตุผล	การสื่อสาร	การเชื่อมโยง	การนำเสนอตัวแทน	ความรู้		
1									
2									
3									
4									
5									

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(ว่าที่ ร.ต.ไพรัช เจริญตรีเพชร)

...../...../.....

ตารางแสดง องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

องค์ประกอบหลัก	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
1. การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์	1.1 ทำความเข้าใจปัญหา	ผู้เรียนพิจารณาสถานการณ์โจทย์ปัญหา แล้วสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการหา ระบุความรู้ที่นำมาใช้แก้ปัญหา และระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดแต่ไม่ได้นำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้
	1.2 วางแผนแก้ปัญหา	ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้หรือข้อมูลที่ได้เพื่อกำหนดแนวทางหรือยุทธวิธีในการแก้ปัญหา ระบุยุทธวิธีที่หลากหลาย และเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
	1.3 ดำเนินการแก้ปัญหา	ผู้เรียนลงมือปฏิบัติในการแก้โจทย์ปัญหาตามแผนหรือยุทธวิธีที่วางไว้ หรือปรับเปลี่ยนแผนหรือยุทธวิธีที่วางไว้ เมื่อพบว่าแผนหรือยุทธวิธีที่เลือกไม่สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ
	1.4 ตรวจสอบความถูกต้อง	ผู้เรียนตระหนักถึงความเป็นไปได้หรือความสมเหตุสมผลของคำตอบ และสามารถระบุว่า มีคำตอบหรือยุทธวิธีแก้ปัญหาอื่นอีกหรือไม่
2. การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์	2.1 ให้เหตุผล	ผู้เรียนสามารถอธิบายแนวคิดของการแก้ปัญหา และบอกเหตุผลได้
	2.2 สร้างและตรวจสอบ	ผู้เรียนสามารถสร้างและตรวจสอบ ข้อคาดการณ์ได้โดยใช้ข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบหลัก	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
3. การสื่อสารความคิดเชิง คณิตศาสตร์	3.1 สร้างและรวบรวม แนวคิดผ่านการสื่อสาร	ผู้เรียนสามารถสร้างและแสดงแนวคิดหรือ ยุทธวิธีผ่านการสื่อสารในรูปภาษาเขียนและ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม
	3.2 วิเคราะห์และประเมิน ค่าแนวคิด	ผู้เรียนเปรียบเทียบแนวคิดหรือยุทธวิธีใน การแก้ปัญหา และระบุเกณฑ์ในการเลือก แนวคิดหรือยุทธวิธีที่นำมาใช้แก้ปัญหา
4. การเชื่อมโยงสาระหลักเชิง คณิตศาสตร์	4.1 เชื่อมโยงสาระ คณิตศาสตร์กับสาระ คณิตศาสตร์	ผู้เรียนแสดงการใช้ความรู้ทางสาระ คณิตศาสตร์กับสาระคณิตศาสตร์ที่ สอดคล้องกันมาเป็นเครื่องมือในการ แก้ปัญหา
	4.2 เชื่อมโยงสาระ คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ	ผู้เรียนแสดงการใช้ความรู้ทางสาระ คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ที่สอดคล้องกัน มาเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา
5. การนำเสนอตัวแทนความ คิดเชิงคณิตศาสตร์	สร้างตัวแทนความคิด	ผู้เรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดที่ใช้ ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม
6. ด้านความรู้และมโนทัศน์ทาง คณิตศาสตร์	ความรู้และมโนทัศน์ทาง คณิตศาสตร์	ผู้เรียนสามารถ ระบุเนื้อหา ข้อเท็จจริง ทฤษฎี กฎ หรือมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ ใช้ในการแก้ปัญหา
7. อัจฉริยภาพทางคณิตศาสตร์	7.1 ความมุ่งมั่น	ผู้เรียนลงมือหรือแสดงการแก้ปัญหาจน สำเร็จ
	7.2 ความยืดหยุ่น	ผู้เรียนแสดงออกถึงการปรับเปลี่ยน ยุทธวิธี ในการแก้ปัญหามุ่งการแก้ปัญหาสำเร็จ

6. สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ 4 สถานการณ์ปัญหา “การคำนวณหมึกพิมพ์”
2. แหล่งสืบค้นทาง <http://math.ipst.ac.th/>
3. แหล่งสืบค้นทาง <https://www.youtube.com/c/MathIPSTOfficial/featured>
4. แหล่งสืบค้นทาง <https://web.facebook.com/math.ipst/>

7. บันทึกหลังสอน

1. ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

นักเรียนจำนวน.....คน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้โดยรวม.....คน คิดเป็นร้อยละ

.....

