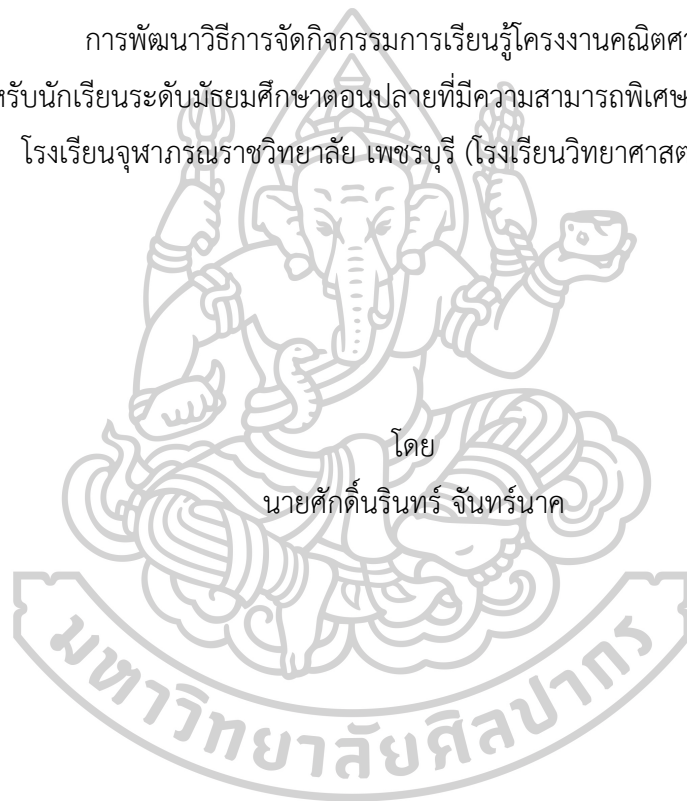




การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์
โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)



โดย
นายศักดิ์นรินทร์ จันทร์นาค

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาคณิตศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์
โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)



โดย
นายศักดิ์รินทร์ จันทร์นาค

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต
ภาควิชาคณิตศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICS PROJECTS INSTRUCTIONAL
PROCEDURE FOR UPPER SECONDARY STUDENTS TALENTED IN
MATHEMATICS
AT PRINCESS CHULABHORN SCIENCE HIGH SCHOOL PHETCHABURI



By
MR. Saknarin CHANNARK

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Science (MATHEMATICS STUDY)
Department of MATHEMATICS
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2017
Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถ พิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)
โดย	ศักดิ์รินทร์ จันทร์นาค
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์ศึกษา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ดร. สุภาพ เกิดแสง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(ดร. เฉลิมพงศ์ วรวรโรทัย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร. สุภาพ เกิดแสง)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ สุเทพ ลีมอรุณ)

57316307 : คณิตศาสตร์ศึกษา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโท

คำสำคัญ : วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์ นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์

นาย ศักดิ์รินทร์ จันทร์นาค: การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ดร. สุภาพ เกิดแสง

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนา และศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา โดยมีวิธีการดำเนินงาน 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการของครูผู้สอนโครงงานคณิตศาสตร์ ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์โดยการสังเคราะห์เอกสารและผู้เชี่ยวชาญ ขั้นตอนที่ 3 การนำวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์ไปตรวจสอบประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน และวิธีการสนทนากลุ่มของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงงานคณิตศาสตร์ จำนวน 6 ท่าน และขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุงวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์ และแบบบันทึกการสนทนากลุ่ม สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า ผู้วิจัยพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์ให้เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เสริมหลักสูตรของโรงเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองจากการปฏิบัติจริงและเกิดการเรียนรู้ร่วมกันจากการทำงานกลุ่ม ผลการพัฒนาประกอบด้วย เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเอกสารคู่มือครู โดยมีรายละเอียดสำคัญ 6 ส่วน ได้แก่ 1) ความเป็นมาและความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์ 2) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงงานคณิตศาสตร์ 3) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี และบทบาทของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงงาน 4) การประเมินผลการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ 5) กิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่โครงงาน

คณิตศาสตร์ และ 6) ภาคผนวกตัวอย่างโครงการคณิตศาสตร์

ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพพบว่าวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์
ฯที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยมีความสอดคล้องและมีความ
เหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์ มีความคิดเห็น
ว่าวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ฯที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเหมาะสมในการ
นำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการสำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ของ
โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี



57316307 : Major (MATHEMATICS STUDY)

Keyword : mathematics projects instructional procedure students talented in mathematics

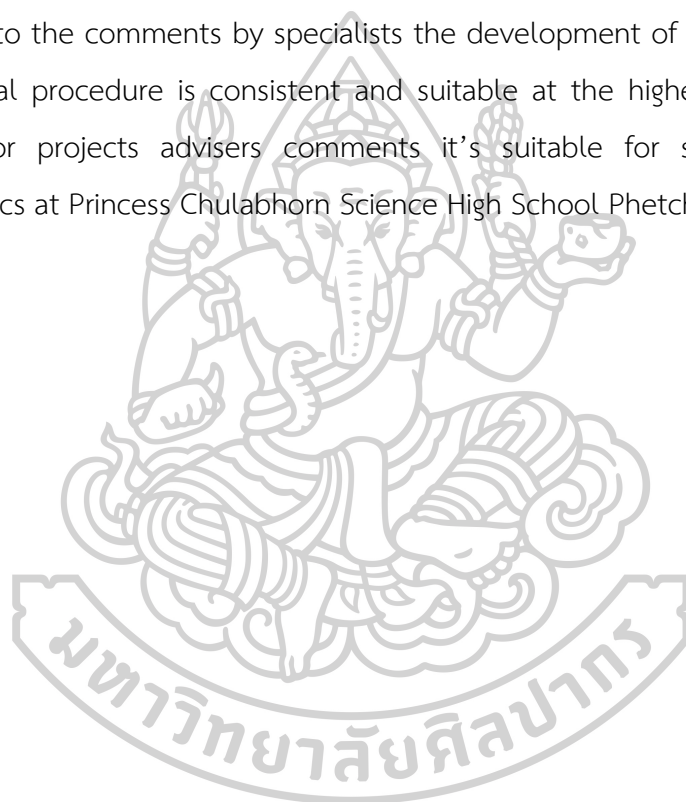
MR. SAKNARIN CHANNARK : THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICS PROJECTS INSTRUCTIONAL PROCEDURE FOR UPPER SECONDARY STUDENTS TALENTED IN MATHEMATICS AT PRINCESS CHULABHORN SCIENCE HIGH SCHOOL PHETCHABURI
THESIS ADVISOR : SUPAP KIRTSANG, Ph.D.

The objectives of this research were to develop mathematics projects instructional procedure for upper secondary students talented in mathematics at Princess Chulabhorn Science High School Phetchaburi and study its effectiveness. The researcher used the research methodology of research and development which compose of the studying of basic information and requirements of teachers, synthesising the documents and specialists' opinion of developing mathematics projects instructional procedure, monitoring the efficiency of instructional procedure by three specialists and focus group with six teachers or projects advisers, next evaluating and improving the mathematics projects instructional procedure. The research instruments were an evaluation form of mathematics projects instructional procedure for upper secondary students talented in mathematics at Princess Chulabhorn Science High School Phetchaburi and the form of focus group. The data were analyzed by mean and standard deviation.

The researcher developed a mathematics projects instructional procedure as a learning activity for supporting school curriculum. We designed activities by having students as the focal point and promoting learning by self-experience and collaborative learning. The mathematics projects instructional procedure includes: material for students and a manual for teacher. The important details were as follows : 1) background and an importance of mathematics projects instructional procedure 2) basic knowledge about mathematics projects 3) mathematics projects instructional procedure for upper secondary students talented

in mathematics at Princess Chulabhorn Science High School Phetchaburi and the role of teachers or projects advisers 4) instruction for mathematics projects evaluation 5) activities which leading students to mathematics projects and 6) appendix; example of mathematics projects.

The researcher found that the development of mathematics projects instructional procedure for upper secondary students talented in mathematics at Princess Chulabhorn Science High School Phetchaburi achievement is effective. According to the comments by specialists the development of mathematics projects instructional procedure is consistent and suitable at the highest level. In addition, teachers or projects advisers comments it's suitable for students talented in mathematics at Princess Chulabhorn Science High School Phetchaburi.



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอนุเคราะห์และให้คำปรึกษาแนะนำอย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร. สุภาพ เกิดแสง ซึ่งเป็นผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ให้คำปรึกษาเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อย รวมทั้งอาจารย์ ดร. เฉลิมพงศ์ วรวรรโณทัย ประธานตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์สุเทพ ลิ้มอรุณ ผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแก้ไขข้อบกพร่อง ให้ความกระจ่างและข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องและความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งถึงความกรุณา จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ นักวิชาการอิสระ อาจารย์ ดร. กมลรัตน์ กำจรกิตติคุณ อาจารย์คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี และอาจารย์พีชณิกา เพชรสังข์ อาจารย์คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือทุกฉบับ ซึ่งส่งผลให้การวิจัยมีความครอบคลุมและมีประสิทธิภาพ ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. พรรณี เทพสุตร ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนบ้านลาดวิทยา อาจารย์สุชาติ เสมประวัตติ อาจารย์คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี และอาจารย์ ดร.กฤษฎา วรพิน อาจารย์คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น และขอขอบพระคุณผู้บริหาร คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทุกท่าน ขอขอบพระคุณพี่ เพื่อน และน้อง

นักศึกษาสาววิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือ แนะนำและเป็นที่ปรึกษาตลอดมา

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ผู้ให้กำเนิดชีวิต อบรมเลี้ยงดูอย่างดีเสมอมา และให้การสนับสนุนช่วยเหลือจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเสร็จสิ้นลงด้วยดี

ศักดิ์นรินทร์ จันทร์นาค

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
กรอบแนวคิดในการวิจัย	8
คำถามของการวิจัย	12
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	12
ขอบเขตของการวิจัย.....	12
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	13
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	17
แนวคิดเรื่องกระบวนการจัดการเรียนรู้.....	18
แนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน.....	21
แนวคิดที่เกี่ยวกับโครงงานคณิตศาสตร์.....	38
แนวคิดที่เกี่ยวกับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์.....	93
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	94
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	100
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	100

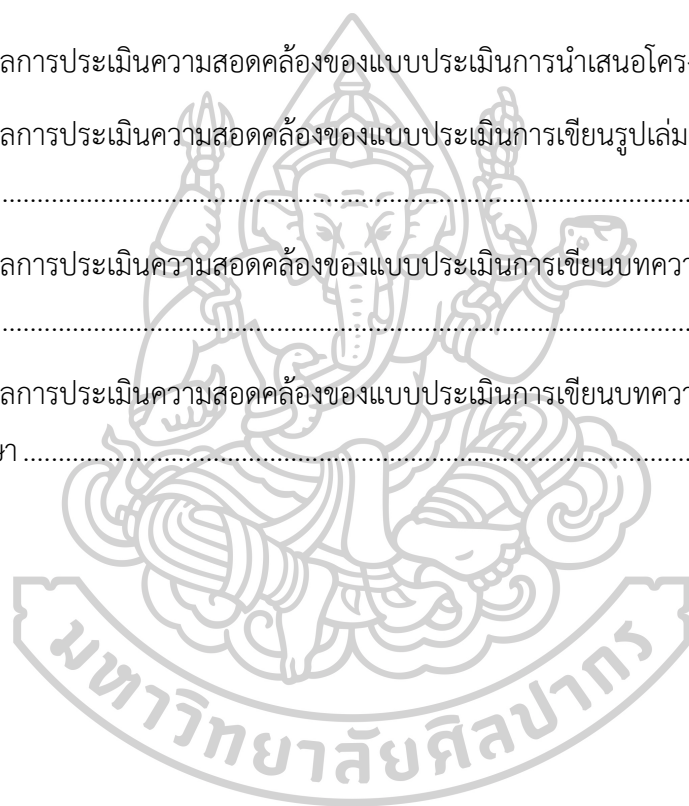
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล	110
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับ มัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค).....	111
ตอนที่ 2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬา ภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค).....	113
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	133
สรุปผลการวิจัย.....	134
อภิปรายผลการวิจัย.....	136
ข้อเสนอแนะ.....	138
รายการอ้างอิง.....	139
ภาคผนวก.....	145
ภาคผนวก ก.....	146
รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย และประเมินผลการวิจัย.....	146
หนังสือเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย และประเมินผลการวิจัย.....	146
และหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	146
ภาคผนวก ข.....	156
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	156
ภาคผนวก ค.....	163
ข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย.....	163
ภาคผนวก ง.....	193
ตัวอย่างเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และคู่มือครู.....	193
ประวัติผู้เขียน.....	275

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลประเมินความเหมาะสมของโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงาน คณิตศาสตร์.....	114
ตารางที่ 2 ผลการประเมินความสอดคล้องของโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงาน คณิตศาสตร์.....	115
ตารางที่ 3 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบสำรวจรายการกับองค์ประกอบต่างๆของการจัดกิจกรรม การเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น.....	157
ตารางที่ 4 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบสำรวจรายการกับองค์ประกอบต่างๆของการจัด กิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น.....	161
ตารางที่ 5 ผลการประเมินความเหมาะสมของโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงาน คณิตศาสตร์.....	165
ตารางที่ 6 ผลการประเมินความเหมาะสมของโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงาน คณิตศาสตร์จากโปรแกรม SPSS.....	169
ตารางที่ 7 ผลการประเมินความสอดคล้องของโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงาน คณิตศาสตร์.....	171
ตารางที่ 8 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินการตัดสินใจเลือกหัวข้อโครงงาน คณิตศาสตร์.....	173
ตารางที่ 9 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินโครงร่างโครงงานคณิตศาสตร์.....	173
ตารางที่ 10 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินการเข้าพบครูที่ปรึกษาในการทำโครง ร่างโครงงาน.....	176
ตารางที่ 11 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความก้าวหน้าของโครงงานคณิตศาสตร์ ช่วงที่ 1.....	177
ตารางที่ 12 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความก้าวหน้าของโครงงานคณิตศาสตร์ ช่วงที่ 1 (การเข้าพบครูที่ปรึกษาโครงงาน).....	178

ตารางที่ 13 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความก้าวหน้าของโครงการคณิตศาสตร์ ช่วงที่ 2	179
ตารางที่ 14 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความก้าวหน้าของโครงการคณิตศาสตร์ ช่วงที่ 2 (การเข้าพบครูที่ปรึกษาโครงการ).....	180
ตารางที่ 15 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินการสอบจบโครงการคณิตศาสตร์....	181
ตารางที่ 16 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินการนำเสนอโครงการคณิตศาสตร์แบบ บรรยาย.....	184
ตารางที่ 17 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินการนำเสนอโครงการคณิตศาสตร์ ...	187
ตารางที่ 18 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินการเขียนรูปเล่มรายงานโครงการ คณิตศาสตร์.....	190
ตารางที่ 19 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินการเขียนบทความทางวิชาการโครงการ	191
ตารางที่ 20 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินการเขียนบทความทางวิชาการโครงการ โดยครูที่ปรึกษา	192



สารบัญแผนภูมิ

	หน้า
แผนภูมิที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	11
แผนภูมิที่ 2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	101
แผนภูมิที่ 3 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยการพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และ การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	102



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 มีจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนานักเรียนให้ประสบความสำเร็จทั้งในด้านการงานและการดำเนินชีวิต เพื่อให้ก้าวทันกับการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยมีทิศทางการเตรียมให้นักเรียนเป็นนักคิดวิเคราะห์ นักแก้ปัญหา นักสร้างสรรค์ นักประสานความร่วมมือ รู้จักใช้แหล่งข้อมูลและข่าวสาร เป็นนักเรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นนักสื่อสาร ตระหนักรับรู้สถานะของโลก เป็นพลเมืองทรงคุณค่า มีพื้นฐานความรู้เศรษฐกิจและการคลัง ดังนั้นทักษะชีวิตอันประกอบด้วยทักษะการตัดสินใจ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการสื่อสาร ทักษะการคิดวิเคราะห์ วิจัย ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการรับรู้ในตน ทักษะการเห็นใจผู้อื่น ทักษะการจัดการกับอารมณ์ ทักษะการจัดการกับความเครียด และทักษะการสร้างสัมพันธ์ภาพ การพัฒนาทักษะเหล่านี้ จำเป็นที่นักเรียนควรได้รับการปลูกฝังให้เกิดขึ้นแก่ตัวนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้นำทักษะดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ในชีวิตจริง ทักษะดังกล่าวมาข้างต้นมีความเชื่อมโยงและสอดคล้องกับทักษะทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทักษะทางคณิตศาสตร์นั้นส่วนใหญ่มักจะถูกปลูกฝังอยู่ในเด็กวัยเรียนที่ได้เรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยวิชาคณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน ตลอดจนมีทักษะการแก้ปัญหา ทำให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบครอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจแก้ปัญหาและนำไปใช้ในชีวิตรจริงได้อย่างถูกต้องเหมาะสม อีกทั้งคณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ให้ดีขึ้นและอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551 : 56)

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม พุทธศักราช 2543 ได้ระบุสาระเกี่ยวกับการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษไว้ในมาตราต่าง ๆ ดังนี้ มาตรา 10 มีใจความสำคัญว่า “การจัดการศึกษาสำหรับบุคคลซึ่งมีความสามารถพิเศษ ต้องจัดด้วยรูปแบบที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความสามารถของบุคคลนั้น” มาตรา 22 ระบุไว้ว่า “การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่านักเรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่านักเรียนมีความสำคัญที่สุด

กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ” และมาตรา 24 ระบุไว้ว่า “การจัดการกระบวนการเรียนรู้ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดำเนินการดังต่อไปนี้ (1) จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของ นักเรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล (2) ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา (3) จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติ ให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง (4) จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วน สมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา (5) ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของ กระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ ผู้สอนและนักเรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอนและ แหล่งวิทยาการประเภทต่าง ๆ (6) จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลาทุกสถานที่ มีการประสานความร่วมมือกับบิดา มารดา ผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่ายเพื่อร่วมกันพัฒนานักเรียนตาม ศักยภาพ”

จากที่หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้มีการกำหนดแนวทาง ในการจัดการศึกษาสำหรับกลุ่มเป้าหมายไว้เฉพาะดังนี้ “การจัดการศึกษาบางประเภทสำหรับ กลุ่มเป้าหมายเฉพาะ เช่น การศึกษาเฉพาะทางสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษ การศึกษาทางเลือก การศึกษาสำหรับผู้ด้อยโอกาส การศึกษาตามอัธยาศัย สามารถนำหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น พื้นฐานไปปรับใช้ได้ตามความเหมาะสมกับสภาพและบริบทของแต่ละกลุ่มเป้าหมาย” กรณีของการ จัดการศึกษาให้แก่ผู้มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มีเหตุผลที่สำคัญมาก ประการหนึ่ง คือเป็นการพัฒนากำลังคนที่จะทำหน้าที่เป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์ นักคิดค้น ด้าน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีศักยภาพสูงระดับนานาชาติ ทั้งนี้เพื่อตอบโจทย์โมเดลการพัฒนา เศรษฐกิจใหม่ ประเทศไทย 4.0 ซึ่งในขณะนี้สถานการณ์ของประเทศไทยยังขาดแคลนอยู่มาก ทำให้ มีผลงานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นใช้เองน้อยมาก เมื่อเทียบกับประเทศอื่น ๆ ผลที่ ตามมาคือการเสียค่าใช้จ่ายมหาศาลในการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในประเทศ เพื่อให้ ประเทศชาติสามารถดำรงอยู่และแข่งขันได้ในประชาคมโลก เป็นสังคมผู้ผลิตที่มีมูลค่าเพิ่มแทนการ เป็นสังคมผู้บริโภค เป็นสังคมที่ใช้ปัญญาในการพัฒนาประเทศมากขึ้นแทนการใช้ขาดเหงื่อแรงกาย