ไม่ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้โดยรวม.....คน คิดเป็นร้อยละ

.....

ได้แก่ 1.....

2.....

นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ/นักเรียนเด็กพิเศษ ได้แก่

1..... 2.....

นักเรียนที่ไม่ผ่านการประเมินจุดประสงค์ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์ จำนวน.....คน

ได้แก่

.....

นักเรียนที่ไม่ผ่านการประเมินจุดประสงค์ด้านการดำเนินการทางการคิด จำนวน.....คน

ได้แก่

.....

นักเรียนที่ไม่ผ่านการประเมินจุดประสงค์ด้านอักษณาสัยทางคณิตศาสตร์ จำนวน.....คน
ได้แก่

.....

2. ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

3. แนวทางแก้ไข/ข้อเสนอแนะ (จากปัญหาอุปสรรค)

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(ว่าที่ ร.ต.ไพรัช เจริญตรีเพชร)

ตำแหน่ง ครู

...../...../.....



ใบกิจกรรมที่ 4 สถานการณ์ : การคำนวณหมึกพิมพ์



ชื่อกลุ่ม _____	ชั้น ม. ____ / ____
ชื่อนักเรียน 1. _____	เลขที่ _____
2. _____	เลขที่ _____
3. _____	เลขที่ _____
4. _____	เลขที่ _____
5. _____	เลขที่ _____
6. _____	เลขที่ _____

สถานการณ์ปัญหา

สถานการณ์ปัญหา : การคำนวณหมึกพิมพ์

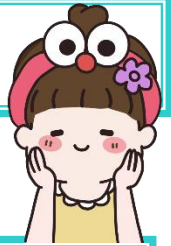
เครื่องพิมพ์ทุกประเภทจะนับการใช้หมึกที่ 5% ต่อกระดาษ A4 เท่ากับ 1 หน้า ไม่ใช่จำนวนแผ่นกระดาษที่พิมพ์ออกมา เช่น พิมพ์เอกสารออกมา 1 หน้า ที่มีตัวหนังสือประมาณ 50% ของหน้ากระดาษ A4 เครื่องพิมพ์จะนับเป็น 10 หน้า

โรงเรียนแห่งหนึ่งมีนักเรียนทั้งหมดจำนวน 1,500 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 720 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 780 คน ถ้าในสัปดาห์คณิตศาสตร์มีกิจกรรมการแข่งขันคณิตคิดเร็วในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีผู้สนใจเข้าร่วมกิจกรรมทั้งหมด 198 คน โดยนักเรียนที่แข่งขันได้รางวัลชนะเลิศรางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 1 รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 2 และรางวัลชมเชยอีก 5 รางวัล จะได้รับเกียรติบัตรคนละ 1 ใบ และนักเรียนที่เหลือจะได้รับเกียรติบัตรในฐานะผู้เข้าร่วมการแข่งขันคนละ 1 ใบ และเครื่องพิมพ์เกียรติบัตรที่ใช้ในครั้งนั้น คำนวณการใช้หมึกพิมพ์กระดาษไว้ที่ 550 แผ่นต่อหมึก 1 ตลับ และมีหมึกเพียง 4 ตลับ

คำถาม ถ้าต้องการจัดทำเกียรติบัตรสำหรับผู้ได้รับรางวัลให้มีเปอร์เซ็นต์การใช้หมึกต่อ 1 หน้า มากกว่าเกียรติบัตรของผู้เข้าร่วมกิจกรรม และใช้หมึกตั้งแต่ 40 % แต่ไม่เกิน 80 % ต่อ 1 หน้ากระดาษ A4 ทางผู้จัดทำเกียรติบัตรต้องออกแบบเกียรติบัตรอย่างไร ให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมทุกคนได้รับเกียรติบัตรที่มีเปอร์เซ็นต์การใช้หมึกต่อ 1 หน้ากระดาษมากที่สุด



แบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม : การคำนวณหมึกพิมพ์



1. สิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้มีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

2. สิ่งที่โจทย์ต้องการหา มีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

3. นักเรียนนำความรู้เรื่องใดมาใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

4. สิ่งที่โจทย์ให้มาแต่ไม่ได้นำมาใช้แก้ปัญหา มีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

5. นักเรียนใช้ยุทธวิธีใดในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....



ผลเฉลยใบกิจกรรมที่ 4 การคำนวณหมึกพิมพ์

ชื่อกลุ่ม _____	ชั้น ม. _____ / _____
ชื่อนักเรียน 1. _____	เลขที่ _____
2. _____	เลขที่ _____
3. _____	เลขที่ _____
4. _____	เลขที่ _____
5. _____	เลขที่ _____
6. _____	เลขที่ _____

สถานการณ์ปัญหา

สถานการณ์ : การคำนวณหมึกพิมพ์

เครื่องพิมพ์ทุกประเภทจะนับการใช้หมึกที่ 5% ต่อกระดาษ A4 เท่ากับ 1 หน้า ไม่ใช่กับจำนวนแผ่นกระดาษที่พิมพ์ออกมา เช่น พิมพ์เอกสารออกมา 1 หน้า ที่มีตัวหนังสือประมาณ 50% ของหน้ากระดาษ A4 เครื่องพิมพ์จะนับเป็น 10 หน้า

โรงเรียนแห่งหนึ่งมีนักเรียนทั้งหมดจำนวน 1,500 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 720 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 780 คน ถ้าในสัปดาห์คณิตศาสตร์มีกิจกรรมการแข่งขันคณิตคิดเร็วในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีผู้สนใจเข้าร่วมกิจกรรมทั้งหมด 198 คน โดยนักเรียนที่แข่งขันได้รางวัลชนะเลิศ รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 1 รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 2 และรางวัลชมเชยอีก 5 รางวัล จะได้รับเกียรติบัตรคนละ 1 ใบ และนักเรียนที่เหลือจะได้รับเกียรติบัตรในฐานะผู้เข้าร่วมการแข่งขันคนละ 1 ใบ และเครื่องพิมพ์เกียรติบัตรที่ใช้ในครั้งนี้ คำนวณการใช้หมึกพิมพ์กระดาษไว้ที่ 550 แผ่นต่อหมึก 1 ตลับ และมีหมึกเพียง 4 ตลับ

คำถาม ถ้าต้องการจัดทำเกียรติบัตรสำหรับผู้ได้รับรางวัลให้มีเปอร์เซ็นต์การใช้หมึกต่อ 1 หน้า มากกว่าเกียรติบัตรของผู้เข้าร่วมกิจกรรม และใช้หมึกตั้งแต่ 40 % แต่ไม่เกิน 80 % ต่อ 1 หน้ากระดาษ A4 ทางผู้จัดทำเกียรติบัตรต้องออกแบบเกียรติบัตรอย่างไร ให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมทุกคนได้รับเกียรติบัตรที่มีเปอร์เซ็นต์การใช้หมึกต่อ 1 หน้ากระดาษมากที่สุด



ผลเฉลยแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม : การคำนวณหมึกพิมพ์



1. สิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้มีอะไรบ้าง

1. เครื่องพิมพ์น้ันการใช้หมึก 5% ต่อ 1 หน้ากระดาษ A4
2. กระดาษ A4 หนึ่งหน้า ใช้หมึก 50% เครื่องพิมพ์จะน้ันการใช้กระดาษ 10 แผ่น
3. มีผู้เข้าร่วมกิจกรรมแข่งขันคณิตคิดเลขเร็ว 128 คน ถ้าได้รับรางวัลมี 8 คน
4. เกียรติบัตรที่มอบให้ผู้รับรางวัลและผู้เข้าร่วมกิจกรรมแต่ไม่ได้รับรางวัลจะใช้หมึก ใช้หมึกตั้งแต่ 40 % แต่ไม่เกิน 80 % ต่อ 1 หน้ากระดาษ A4
5. เครื่องพิมพ์เกียรติบัตรที่ใช้ในครั้งนี ค่าวมการใช้หมึกพิมพ์กระดาษไว้ที่ 550 แผ่นต่อหมึก 1 ตลับ และมีหมึกเพียง 4 ตลับ