เช่นในปัจจุบัน จึงมีความจำเป็นอย่างสูงสุดและรีบด่วนที่สุดที่ประเทศชาติต้องสร้างนักวิจัย และนักประดิษฐ์คิดค้นที่มีความสามารถสูงในปริมาณที่เพียงพอซึ่งจะต้องสร้างมาตั้งแต่เยาว์วัย ดังนั้นการจัดการศึกษาให้แก่ผู้มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์จึงไม่ใช่เป็นเพียงการดำเนินการเพื่อให้บุคคลได้รับโอกาสตามสิทธิเท่านั้น แต่ยังเป็นการตอบสนองความต้องการของประเทศชาติ เป็นการสร้างขุมกำลังทางวิชาการในด้านนี้อย่างเป็นรูปธรรม เยาวชนที่มีศักยภาพพิเศษเหล่านี้เมื่อได้รับการบ่มเพาะจนเกิดการพัฒนาระดับสูงสุดแล้วสภาพหน้าก็จะสามารถค้นคิดสิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่สังคมและประเทศชาติได้อย่างมหาศาล เป็นการสร้างสังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ สังคมแห่งคุณภาพและแข่งขันได้ และสังคมที่ยั่งยืนพอเพียงมีความสมานฉันท์เอื้ออาทรต่อกัน (หลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2554 (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2557), 2557 : 7)

เมื่อการพัฒนาบุคคลที่มีความสามารถพิเศษมีความสำคัญดังที่กล่าวมาแล้วนั้น ตามที่คณะรัฐมนตรี ในการประชุมเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2553 ได้อนุมัติให้กระทรวงศึกษาธิการ ดำเนินงานโครงการพัฒนาโรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัยทั้ง 12 โรงเรียนให้เป็นโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค โดยมีภารกิจในการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ทั้งในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และตอนปลายในลักษณะของโรงเรียนประจำ เพื่อเป็นการกระจายโอกาสให้กับผู้มีความสามารถพิเศษที่กระจายอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศ ทั้งนี้โดยมีครอบครัวและสังคมให้การดูแลส่งเสริมให้เป็นคนที่สมบูรณ์ ทั้งด้านสติปัญญาร่างกายจิตใจอารมณ์ และสังคม เป็นคนดีมีคุณภาพควบคู่ไปกับความสามารถพิเศษที่มีอยู่ ตลอดจนสนับสนุนส่งเสริมให้นำความสามารถพิเศษนั้น ๆ ไปพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ๆ ให้กับสังคมและประเทศชาติ ทั้งนี้หลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคระดับมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2554 (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2557) มีจุดเน้นที่สำคัญได้แก่ การส่งเสริมการประดิษฐ์คิดค้น ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และการทำโครงการ การพัฒนาทักษะการใช้ภาษาอังกฤษ และทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศให้มีศักยภาพระดับเดียวกันกับนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำของนานาชาติ ได้จัดโครงสร้างให้มีลักษณะที่ยืดหยุ่น มีลักษณะเป็นหลักสูตรรายบุคคล (Customized Curriculum) จัดรายวิชาและกิจกรรมที่หลากหลายให้นักเรียนได้เลือกตามศักยภาพ ความถนัด และความสนใจ การจัดรายวิชาและกิจกรรมที่หลากหลายให้นักเรียนผู้มีความสามารถสูงด้านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้เลือกเรียน มีวัตถุประสงค์หลักสำคัญเพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสสำรวจ

ความถนัดและความสนใจของตนเอง นักเรียนได้เห็นความหลากหลาย เห็นคุณค่า และเห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพ อีกทั้งเห็นความสำคัญของการวิจัยทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ปัจจุบันประเทศไทยยังมีผู้ประกอบการทางด้านนี้น้อยมาก จนทำให้ประเทศไทยต้องพึ่งพาองค์ความรู้และเทคโนโลยีจากต่างชาติเป็นจำนวนมาก ทำให้ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ของประเทศไทยมีมูลค่าต่ำ เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ประเทศไทยต้องสั่งเข้ามาใช้จากต่างชาติ ผลที่ตามมาคือประเทศชาติยากจน คนไทยจำนวนมากยังมีคุณภาพชีวิตที่ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

แนวทางหนึ่งในการพัฒนากำลังคนที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่จะทำหน้าที่เป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์ นักคิดค้น ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีศักยภาพสูงระดับนานาชาติในอนาคตต้องอาศัยการจัดการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นเพื่อพัฒนานักเรียนให้มีสมรรถนะหรือความสามารถด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความสามารถในการสื่อสาร มีความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี ความสามารถในการทำงานเป็นทีม ความสามารถในการใช้ภาษาอังกฤษ และความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อันสอดคล้องกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยกิจกรรมที่จะสามารถพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถดังกล่าวข้างต้นได้นั้นจำเป็นต้องเป็นกิจกรรมที่สนับสนุนให้นักเรียนได้มีการฝึกทักษะในลักษณะของการทำงานวิจัย ได้แก่ การส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การประดิษฐ์คิดค้น และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ผ่านกระบวนการการทำโครงการ ซึ่งการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project based learning) เป็นการเรียนรู้ด้วยการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกสิ่งที่ศึกษา กำหนดเรื่องที่จะศึกษาหรือโครงการที่สนใจจะทำการศึกษาด้วยตนเองในสิ่งที่มีความคล้ายคลึงเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับชีวิตจริงหรือสภาพปัญหาที่เป็นจริงในชีวิตประจำวัน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้ความรู้ความคิดที่ลึกซึ้ง เชื่อมโยงสัมพันธ์กัน จนได้ความรู้ใหม่ที่มีความหมายสอดคล้องและเชื่อมโยงกัน ได้ใช้ทักษะที่มีในการทำงานตามความต้องการและความสนใจทำให้เด็กได้พัฒนาความรับผิดชอบ ความมีวินัยในตนเองและความรอบคอบในการปฏิบัติงาน (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ, 2549)

การจัดกิจกรรมการทำโครงการให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติถือเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค อันมุ่งให้นักเรียนได้ศึกษาวิเคราะห์กระบวนการวิจัยทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี เกี่ยวกับการตั้งคำถามหรือการระบุปัญหา การสำรวจตรวจสอบโดยการ

กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ การสืบค้นข้อมูล การตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง การตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้ การวางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม การวิเคราะห์เชื่อมโยง ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมในการทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ ด้วยความมุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบและซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิชาการที่ได้ผลถูกต้องและเชื่อถือได้ สามารถสื่อสารความคิด ความรู้ จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต มีจิตวิทยาศาสตร์และตระหนักในคุณค่าของความรู้และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบหรือแก้ปัญหาได้ รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อข้อมูล และเครื่องมือที่อยู่ในเวลาสั้นๆ เข้าใจว่าคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

การทำโครงการคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนคิดและศึกษาอย่างอิสระในประเด็นที่สนใจและถนัด โดยอาศัยความรู้ หลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ไปเชื่อมโยงกับประเด็นที่จะศึกษาและค้นคว้า ภายใต้อการแนะนำปรึกษาช่วยเหลือและดูแลจากอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตอบสนองการเรียนรู้ของนักเรียนตามความเหมาะสมและความต้องการของนักเรียน นักเรียนเรียนรู้กระบวนการทำงาน และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ โดยสัมพันธ์กับศาสตร์สาขาอื่น ๆ และสามารถใช้ได้ในชีวิตจริง รู้จักแสวงหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เห็นประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ เป็นคนมีเหตุผล แก้ปัญหาได้ ตลอดจน มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ เพื่อเป้าหมายให้นักเรียนเป็นคนดี เป็นคนเก่ง และมีความสุขในการเรียน

ด้วยเหตุนี้ผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์จึงสมควรศึกษาหลักการและวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการให้เข้าใจอย่างลึกซึ้งและสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้และเป็นที่ครูปรึกษาโครงการให้แก่แก่นักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด การสอนโดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project Base Learning) ของวิชาคณิตศาสตร์ในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นการกำหนดประเด็นหัวข้อเนื้อหาในบทเรียนให้แก่แก่นักเรียนในชั้นเรียนแล้วให้นักเรียนทำโครงการคณิตศาสตร์ในเนื้อหา นั้นๆ ในประเด็นที่แตกต่างกัน แต่สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์นั้นหัวข้อ

หรือเรื่องที่นักเรียนทำโครงการนั้นไม่ควรจำกัดเนื้อหาที่นักเรียนเลือกทำโครงการอาจเป็นเนื้อหา
คณิตศาสตร์ที่นักเรียนยังไม่เคยเรียนแต่มีความสนใจที่จะศึกษา ซึ่งถือเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้
ศึกษาในสิ่งที่ตนเองสนใจ ต้องการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบที่หลากหลาย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
ของโรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) นั้น มีได้แยกออกเป็น
รายวิชาโครงการคณิตศาสตร์อย่างชัดเจน แต่จะจัดอยู่ในรายวิชาโครงการวิทยาศาสตร์ ว30294 ตาม
โครงสร้างหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคระดับมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2554
(ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2557) โดยมีครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นผู้จัดกิจกรรมการ
เรียนรู้โดยรวมในช่วงต้นก่อนที่นักเรียนจะเลือกศึกษาโครงการในสาขาที่ตนสนใจ จากสาขา
วิทยาศาสตร์ สาขาคณิตศาสตร์ และสาขาการงานอาชีพและเทคโนโลยี หากนักเรียนสนใจศึกษาใน
สาขาใดจะนำหัวข้อที่ตนสนใจเสนอครูประจำสาขาเพื่อพิจารณารับเป็นครูที่ปรึกษาโครงการให้แก่
นักเรียนซึ่งอาจทำให้นักเรียนไม่เข้าใจหรือมีมุมมองในการทำโครงการที่ไม่ชัดเจนเนื่องจากขาด
ประสบการณ์การทำกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดโครงการคณิตศาสตร์หรือได้รับคำแนะนำการทำ
โครงการจากครูที่ไม่ชัดเจน จากนั้นนักเรียนเข้าสู่กระบวนการจัดทำโครงร่างโครงการเพื่อเสนอหัวข้อ
โครงร่างให้คณะกรรมการในสาขาต่าง ๆ ได้พิจารณา เมื่อผ่านการพิจารณาแล้วนักเรียนจะได้เริ่มลง
มือศึกษาโครงการและมีการรายงานความก้าวหน้าเป็นระยะ กระทั่งนักเรียนศึกษาโครงการเสร็จจึงมี
การตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลการศึกษาโครงการของนักเรียน สืบเนื่องจากหลักสูตรของโรงเรียน
มิได้เอื้อให้ครูคณิตศาสตร์เข้าไปมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมในรายวิชาที่อยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนที่ตัดสินใจเลือกทำโครงการคณิตศาสตร์แล้วนั้นขณะที่นักเรียนลงมือ
ปฏิบัติการโครงการจะมีความสับสนในรูปแบบการเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดการข้อมูลและการ
เขียนรายงานโครงการเพราะโดยธรรมชาติของโครงการคณิตศาสตร์และโครงการวิทยาศาสตร์จะ
มีความแตกต่างกันอยู่บ้าง เมื่อมีการวัดและประเมินผลการทำโครงการพบว่ามีบางประเด็นของการ
ประเมินที่ต้องได้รับการพัฒนาให้เหมาะสมกับการประเมินโครงการคณิตศาสตร์มากขึ้นเพราะใน
ปัจจุบันการประเมินผลโครงการทุกสาขาใช้แบบประเมินจากการประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ซึ่งบาง
หัวข้อการประเมินไม่ปรากฏในการทำโครงการคณิตศาสตร์หรือในบางหัวข้อการประเมินที่จำเป็นต้อง
ประเมินในโครงการคณิตศาสตร์แต่ไม่ปรากฏในแบบประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ที่ใช้อยู่จึงส่งผล

ให้ผลการประเมินการทำโครงการคณิตศาสตร์ที่ได้ยังไม่ครอบคลุมเท่าที่ควรอันส่งผลต่อการแก้ไขและพัฒนาโครงการในอนาคต

จากข้อมูลจำนวนโครงการที่นักเรียนศึกษาในสาขาต่าง ๆ ตั้งแต่ปีการศึกษา 2555 ถึง ปีการศึกษา 2559 เฉลี่ยปีการศึกษาละจำนวน 45 โครงการ พบว่านักเรียนสนใจศึกษาโครงการคณิตศาสตร์ ในแต่ละปีการศึกษาดังนี้ ปีการศึกษา 2555 จำนวน 1 โครงการ ปีการศึกษา 2556 จำนวน 2 โครงการ ปีการศึกษา 2557 จำนวน 5 โครงการ ปีการศึกษา 2558 จำนวน 7 โครงการ และปีการศึกษา 2559 จำนวน 5 โครงการ หรือคิดเป็นร้อยละ 8.33 ในขณะที่มีนักเรียนเลือกทำโครงการคอมพิวเตอร์ ร้อยละ 12.5 และทำโครงการวิทยาศาสตร์ร้อยละ 79.17 ของจำนวนโครงการทั้งหมด เมื่อพิจารณาข้อมูลดังกล่าวพบว่านักเรียนสนใจในการศึกษาโครงการคณิตศาสตร์มีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนโครงการสาขาอื่น ในขณะที่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ของโรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี ยังคงใช้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบที่ช่วงแรกของการศึกษาโครงการเป็นไปตามแนวทางของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว ยังไม่มีหลักการและขั้นตอนวิธีการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่มีความจำเพาะสำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ และการพัฒนาความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการหรือหลักการที่สนับสนุนให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการทำโครงการอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงต้นก่อนนักเรียนเลือกศึกษาหัวข้อในการศึกษาโครงการซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญที่ผู้สอนโครงการคณิตศาสตร์ควรให้ความสำคัญและจัดกิจกรรมที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด

จากสภาพความเป็นมาและความสำคัญของบริบทของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่ามีความจำเป็นที่ครูผู้สอนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์และครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์จึงสนใจที่จะพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้การทำโครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) เพื่อนำผลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพนักเรียนให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เห็นประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ เป็นคนมีเหตุผล แก้ปัญหาได้ ตลอดจนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด หลักการและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน เพื่อนำมากำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2555, 78) กล่าวถึง วิธีการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Base Learning) ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 : เปิดโลกแนวความคิด (exploring the ideas) ขั้นนี้ต้องการให้ผู้เรียนใช้ความคิดเชิงสร้างสรรค์ เลือกโจทย์ที่สนใจทั้งนี้โจทย์ควรเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมหรือสังคม โดยโจทย์จะมีลักษณะกว้างๆ สามารถนำมาสร้างเป็นนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ อาจพัฒนาสิ่งที่มีอยู่แล้วหรือสร้างขึ้นมาใหม่ก็ได้ ผู้เรียนต้องสำรวจว่าสามารถปรับปรุงหรือพัฒนาประเด็นอะไรได้บ้างภายใต้โจทย์ดังกล่าว มุ่งหวังว่าผู้เรียนจะสามารถคิดประเด็นที่สร้างสรรค์ภายใต้โจทย์ที่กำหนดได้อย่างหลากหลาย ขั้นที่ 2 : ค้นหาความเป็นไปได้ (reviewing the possibilities) ขั้นนี้ต้องการให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเชิงทฤษฎี และหลักการ สนับสนุนประเด็นต่าง ๆ จากโจทย์ปัญหาที่สนใจ ในขั้นที่ 1 ผ่านกระบวนการสืบค้นข้อมูล การอภิปรายกลุ่มบนสมมติฐานของข้อมูลที่เพียงพอต่อการตัดสินใจที่เป็นเหตุเป็นผล ขั้นที่ 3 : เลือกเรื่องที่โดนใจ (selecting the topic) ในขั้นนี้ต้องการให้ผู้เรียนใช้เหตุผลเชิงทฤษฎี และความเหมาะสมพิจารณาประเด็นต่าง ๆ ที่ผู้เรียนให้ความสนใจและได้สืบค้นข้อมูลมาก พิจารณาโดยใช้ระดมสมองร่วมกันเพื่อคัดเลือกประเด็นที่จะศึกษา 1 เรื่อง และนำมากำหนดเป็นหัวข้อโครงงานที่จะดำเนินการต่อไป ขั้นที่ 4 : สร้างและทดสอบ (producing and testing) ขั้นนี้ต้องการให้ผู้เรียนแสดงกรอบแนวคิดของการดำเนินงาน แผนการปฏิบัติงาน และจะต้องใช้ ทฤษฎี แนวทางที่ได้กำหนดไว้ เพื่อปฏิบัติงานให้สำเร็จลุล่วง ผู้เรียนอาจต้องเรียนรู้โดยการค้นคว้า หรือ รับคำชี้แนะจากผู้เชี่ยวชาญเพิ่มเติมสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้ควรบันทึกข้อมูลไว้และปรึกษาหารือกับอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานเป็นระยะอย่างสม่ำเสมอ และขั้นที่ 5 : ขึ้นนำเสนอและโฆษณา (presenting and selling) ขั้นนี้ต้องการให้ผู้เรียนออกแบบวิธีการนำเสนอที่น่าสนใจ โดยเลือกสื่อ และวิธีการนำเสนอที่เหมาะสม สามารถดึงดูดความสนใจผู้ฟังและทำให้ผู้ฟังเห็นคุณค่าของผลิตภัณฑ์ที่ผู้เรียนนำเสนอ ส่วนชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (ม.ป.ป.: 8-13) และวิมลศรี สุวรรณรัตน์ และมาฆะ ทิพย์ศรี (2551:23-27) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการทำโครงงานคณิตศาสตร์สอดคล้องกันไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การคัดเลือกหัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดและยากที่สุด หัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษานั้นควรให้นักเรียนเป็นผู้คิดและเลือกด้วยตนเอง โดยที่หัวข้อเรื่องของโครงงานควรมีความเฉพาะเจาะจงและชัดเจน มุ่งชัดว่าจะศึกษาสิ่งใดหรือตัวแปรใดและควรเป็นเรื่องที่แปลกใหม่ซึ่งแสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ด้วย 2) การวางแผนในการทำโครงงาน ต้องวางแผนในการทำโครงงานรวมถึงการเขียนเค้าโครงของโครงงานซึ่งต้องมีการวางแผนหรือวางรูปโครงงานไว้ล่วงหน้าเพื่อให้การดำเนินการเป็นไป

อย่างรัดกุมและรอบคอบไม่สับสน 3) การลงมือทำโครงการเป็นการปฏิบัติตามแผนดำเนินงานซึ่งประกอบด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูลการสร้างหรือประดิษฐ์การปฏิบัติการทดลอง การค้นคว้าเอกสารต่าง ๆ ซึ่งแล้วแต่ว่าจะเป็นโครงการประเภทใด อาจเป็นการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมจากแผนงานที่วางไว้ในตอนแรกบ้างก็ได้ เมื่อดำเนินการทำโครงการครบถ้วนตามขั้นตอนได้ข้อมูลแล้วควรมีการตรวจสอบผลการทดลองด้วยการทดลองซ้ำเพื่อให้ได้ผลที่แน่นอน ถ้าเป็นสิ่งประดิษฐ์ควรคำนึงถึงความคงทนแข็งแรงและขนาดที่เหมาะสม หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลแปลผลและสรุปผลการศึกษาค้นคว้าพร้อมทั้งอภิปรายผลการศึกษาค้นคว้าไม่ว่าผลนั้นจะตรงตามความคาดหมายหรือตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ก็ตาม 4) การเขียนรายงานเป็นการเสนอผลของการศึกษาค้นคว้า เป็นเอกสารเพื่ออธิบายให้ผู้อื่นทราบแนวคิดหรือปัญหาที่ศึกษาวิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมได้ และ 5) การนำเสนอโครงการและการวัดผลประเมินผลโครงการเป็นการเสนอผลงานที่ได้ศึกษาค้นคว้าจนสำเร็จลงด้วยความคิดและความพยายามของผู้ทำโครงการให้คนอื่นได้รับรู้และเข้าใจถึงผลงาน มานัส ทิพย์สัมฤทธิ์กุล (2550: 7-9) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การคิดประเด็นปัญหา หรือหัวข้อที่จะศึกษา 2) การวางแผนในการทำโครงการ หรือเขียนเค้าโครงของโครงการ 3) การลงมือทำโครงการ 4) การเขียนรายงานโครงการ และ 5) การจัดแสดงผลงาน นอกจากนี้ นภัสสร สุทธิกุล (2553: 22-27) ได้กล่าวว่าการทำโครงการคณิตศาสตร์มีขั้นตอนสำคัญ 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การคิดและเลือกหัวข้อเรื่อง 2) การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง 3) การเขียนเค้าโครงของโครงการ 4) การปฏิบัติโครงการ 5) การเขียนรายงานโครงการ และ 6) การนำเสนอโครงการ