2. สิ่งที่โจทย์ต้องการหามีอะไรบ้าง

ถ้าต้องการจัดทำเกียรติบัตรสำหรับผู้ได้รับรางวัลให้มีเปอร์เซ็นต์การใช้หมึกต่อ 1 หน้า มากกว่าเกียรติบัตรของผู้เข้าร่วมกิจกรรม และใช้หมึกตั้งแต่ 40 % แต่ไม่เกิน 80 % ต่อ 1 หน้ากระดาษ A4 ทางผู้จัดทำเกียรติบัตรต้องออกแบบเกียรติบัตรอย่างไร ให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมทุกคนได้รับเกียรติบัตรที่มีเปอร์เซ็นต์การใช้หมึกต่อ 1 หน้ากระดาษมากที่สุด.....

3. นักเรียนนำความรู้เรื่องใดมาใช้ในการแก้ปัญหา

1. ร้อยละ
2. สัดส่วน
3. การเทียบบัญญัติโดยตรง

4. สิ่งที่โจทย์ให้มาแต่ไม่ได้นำมาใช้แก้ปัญหา มีอะไรบ้าง

1. จำนวนนักเรียนทั้งหมด 1,500 คน
2. จำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 720 คน
3. จำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 780 คน

5. นักเรียนใช้ยุทธวิธีใดในการแก้ปัญหา

1. แจกแจงกรณี
2. การสร้างตาราง

กระดาษทด



ผลเฉลยแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม : การคำนวณหมึกพิมพ์



6. นักเรียนวางแผนในการการแก้ปัญหาอย่างไร

1. คำนวณการใช้หมึกของเครื่องพิมพ์ต่อเกียรตินับตร. 1 ใบ และต่อคนรับรางวัลทั้งหมด.....
2. เปรียบเทียบจำนวนการใช้หมึก. เลือกกรณีการใช้หมึกที่ไม่เกินหมึก. 4 ตลับ.....

7. เหตุผลในการยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาข้างต้น

เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลหาคำตอบได้ง่ายขึ้น. จัดข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ.....

8. แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและตอบคำถาม

จัดทำเกียรตินับตรให้กับผู้เข้าร่วมกิจกรรม เท่า 198 ใบ แบ่งออกเป็น เกียรตินับตรสำหรับผู้ได้รับรางวัล จำนวน 8 หน้า และเกียรตินับตรสำหรับผู้เข้าร่วมกิจกรรมที่ไม่ได้รับรางวัล จำนวน 190 หน้า.....

คำนวณการใช้หมึก เกียรตินับตร. 1 หน้า.....

.....คำนวณการใช้หมึก 5% เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ 1 หน้า.....

.....คำนวณการใช้หมึก $n\%$ เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ $\frac{n}{5}$ หน้า.....

พิมพ์เกียรตินับตรสำหรับผู้ได้รับรางวัล จำนวน 8 คน เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ $\frac{8n}{5}$ หน้า.....

พิมพ์เกียรตินับตรสำหรับผู้เข้าร่วมกิจกรรม จำนวน 190 คน เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ $\frac{190n}{5} = 38n$ หน้า.....

เครื่องพิมพ์คำนวณการใช้หมึกพิมพ์กระดาษไว้ที่ 550 แผ่นต่อหมึก 1 ตลับ และใช้หมึกพิมพ์ 4 ตลับ..... พิมพ์กระดาษได้ 2,200 แผ่น.....

การ ใช้หมึก จำนวน คน	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%
8 คน	128	120	112	104	96	88	80	72	64
190 คน	3,040	2,850	2,660	2,470	2,280	2,090	1,900	1,710	1,520

คำตอบ 1. จัดทำเกียรตินับตรสำหรับผู้ได้รับรางวัลเครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ 104 หน้า ใช้หมึก 65% ต่อ 1 หน้ากระดาษ.....

2. จัดทำเกียรตินับตรสำหรับผู้ได้เข้าร่วมกิจกรรมเครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ 2,090 หน้า ใช้หมึก 55% ต่อ 1 หน้ากระดาษ รวมเครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ เท่ากับ $104 + 2,090 = 2,194$ หน้า.....



ผลเฉลยแบบรายงานผลการปฏิบัติการปฏิบัติกิจกรรม : การคำนวณหมึกพิมพ์



9. ตรวจสอบคำตอบ

1. ผู้ได้รับรางวัล 8 คน เครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ 104 หน้า.....