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ พบว่า มีแนวคิดและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในการพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้ 1) ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) มีหลักการที่สำคัญว่า ในการเรียนรู้ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้กระทำ (Active) และสร้างความรู้ จากการศึกษาค้นคว้าของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ของ อันเดอร์ฮิล (Underhill, 1991), แกลสเซอร์สเฟลด์ (Glaserfeld, 1995) และ ฟอสโนต (Fosnot, 1996) สามารถสรุปแนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง คือ 1. การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) ความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง 2. การเรียนรู้สิ่งใหม่ขึ้นกับความรู้เดิมและความเข้าใจที่มีอยู่ในปัจจุบัน และ 3. การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ 2) แนวคิดของการเรียนรู้ร่วมกัน (Collaborative Learning) การเรียนรู้ร่วมกันเป็นวิธีการเรียนรู้ที่เน้นบทบาทไปที่ผู้เรียน โดยผู้เรียนในกลุ่มจะเป็นผู้จัดการกันเอง ทั้งการกำหนดบทบาทสมาชิก การตรวจสอบหน้าที่รับผิดชอบ และตรวจสอบการทำงานกันเองภายในกลุ่ม นอกจากนี้ภายในกลุ่มผู้เรียน

อาจจะสอนกันเองภายในกลุ่ม ซึ่งจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดของการเรียนรู้ร่วมกันของ ทินซ์แมนน์ และคนอื่น ๆ (Tinzmann and other, 1990), อาเรียร์กซ์ มีแจ็ง (2547) และเนาวนิตย์ สงคราม (2553) สามารถสรุปเป็นแนวคิดของการเรียนรู้ร่วมกัน คือ 1. มีการจัดกลุ่มการทำงานที่เกิดจากสมาชิกที่มีความสนใจในเรื่องเดียวกัน ขนาดของกลุ่มแต่ละกลุ่มอาจมีไม่เท่ากัน 2. มีการแลกเปลี่ยน แบ่งปันประสบการณ์ และความรู้ที่ตนมีกับสมาชิกในกลุ่ม ซึ่งผู้สอนมีส่วนร่วมในการสนทนาสนับสนุนความรู้ 3. ลักษณะงานเป็นงานที่ต้องทำร่วมกัน สมาชิกในกลุ่มเห็นชอบและมีการวางแผนกิจกรรมร่วมกันและตรงกับสิ่งที่ตนสนใจ 4. ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้อำนวยการควบคุมในการสภาพการเรียนรู้และคอยให้ความช่วยเหลือ และ 5. มีการประเมินผล โดยประเมินกลุ่ม และประเมินสมาชิกกลุ่ม

จากการศึกษาแนวคิดและเอกสารผลงานวิจัยต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยจึงได้สังเคราะห์วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) โดยมี 5 ขั้นตอนดังนี้ 1) การคิดและเลือกหัวข้อโครงงาน เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุดควรเป็นเรื่องที่แปลกใหม่ซึ่งมาจากการที่ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นความสนใจจากครูและแหล่งความรู้ต่าง ๆ สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตจริงหรือเป็นประเด็นศึกษาทางคณิตศาสตร์ที่ลึกซึ้งเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน 2) การวางแผนการปฏิบัติการโครงงาน เป็นการวางแผนในการทำโครงงานรวมถึงการเขียนเค้าโครงของโครงงานเพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างรัดกุมและรอบคอบ เป็นการนำเอาภาพของงานและภาพความสำเร็จของโครงงานที่วิเคราะห์ไว้มาจัดทำรายละเอียด เพื่อแสดงแนวคิด แผนการทำงาน และขั้นตอนของการทำโครงงาน 3) การปฏิบัติการโครงงาน ขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินงานหลังจากที่โครงงานได้รับความเห็นชอบจากที่ปรึกษาและได้รับการอนุมัติแล้วผู้จัดทำโครงงาน ต้องลงมือทำงานตามแผนงานที่กำหนดไว้ในเค้าโครงของโครงงาน มีการบันทึกผลการทำงาน ปัญหาอุปสรรค ข้อค้นพบอย่างเป็นระบบ มีการวิเคราะห์ผลการทดลอง หรือผลการทำโครงงาน อภิปรายผล และสรุปผลการทำโครงงาน 4) การเขียนรายงานโครงงาน เป็นการเสนอผลของการศึกษาค้นคว้าเป็นเอกสารเพื่ออธิบายให้ผู้อื่นทราบแนวคิดหรือปัญหาที่ศึกษา วิธีดำเนินการ ศึกษา ค้นคว้า ข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมได้ ผลของการศึกษา ตลอดจนประโยชน์และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ได้จากการทำโครงงาน และ 5) การนำเสนอโครงงาน เป็นการเสนอผลงานที่ได้ศึกษาค้นคว้าสำเร็จลงด้วยความคิด ความพยายาม ของผู้ทำโครงงานให้คนอื่นได้รับรู้และเข้าใจถึงผลงาน เลือกเฉพาะขั้นตอนที่เด่นและสำคัญให้ผู้ชมผลงานเห็น

ภาพโดยรวมของโครงการ สามารถดึงดูดความสนใจของผู้ชมผลงานได้ ควรแสดงผลงานด้วยความเข้าใจและตอบคำถามด้วยความเป็นจริงตรงไปตรงมา อีกทั้งมีการพัฒนาต่อยอดโครงการจากข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการนำเสนอผลงานด้วย ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังแผนภูมิที่ 1



แผนภูมิที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

คำถามของการวิจัย

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬารณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) มีองค์ประกอบอย่างไร

2. วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬารณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ที่พัฒนาขึ้นมีขั้นตอนอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. พัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬารณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)

2. ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬารณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬารณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) จำนวน 11 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬารณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) จำนวน 6 คน ที่ได้จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) ซึ่งใช้เกณฑ์ในการเลือกโดยเลือกจากครูที่มีประสบการณ์ในการเป็นที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์อย่างน้อย 1 ปีการศึกษา

2. ตัวแปรที่จะศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรต้น (independent variables) ได้แก่ วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการ

คณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งประกอบด้วย เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ และเอกสารคู่มือครู

2.2 ตัวแปรตาม (dependent variables) ได้แก่ ประสิทธิภาพการของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ซึ่งได้จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ และครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)

3. เนื้อหา

เนื้อหาในการวิจัยครั้งนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการกิจกรรมส่งเสริมการทำโครงการซึ่งกำหนดไว้ในหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ปีพุทธศักราช 2554 (ฉบับปรับปรุง 2557) มิได้มีการกำหนดขอบเขตของเนื้อหา โดยเนื้อหาที่นักเรียนทำโครงการขึ้นอยู่กับความสนใจของนักเรียนซึ่งอาจเป็นเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ระดับที่สูงกว่าระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ หมายถึง แบบแผนของกิจกรรมที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีอิสระในการศึกษาค้นคว้าเรื่องใดเรื่องหนึ่งตามความถนัด มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ในประเด็นที่ตนเองสนใจอยากรู้อยากเข้าใจเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องและชัดเจน หรือเป็นประเด็นปัญหาที่สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์แก้ปัญหาได้หรือเชื่อมโยงกับกลุ่มสาระอื่นเพื่อนำไปใช้ในชีวิตจริง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การทำโครงการคณิตศาสตร์อาจจะทำงานเดี่ยวหรืองานกลุ่มก็ได้ หากทำเป็นกลุ่มจะใช้กระบวนการกลุ่มที่มีการตั้งจุดประสงค์ร่วมกันวางแผนร่วมกัน ดำเนินงานและรับผิดชอบร่วมกันตลอดจนประเมินผลร่วมกันภายใต้การแนะนำดูแลของครูที่ปรึกษา และ/หรือผู้ทรงคุณวุฒิจนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยมีขั้นตอนการศึกษา 5 ขั้นตอนดังนี้

1) การคิดและเลือกหัวข้อโครงการ เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุดควรเป็นเรื่องที่แปลกใหม่แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์และได้มาจากความสนใจ ความสงสัยและความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตจริงหรือเป็นประเด็นศึกษาทางคณิตศาสตร์ที่ลึกซึ้งเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน หรืออาจมีเนื้อหาที่ลึกซึ้งตาม

ความสามารถของผู้เรียน ในขั้นตอนนี้รวมถึง การจุดประกายความสนใจของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ เช่น การได้ทดลองทำปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงเพื่อกระตุ้นความสนใจหรือการตั้งคำถามของผู้เรียน และการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องเป็นการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับเรื่องที่จะทำโครงการเพื่อเป็นการประเมินความไปได้ในการทำโครงการ เช่นการอ่านบทความทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความสนใจที่ผู้เรียนต้องการทำโครงการ

2) การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ เป็นการวางแผนในการทำโครงการรวมถึง การเขียนเค้าโครงของโครงการเพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างรัดกุมและรอบคอบ เป็นการนำเอาภาพของงานและภาพความสำเร็จของโครงการที่วิเคราะห์ไว้มาจัดทำรายละเอียด เพื่อแสดงแนวคิดแผนการทำงาน และขั้นตอนของการทำโครงการ กำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม รวมถึง กำหนดระยะเวลาในการทำงาน โดยส่วนใหญ่จะจัดทำออกมาในรูปแบบของเค้าโครงโครงการ ซึ่งมี ส่วนประกอบดังนี้ ชื่อโครงการ ผู้ทำ ครูที่ปรึกษา ที่มาและความสำคัญ จุดมุ่งหมายของการศึกษา สมมุติฐาน(ถ้ามี) วิธีดำเนินงาน แผนปฏิบัติงาน ผลที่คาดว่าจะได้รับ และเอกสารอ้างอิง แล้วนำเค้าโครงงานเสนอที่ปรึกษาเพื่อให้ความเห็นชอบในการทำโครงการต่อไป

3) การปฏิบัติการโครงการ ขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินงานหลังจากที่โครงการได้รับความเห็นชอบจากที่ปรึกษาและได้รับการอนุมัติแล้วผู้จัดทำโครงการ ต้องลงมือทำงานตามแผนงานที่กำหนดไว้ในเค้าโครงของโครงการ มีการบันทึกผลการทำงาน ปัญหาอุปสรรค ข้อค้นพบอย่างเป็นระบบ มีการวิเคราะห์ผลการทดลอง หรือผลการทำโครงการ อภิปรายผล และสรุปผลการทำโครงการ

4) การเขียนรายงานโครงการ เป็นการเสนอผลของการศึกษาค้นคว้าเป็นเอกสาร เพื่ออธิบายให้ผู้อื่นทราบแนวคิดหรือปัญหาที่ศึกษา วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมได้ผลของการศึกษา ตลอดจนประโยชน์และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ได้จากการทำโครงการ การเขียนรายงานควรใช้ภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย สั้นและตรงไปตรงมา โดยมีส่วนประกอบดังนี้ ชื่อโครงการ ผู้ทำที่ปรึกษา บทคัดย่อ กิตติกรรมประกาศ คำนำ สารบัญ ที่มาและความสำคัญของโครงการ จุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า สมมุติฐาน (ถ้ามี) วัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการพร้อมอธิบายขั้นตอนการดำเนินงานโดยละเอียด ผลการศึกษาค้นคว้า สรุปและข้อเสนอแนะ เอกสารอ้างอิง และภาคผนวก

5) การนำเสนอโครงการ เป็นการเสนอผลงานที่ได้ศึกษาค้นคว้าสำเร็จลงด้วยความคิด ความพยายาม ของผู้ทำโครงการให้คนอื่นได้รับรู้และเข้าใจถึงผลงาน ควรมีการวางแผนการแสดงผลงานเป็นอย่างดีโดยการแสดงผลงานไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบใด ควรจัดให้ครอบคลุมประเด็น

ต่อไปนี้ ชื่อโครงการ ผู้ทำโครงการ ที่ปรึกษา คำอธิบายย่อ ๆ ถึงเหตุจูงใจในการทำโครงการและความสำคัญของโครงการ วิธีดำเนินการโดยเลือกเฉพาะขั้นตอนที่เด่นและสำคัญให้ผู้ชมผลงานเห็นภาพโดยรวมของโครงการ การสาธิตหรือแสดงผลที่ได้จากการทดลองและผลการสังเกตหรือข้อมูลเด่นที่ได้จากการทำโครงการและสามารถดึงดูดความสนใจของผู้ชมผลงานได้ นอกจากนี้ควรแสดงผลงานด้วยความเข้าใจและตอบคำถามด้วยความเป็นจริงตรงไปตรงมา

2. นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์

หมายถึง นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ที่ผ่านกระบวนการคัดเลือกโดยมีผลการเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 วิชาคณิตศาสตร์ไม่ต่ำกว่า 3.00 ผ่านการสอบคัดเลือกโดยใช้แบบทดสอบของโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ (องค์การมหาชน) และผ่านการสอบคัดเลือกโดยใช้แบบทดสอบของกลุ่มโรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ซึ่งมีผู้เชี่ยวชาญในสาขาคณิตศาสตร์เป็นผู้คัดเลือกและปรับปรุงข้อสอบ และเมื่อนักเรียนเข้าศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี แล้วมีผลการเรียนเฉลี่ยรายวิชาคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 รายวิชา ไม่ต่ำกว่า 3.25

3. **ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์** หมายถึง ความสามารถที่ทำให้เกิดผลของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยวัดจาก

1) ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เป็นประสิทธิภาพที่ได้จากการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้วยแบบประเมินวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์ โดยพิจารณา 2 ด้านได้แก่

1.1) ด้านความเหมาะสมของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์ วัดความเหมาะสม 5 ด้าน ได้แก่ จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดการประเมินผล เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเอกสารคู่มือครู โดยมีสเกลการวัดแบบอันดับ 5 อันดับ ดังนี้ 1 : เหมาะสมน้อยที่สุด 2 : เหมาะสมน้อย 3 : เหมาะสมปานกลาง 4 : เหมาะสมมาก และ 5 : เหมาะสมมากที่สุด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553 : 82-83) ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง มี

ความเหมาะสมมาก ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยและค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด เกณฑ์การตัดสิน คือ ถ้าได้คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 แสดงว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์มีความเหมาะสม

1.2) ด้านความสอดคล้องของโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ โดยประเมินว่าองค์ประกอบต่าง ๆ ของวิธีการจัดกิจกรรม ได้แก่ จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดการประเมินผล เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเอกสารคู่มือครู มีความสอดคล้องกันหรือไม่ มีสเกลการวัดแบบแยกประเภท 3 ประเภท ดังนี้ -1 : ไม่สอดคล้อง 0 : ไม่แน่ใจ และ 1 : สอดคล้อง โดยถ้ามีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แสดงว่าวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์มีความสอดคล้อง

เกณฑ์การตัดสิน คือ ถ้าโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์มีความเหมาะสมและมีความสอดคล้อง แสดงว่าวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

2) ความคิดเห็นของครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) จากการสนทนากลุ่ม (Focus Group) ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ

เกณฑ์การตัดสินในภาพรวม คือ ถ้าโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์และมีประสิทธิภาพด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและมีประสิทธิภาพด้านความคิดเห็นของครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย เพชรบุรี แสดงว่าวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาวิธีการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ผู้วิจัยได้ศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยโดยเสนอผลการศึกษาค้นคว้าแบ่งเป็น 5 ตอน ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 แนวคิดเรื่องกระบวนการจัดการเรียนรู้

- 1.1 ความหมายของกระบวนการจัดการเรียนรู้
- 1.2 องค์ประกอบของกระบวนการจัดการเรียนรู้
- 1.3 การพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้

ตอนที่ 2 แนวคิดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการ

- 2.1 ความหมายของโครงการ
- 2.2 ขั้นตอนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการ
- 2.3 ประเภทของโครงการ
- 2.4 รูปแบบการจัดการกิจกรรมโครงการงานสถานศึกษา
- 2.5 ขั้นตอนในการทำโครงการ

ตอนที่ 3 แนวคิดที่เกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์

- 3.1 ความสำคัญของโครงการคณิตศาสตร์
- 3.2 ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์
- 3.3 จุดมุ่งหมายของโครงการคณิตศาสตร์
- 3.4 ประเภทของโครงการคณิตศาสตร์
- 3.5 ขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์ บทบาทของนักเรียนและครูที่ปรึกษาโครงการ
- 3.6 การประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์
- 3.7 ประโยชน์และสิ่งที่ได้รับจากการทำโครงการคณิตศาสตร์

ตอนที่ 4 แนวคิดที่เกี่ยวกับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์

- 4.1 นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์

4.2 นักเรียนโรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)

ตอนที่ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

แนวคิดเรื่องกระบวนการจัดการเรียนรู้

1.1 ความหมายของกระบวนการจัดการเรียนรู้

ในการอธิบายความหมายของกระบวนการเรียนการสอนนั้น พบว่ามีนักการศึกษากล่าวถึงความหมายของกระบวนการเรียนการสอน โดยกล่าวถึงประเด็นที่เกี่ยวข้องไว้ดังนี้

กูด (Good, 1973) ให้คำนิยามว่ากระบวนการเรียนการสอน คือ วิธีของการเรียนการสอนที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงหรือการเรียนรู้ที่ต้องการ

วินน์ (Winn, 1993 : 16) กล่าวถึงกระบวนการเรียนการสอนว่า เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่เริ่มจากปัจจัยนำเข้าได้แก่ ครูและแหล่งการเรียนรู้ที่ส่งผลให้เกิดการกระทำผู้เรียนโดยมีเป้าหมายที่เฉพาะเจาะจงทั้งคุณลักษณะทางจิตวิทยาและพฤติกรรม

จอยส์ และวีล (Joyce and Weil, 2000) ให้ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอนว่าเป็นแผนในการจัดการเรียนการสอนที่บรรยายให้เห็นถึงสิ่งแวดล้อมทางการเรียนที่เป็นแนวทางในการออกแบบการเรียนการสอนที่มีเป้าหมายให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน

อรัญ มุลคำ และ สุวิทย์ มุลคำ (2544 : 12) นิยามว่ากระบวนการเรียนการสอน หมายถึง ลักษณะลำดับขั้นตอนของรูปแบบการสอนแบบต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมสองลักษณะ คือ กิจกรรมของครูและกิจกรรมของนักเรียน กิจกรรมของครูได้แก่การวางแผนการสอน การเตรียมการสอน การจัดเตรียมสื่อ แหล่งการเรียนรู้ การจัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียน การจัดกิจกรรมในห้องเรียน เป็นต้น กิจกรรมของนักเรียนได้แก่ กิจกรรมที่นักเรียนลงมือปฏิบัติขณะมีการเรียนการสอน ซึ่งลำดับขั้นตอนนี้ได้พัฒนาขึ้นจากหลักการและทฤษฎีการเรียนรู้แบบต่าง ๆ

ทิตินา แคมมณี (2553 : 477) ได้กล่าวถึงรูปแบบการเรียนการสอนไว้ว่าเป็นแบบแผนการดำเนินการสอนที่ได้รับการจัดเป็นระบบอย่างสัมพันธ์ สอดคล้องกับทฤษฎี หลักการเรียนรู้หรือการสอนที่รูปแบบนั้นยึดถือ และได้รับการพิสูจน์ ทดสอบว่ามีประสิทธิภาพ สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายเฉพาะของรูปแบบนั้น ๆ โดยทั่วไปแบบแผนการดำเนินการสอนดังกล่าวมัก

ประกอบด้วยทฤษฎี หลักการที่รูปแบบนั้นยึดถือ และกระบวนการสอน ที่มีลักษณะเฉพาะอันจะนำผู้เรียนไปสู่จุดมุ่งหมายเฉพาะที่รูปแบบนั้นกำหนด ซึ่งผู้สอนนั้นสามารถนำไปใช้เป็นแบบแผนหรือแบบอย่างในการจัดและดำเนินการสอนอื่น ๆ ที่มีจุดมุ่งหมายเฉพาะเช่นเดียวกันได้

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ขั้นตอนการเรียนการสอนรวมทั้งแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่จัดทำขึ้นตามหลักการของแนวคิดหรือทฤษฎีโดยอาศัยวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนบรรลุผลตามวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้

1.2 องค์ประกอบของกระบวนการจัดการเรียนรู้

กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ มีหลายองค์ประกอบที่จะส่งผลให้เกิดความสำเร็จได้ ซึ่งทุกองค์ประกอบมีความสำคัญและมีความสัมพันธ์กันในการจัดการเรียนการสอน แนวคิดที่สำคัญต้องคำนึงถึงเป้าหมาย คือ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ในการศึกษาองค์ประกอบของกระบวนการจัดการเรียนรู้ นักการศึกษาได้ให้แนวคิดขององค์ประกอบของกระบวนการจัดการเรียนรู้ ไว้ดังนี้