.....ผู้ได้รับรางวัล 1 คน เครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ $\frac{1 \times 104}{8} = 13$ หน้า.....

.....เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ 1 หน้า เท่ากับ การใช้หมึก 5%.....

.....เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ 13 หน้า เท่ากับ การใช้หมึก $\frac{13 \times 5}{1} = 65\%$

2. ผู้ได้เข้าร่วมกิจกรรม 190 คน เครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ 2,090 หน้า.....

.....ผู้ได้เข้าร่วมกิจกรรม 1 คน เครื่องพิมพ์จะคำนวณเท่ากับใช้กระดาษ $\frac{1 \times 2,090}{190} = 11$ หน้า.....

.....เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ 1 หน้า เท่ากับ การใช้หมึก 5%.....

.....เครื่องพิมพ์จะนับใช้กระดาษ 11 หน้า เท่ากับ การใช้หมึก $\frac{11 \times 5}{1} = 55\%$



แบบรายงานการเรียนรู

ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น ม. เลขที่.....



สะท้อนคิด

.....
.....
.....
.....
.....

เป้าหมายการเรียนรู้

.....
.....
.....

อนุทินรายคาบ

.....
.....
.....
.....
.....

- แบบทดสอบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

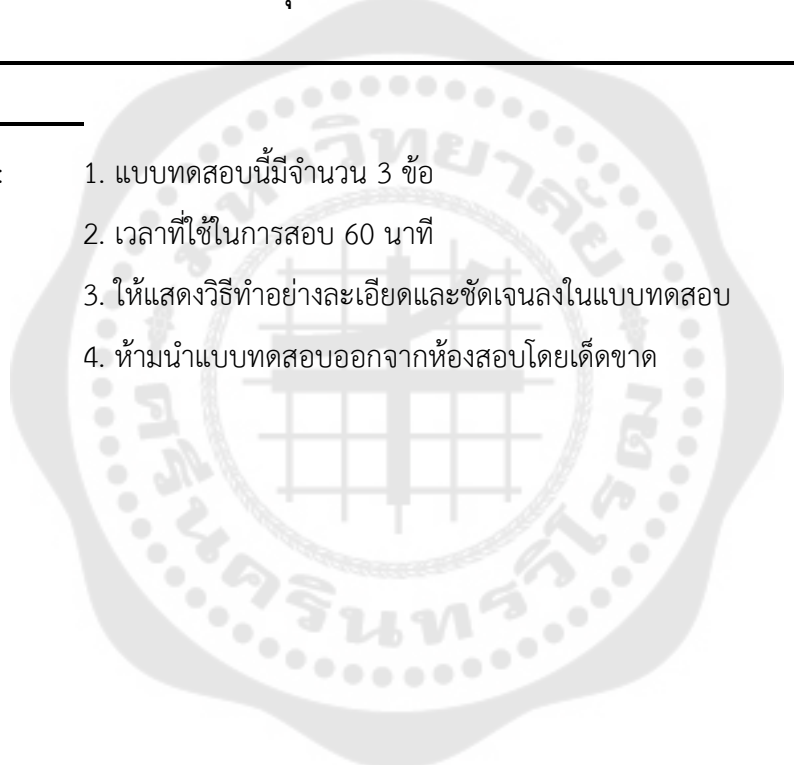
รายวิชา คณิตศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

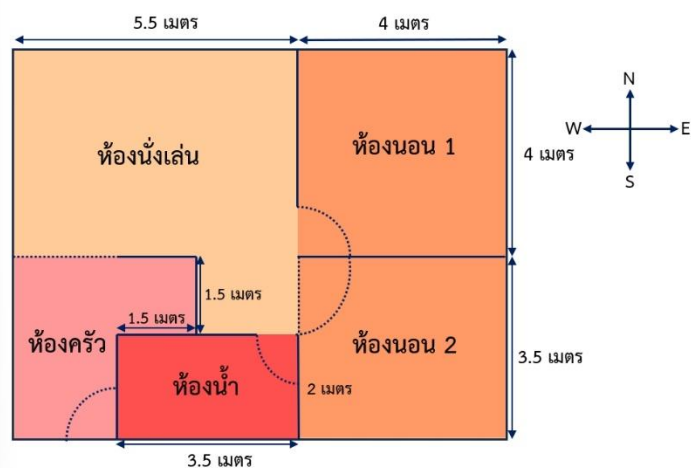
ชื่อ.....นามสกุล..... ชั้น ม. ห้อง..... เลขที่....