ไรเกอร์ธ (Reigeruth, 1983 cited in Winn, 1993 : 16) อธิบายว่า กระบวนการเรียนการสอนมีความสัมพันธ์กับการออกแบบการสอน ซึ่งเป็นกระบวนการที่จะคัดเลือกวิธีสอนเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ภายใต้เงื่อนไขที่ตั้งไว้

ทิสนา แคมมณี (2545) ได้นำเสนอองค์ประกอบของกระบวนการเรียนการสอนไว้ดังนี้

- 1) มีปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด ความเชื่อที่เป็นพื้นฐานการสอนที่สอดคล้องกับหลักการที่ยึดถือ
- 2) มีการอธิบายสภาพ หรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักการที่ยึดถือ
- 3) มีการจัดระบบ คือ มีการจัดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบให้สามารถนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายของระบบ หรือกระบวนการนั้น ๆ
- 4) มีการอธิบายหรือให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่าง ๆ อันจะช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนนั้น ๆ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า กระบวนการเรียนจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยมีที่มาจากแนวคิดหรือทฤษฎีต่าง ๆ ซึ่งมีความสอดคล้องกัน

1.3 การพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้

ในการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้อยังไม่พบว่ามีนักการศึกษาได้กล่าวไว้อย่างชัดเจน แต่จะกล่าวไว้เพียงการพัฒนา รูปแบบการเรียนการสอน ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

Keeves (1997 อ้างถึงใน, ทิศนา แคมมณี, 2545: 218-219) ได้เสนอหลักการพัฒนารูปแบบการสอนซึ่งผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนดังนี้

1. รูปแบบการสอนต้องมีทฤษฎีรองรับ
2. เมื่อพัฒนารูปแบบการสอนแล้วต้องมีการวิจัยเพื่อตรวจสอบคุณภาพและปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ในสถานการณ์จริง
3. การพัฒนารูปแบบอาจนำไปใช้อย่างกว้างขวางหรือใช้เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่ง
4. การนำรูปแบบไปใช้ถ้าตรงกับจุดมุ่งหมายหลักจะทำให้เกิดผลสูงสุด

ทิศนา แคมมณี (2545 : 199-201) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนไว้ว่ามีขั้นตอนสำคัญดังต่อไปนี้

- 1) การกำหนดจุดมุ่งหมายในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนให้ชัดเจน
- 2) การศึกษาหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดองค์ประกอบ และแนวทางในการจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน
- 3) การศึกษาสภาพการณ์ และปัญหาที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ค้นพบองค์ประกอบสำคัญที่จะช่วยให้รูปแบบการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพเมื่อนำไปใช้จริงและช่วยป้องกันปัญหาที่จะทำให้รูปแบบการเรียนการสอนขาดประสิทธิภาพ
- 4) การกำหนดองค์ประกอบสำคัญของรูปแบบ เพื่อพิจารณาว่ามีสิ่งใดที่ช่วยให้เป้าหมายหรือจุดมุ่งหมายบรรลุผลสำเร็จ
- 5) การจัดกลุ่มองค์ประกอบเพื่อนำองค์ประกอบที่กำหนดไว้มาจัดหมวดหมู่เพื่อความสะดวกในการดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

- 6) การจัดความสัมพันธ์กับองค์ประกอบเพื่อพิจารณาองค์ประกอบใดเป็นเหตุ และเป็นผลขึ้นต่อกันในลักษณะใด สิ่งใดควรมาก่อนมาหลัง สิ่งใดสามารถดำเนินการ คู่ขนานกันไปได้
- 7) การจัดผังรูปแบบโดยแสดงลำดับขั้นตอนของรูปแบบการสอน และแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน
- 8) การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนเพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้น
- 9) การประเมินผลรูปแบบการเรียนการสอนเพื่อประเมินว่าบรรลุผลตามเป้าหมายหรือใกล้เคียงกับเป้าหมายมากน้อยเพียงใด
- 10) การปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนเพื่อนำผลจากการทดลองใช้ไปปรับปรุงให้รูปแบบการเรียนการสอนนั้นดียิ่งขึ้น

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่าการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ต้องศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผู้เรียน สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง เช่น ปัญหาการเรียนการสอน หลักสูตร เป็นต้น เพื่อกำหนดเป็นวัตถุประสงค์ในการพัฒนานักเรียน โดยกำหนดจุดมุ่งหมายในการพัฒนาที่ชัดเจน มีหลักการหรือทฤษฎีรองรับ และตรวจสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนการสอน เพื่อให้กระบวนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความเป็นไปได้และสอดคล้องกับสภาพที่แท้จริงของการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ การดำเนินการเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพมี 2 ขั้นตอน คือ การตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญและการทดลองใช้กระบวนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนั้นการพัฒนากระบวนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้จึงเป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (research and development) เพื่อให้ได้กระบวนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับสภาพจริงของนักเรียนและสภาพแวดล้อม

แนวคิดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการ

2.1 ความหมายของโครงการ

กรมวิชาการ(2544 : 28) ได้ให้ความหมายว่า โครงการเป็นการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่นักเรียนเป็นผู้ศึกษาค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ภายใต้คำแนะนำ ปรีกษาและดูแลของครู/อาจารย์ที่ปรึกษา โดยอาจใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ช่วยในการศึกษา เพื่อให้การศึกษาค้นคว้านั้นบรรลุผลตามวัตถุประสงค์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2531 : 1-2) ได้ให้ความหมายว่า
 โครงการงานเป็นการศึกษาค้นคว้าตามความสนใจ ความถนัด ตามความสามารถของผู้เรียนเอง ภายใต้
 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบหรือผลงานซึ่งมีความสมบูรณ์ในตัว โดยนักเรียน
 เป็นผู้วางแผนการศึกษาค้นคว้า ดำเนินการด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ มีเจตคติที่ดีต่อ
 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นเพียงผู้ให้คำปรึกษาเท่านั้น

ธีระชัย ปุณฺณโชติ (2531 : 1) กล่าวว่า โครงการงานเป็นการศึกษาที่เน้นกิจกรรมโดยผู้เรียนลงมือ
 ปฏิบัติและศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ภายใต้คำแนะนำปรึกษาและ
 การดูแลของครูหรือผู้เชี่ยวชาญ

กระทรวงศึกษาธิการ (2536 : 5) ให้ความหมายว่า โครงการงานเป็นการทำกิจกรรมที่เปิดโอกาส
 ให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ภายใต้การดูแลและให้คำปรึกษาของครู ตั้งแต่
 การคิดสร้างโครงการ การวางแผนดำเนินการ การออกแบบลงมือปฏิบัติ รวมทั้งร่วมกำหนดแนวทาง
 ในการวัดและประเมินผล

สมศักดิ์ สินธุระเวช (2552 : 8) กล่าวว่า โครงการงาน เป็นการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ต้องการให้
 ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าให้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้นในหัวข้อที่กำลังเรียน การศึกษาค้นคว้านี้อาจทำเป็นรายบุคคล
 หรือเป็นทีม ลักษณะที่สำคัญของโครงการงานคือการศึกษาที่มุ่งเพื่อหาคำตอบให้กับข้อสงสัยในเรื่องนั้น ๆ
 ที่ผู้เรียนหรือกลุ่มเพื่อนกำหนดข้อสงสัยขึ้นมา เป้าหมายของโครงการงานคือให้ ได้เรียนรู้มากขึ้นในเรื่อง
 นั้น ๆ มากกว่าที่จะค้นหาคำตอบที่ถูกต้องเพื่อตอบคำถามของผู้สอน

โครงการงานเป็นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เลือกและสร้างกระบวนการเรียนรู้
 เรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างลุ่มลึกด้วยตนเองโดยใช้วิธีการและแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลายและสามารถนำ
 ผลการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิตจริงได้ ดังนั้นโครงการงานจึงมีลักษณะดังนี้ เป็นวิธีการเรียนรู้ที่บูรณาการ
 หลักสูตรกับการจัดการเรียนรู้ได้อย่างกลมกลืนกัน สร้างให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นในการดำเนินชีวิต
 ซึ่งเกิดจากความสนใจ ใฝ่รู้คำตอบของตัวผู้เรียนเอง เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้
 (construct) ด้วยตนเอง เป็นวิธีการเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างลึกซึ้ง มีระบบ เป็นขั้นตอน และ
 ต่อเนื่อง โดยการหาคำตอบข้อสงสัยโดยใช้ทักษะการเรียนรู้และปัญหาหลายๆ ด้าน (อ้างถึงใน
 โครงการงาน:การเรียนรู้ที่ลุ่มลึก สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ ลำดับที่ 6 : 2)

ลัดดา ภูเกียรติ (2544 : 48) ได้ให้ความหมายว่า โครงการงานเป็นการค้นคว้าเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่ง
 หนึ่งหรือหลายๆสิ่งที่ยากรู้คำตอบให้ลึกซึ้งหรือเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ ให้มากยิ่งขึ้น โดยใช้กระบวนการ

วิธีการที่ศึกษาอย่างมีระบบเป็นขั้นตอน มีการวางแผนในการศึกษาอย่างละเอียด ปฏิบัติงานตามแผนที่วางไว้จนได้ข้อสรุปหรือผลสรุปที่เป็นคำตอบในเรื่องนั้น ๆ การเรียนรู้ในรูปแบบของโครงการ เป็นการจัดโอกาสให้นักเรียนสามารถใช้ความรู้ความชำนาญ ทักษะที่มีอยู่ รวมทั้งจุดเด่นของตนเองที่อาจไม่มีโอกาสได้แสดงออกในที่ใดมาก่อนนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างเต็มที่ ส่งเสริมให้เด็กได้ตัดสินใจด้วยตนเอง มีส่วนร่วมในการคิดกิจกรรมโดยการเป็นผู้สร้างความรู้อ่าง แทนที่จะเป็นผู้รับความรู้เพียงอย่างเดียวซึ่งไม่มีวันที่จะรับได้หมด แต่ถ้าผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเองเขาจะจดจำสิ่งนั้นติดตัวไปตลอดชีวิตโดยไม่มีวันลืม

บุรชัย ศิริมหาสาคร(2547 : 17) ได้ให้ความหมายว่า โครงการเป็นผลการวิจัยเล็ก ๆ ของผู้เรียนที่ใช้กระบวนการวิจัยในการแสวงหาความรู้ หรือหาความจริงเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งตามสาระการเรียนรู้อย่างแท้จริงตั้งแต่เป็นผู้กำหนดปัญหาซึ่งเป็นหัวข้อโครงการและวิธีการได้มาซึ่งคำตอบนั้นด้วยตัวเอง ครูเป็นเพียงที่ปรึกษาคอยให้คำแนะนำตามความจำเป็น