คำชี้แจง :

1. แบบทดสอบนี้มีจำนวน 3 ข้อ
 2. เวลาที่ใช้ในการสอบ 60 นาที
 3. ให้แสดงวิธีทำอย่างละเอียดและชัดเจนลงในแบบทดสอบ
 4. ห้ามนำแบบทดสอบออกจากห้องสอบโดยเด็ดขาด
- 

ตัวอย่างสถานการณ์ที่ 1 แบบแปลนคอนโด

แบบแปลนคอนโดหลังหนึ่งมีขนาด และทิศทางของคอนโดดังรูป



มีรายละเอียดการใช้เครื่องปรับอากาศ ดังนี้

ห้องนอน 1 ใช้เวลา 20.00-05.00 น.

ห้องนอน 2 ใช้เวลา 20.00-05.00 น.

ห้องนั่งเล่น ใช้เวลา 14.00-20.00 น.

ห้องครัว ใช้เวลา 05.00-07.00 น. และ 16.00-

17.00 น.

ตารางแสดงความเหมาะสมของขนาดห้องกับเครื่องปรับอากาศ

BTU	ห้องปกติ (ตร.ม.)	ห้องโดนแดด (ตร.ม.)	ค่าไฟฟ้า/เดือน (บาท) (ใช้ 3 ชั่วโมง/วัน)	ค่าไฟฟ้า/เดือน (บาท) (ใช้ 6 ชั่วโมง/วัน)	ค่าไฟฟ้า/เดือน (บาท) (ใช้ 9 ชั่วโมง/วัน)
9,000	8.0-15.0	8.0-13.0	143	285	428
12,000	15.1-18.0	13.1-15.0	190	380	570
15,000	18.1-22.0	15.1-19.0	238	475	713
22,500	22.1-26.0	19.1-23.0	256	713	1,069
24,000	26.1-32.0	23.1-29.0	380	760	1,140

คำถาม ถ้านักเรียนเป็นเจ้าของคอนโดหลังนี้ และต้องการออกแบบกันผนังห้องระหว่างห้องนอน 1 กับ ห้องนอน 2 นักเรียนจะออกแบบกันห้องนอนอย่างไรเพื่อให้เสียค่าไฟฟ้าในการใช้เครื่องปรับอากาศต่อ 1 เดือนน้อยที่สุด และจะติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ห้องนอน 1, ห้องนอน 2

และห้องนั่งเล่นที่ BTU และเสียค่าไฟฟ้าในการใช้เครื่องปรับอากาศของทั้ง 3 ห้องต่อ 1 เดือนเป็นจำนวนเงินที่บาท และหลังกันห้องใหม่ประหยัดค่าไฟขึ้นที่บาท

- แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

**ตัวอย่าง แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้
โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องระดับที่ตรงกับความคิดเห็นและการปฏิบัติของนักเรียนมากที่สุดเพียงคำตอบเดียว ซึ่งมี 5 ระดับ และมีความหมายดังต่อไปนี้

- 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
- 4 หมายถึง พึงพอใจมาก
- 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
- 2 หมายถึง พึงพอใจปานน้อย
- 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

คำถาม	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
ด้านวิธีการสอน					
1. วิธีการสอนที่จัดขึ้นมีเนื้อหาที่น่าสนใจ					
2. วิธีการสอนที่จัดขึ้นมีความท้าทาย ความสามารถของนักเรียน					
3. วิธีการสอนที่จัดขึ้นส่งเสริมให้นักเรียน แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง					

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ไพรัช เจริญตรีเพชร
วัน เดือน ปี เกิด	8 มกราคม 2531
สถานที่เกิด	พระนครศรีอยุธยา
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2566 ปรัชญาดุสิตบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ.2558 ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (ศษ.ม.) สาขาการสอนคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2555 ครุศาสตรบัณฑิต (ค.บ.) สาขามัธยมศึกษา-วิทยาศาสตร์ (คณิตศาสตร์) คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผลงานตีพิมพ์	ไพรัช เจริญตรีเพชร, รุ่งทิวา แยมรุ่ง, กิตติชัย สุธาสีโนบล. (2566). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. Journal of Roi Kaensarn Academi. 8(12).