นภัสสร สุทธิกุล(2553 : 13) โครงการเป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากความต้องการของผู้เรียนที่ต้องการหาคำตอบเมื่อเกิด “ปัญหา” หรือเกิด “ความสงสัย” ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งด้วยการไปศึกษาค้นคว้าด้วยวิธีการหรือรูปแบบต่าง ๆ ด้วยตนเองอย่างลึกซึ้งซึ่งมากกว่าการเรียนรู้ในห้องเรียน

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ (2556 : 25) ได้ให้ความหมายว่า โครงการเป็นการศึกษาเพื่อค้นพบความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่และวิธีการใหม่ ด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ มีครูอาจารย์และผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คำปรึกษา ความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ และวิธีการใหม่ซึ่งทั้งนักเรียนและครูไม่เคยรู้หรือมีประสบการณ์มาก่อน (unknown by all)

จากการศึกษาแนวคิดของนักวิชาการข้างต้นสามารถสรุปความหมายของโครงการได้ว่าโครงการเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสและสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่สนใจสงสัยหรือปัญหาที่พบด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการศึกษาที่มีขั้นตอนเป็นระบบ มีการวางแผนในการทำงาน การลงมือปฏิบัติงานตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อสรุปหรือผลสรุปในเรื่องนั้น ๆ โดยมีครูเป็นผู้ให้คำปรึกษาและเรียนรู้ความรู้ใหม่ไปพร้อมกับผู้เรียน

2.2 ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการ

ลัดดา ภูเกียรติ (2544 : 22-23) การจัดการเรียนรู้แบบโครงการเป็นวิธีการหนึ่งที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ด้วยตนเองและปฏิบัติเอง ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดอย่างอิสระ ได้ฝึก

การทำงานเป็นกลุ่ม ได้ฝึกทักษะกระบวนการในการค้นคว้าหาความรู้ ฝึกการวางแผนการทำงาน การวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เริ่มตั้งแต่ปัญหาที่ผู้เรียนสนใจและอยากรู้คำตอบ จึงได้ทำการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยอาศัยความรู้ความเข้าใจจากเรื่องต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาใช้กระบวนการและทักษะต่าง ๆ ที่เป็นพื้นฐานภายใต้การให้คำแนะนำปรึกษา และการดูแลของครูหรือ ผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้น ๆ

บุษบา บุญชู (2545 : 26) ตระกูลพันธ์ กันใจ (2545 : 18) ได้กล่าวสอดคล้องกันถึงการจัดการเรียนรู้แบบโครงการว่า หมายถึง การจัดกิจกรรมหรือกิจกรรมที่จัดเสริมหลักสูตรขึ้นให้กับผู้เรียนโดยเน้นผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติทั้งในและนอกเวลาโดยศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เริ่มจากการเลือกหัวข้อที่จะศึกษาตามความสนใจ โดยวิธีการและแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย ภายใต้การแนะนำกระตุ้นของครูหรือผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมาย

ชาตรี เกิดธรรม (2547 : 5) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้แบบโครงการว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง ได้ปฏิบัติจริงในลักษณะของการศึกษา สืบค้น ทดลอง ประดิษฐ์ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้คอยกระตุ้นแนะนำให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด

การเรียนการสอนแบบโครงการ/โครงการ (Project-Approach) เป็นการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกสิ่งที่ศึกษา กำหนดเรื่องที่จะศึกษาหรือโครงการที่สนใจจะทำการศึกษด้วยตนเองในสิ่งที่มีความคล้ายคลึงเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับชีวิตจริงหรือสภาพปัญหาที่เป็นจริงในชีวิตประจำวัน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้ความรู้ความคิดที่ลึกซึ้ง เชื่อมโยงสัมพันธ์กัน จนได้ความรู้ใหม่ที่มีความหมายสอดคล้องและเชื่อมโยงกัน ได้ใช้ทักษะที่มีในการทำงานตามความต้องการและความสนใจทำให้เด็กได้พัฒนาความรับผิดชอบ ความมีวินัยในตนเองและความรอบคอบในการปฏิบัติงาน (อ้างถึงในการเรียนรู้ สู่ทักษะชีวิต สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ, 2550)

วัชรรา เล่าเรียนดี (2552 : 113) ได้ให้ความหมายว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงการ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ด้วยการให้ปฏิบัติเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ วิธีการและผลของงาน ซึ่งการทำโครงการอาจให้ปฏิบัติเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม ใช้เวลาปฏิบัติตามความยากง่ายซับซ้อนของกิจกรรมและเนื้อหา ผลการเรียนรู้ด้วยโครงการก็คือผลลัพธ์ ผลผลิต การนำเสนอผลงานและการปฏิบัติงาน การเรียนรู้ด้วยการทำโครงการอาจเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem based learning) โดยที่การเรียนรู้ด้วยการทำโครงการนั้น ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมโครงการที่จะปฏิบัติ และโครงการนั้นอาจจะไม่ตอบสนองต่อปัญหาใดปัญหาหนึ่งก็ได้ ในทางตรงกันข้ามการ

เรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นต้องมีปัญหามาไปสู่การเรียนรู้เป็นปัญหาเฉพาะที่ต้องหาคำตอบหรือแก้ปัญหานั้นด้วยกระบวนการแก้ปัญหา

จิราภรณ์ ศิริทวี (2552 : 34) กล่าวว่า โครงการงานเป็นการสอนให้นักเรียนรู้จักทำโครงการวิจัยในหัวข้อหรือประเด็นเล็ก ๆ ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อพัฒนาความรู้ทักษะและสร้างผลผลิตที่มีคุณภาพ ระเบียบวิธีดำเนินการเป็นระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ จุดประสงค์หลักของการสอนแบบโครงการงานต้องกระตุ้นให้นักเรียนรู้จักสังเกต รู้จักการตั้งคำถาม รู้จักการตั้งสมมติฐาน รู้จักวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเองเพื่อตอบคำถามที่ตนอยากรู้ รู้จักสรุปและ ทำความเข้าใจกับสิ่งที่ค้นพบ

เมททิวส์ (Matthews, 1994 : 144) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงการงานเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้สอนจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนการสอน ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้จากการทำกิจกรรมได้ด้วยตนเอง

คอร์ด (Cord, 1999 : 1-3) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงการงานเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ทำงานอย่างเป็นระบบ โดยมีขั้นตอนในการศึกษาการค้นคว้า การแก้ปัญหา การรวบรวมข้อมูล และการนำเสนอผลงาน ที่ทำให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอดและทักษะในการเรียนรู้ซึ่งสามารถวัดผลจากสภาพจริงและการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เนื่องจากนักเรียนได้ทำกิจกรรมจากความสนใจจนเกิดประสบการณ์และสอดคล้องกับชีวิตประจำวัน

จากการศึกษาแนวคิดของนักวิชาการข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ในปัจจุบันมุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนโดยให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติด้วยตนเอง ดังนั้นผู้สอนจะต้องเลือกใช้เทคนิคหรือวิธีการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญอันมีหลากหลายรูปแบบ การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการงานเป็นการจัดการเรียนที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเองสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองซึ่งทำให้เกิดการเรียนรู้ที่คงทน ผู้เรียนได้รู้จักคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา และสามารถวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ รู้จักบูรณาการความรู้ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ รู้จักนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงการปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักประเมินผลงานและปรับปรุงงาน ตลอดจนสามารถนำความรู้และประสบการณ์ไปใช้ในชีวิตจริง

2.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ

การจัดการเรียนรู้แบบโครงการเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ฝึกให้ผู้เรียนศึกษาและทำงานอย่างเป็นระบบมีขั้นตอนที่ชัดเจน ซึ่ง สุรางค์ สากร (2531) ได้สรุปไว้ว่าการทำโครงการมีขั้นตอนหลักๆ อยู่ 4 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นเสนอแนะปัญหา (Need and Problem) เป็นขั้นที่นักเรียนพบเห็นปัญหาต่างๆ ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องและเหมาะสมกับความสามารถหรือครูอาจจะเป็นผู้ชี้แนะให้นักเรียนเกิดปัญหาก็คือ

2. ขั้นวางแผน (Planning) โดยการวางแผนและจัดเตรียมทั้งในด้านวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในโครงการ วิธีการในการทำงาน และระยะเวลาของการทำงาน

3. ขั้นลงมือปฏิบัติงานตามแผน (Doing) ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องลงมือทำงานตามแผนที่ได้กำหนดไว้ในขั้นที่ 2 หากมีปัญหาใดต้องรีบปรึกษาครูผู้ดูแลประจำโครงการ

4. ขั้นสรุปและประเมินผล (Conclusion and Evaluation) เป็นการสรุปผลที่ได้จากการทำโครงการว่าประสบความสำเร็จมากน้อยเพียงใดและทำการประเมินตามแผนที่ได้กำหนดไว้ด้วย และสมศักดิ์ ภูวิภาตววรรณ (2545 : 83-85) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการของ ไฟล์-บูธ (Fried-Booth), ไรบ์และไวดอล (Ribe and vidal) และ เคสเลอร์ (Kessler) ไว้ดังนี้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการตามแนวทางของ ไฟล์-บูธ(Fried-Booth) ได้ระบุขั้นตอนของโครงการไว้ดังนี้ ขั้นวางแผนเป็นขั้นของการร่วมมือกันอภิปรายเนื้อหาที่วางไว้และขอบเขตของโครงการโดยพิจารณาถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ขั้นดำเนินการเป็นขั้นของการปฏิบัติงานตามแผนที่วางไว้โดยใช้ทักษะทางภาษาคือ ฟัง พูด อ่าน เขียน ผสมผสานกันอย่างเป็นธรรมชาติ ขั้นทบทวนและแก้ไขผลงาน เป็นขั้นตอนของการอภิปรายแสดงความคิดเห็นระหว่างดำเนินการและหลังการดำเนินการ

นอกจากนั้น ไฟล์-บูธ (Fried-Booth) ยังให้ข้อคิดเห็นในการทำโครงการว่า โครงการจะสัมฤทธิ์ผลขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้ 1) สิ่งเร้า(Stimulus) อันได้แก่ การอภิปรายแสดงความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ 2) การกำหนดเป้าหมายของโครงการ (Definition of the Project Objective) 3) การฝึกหัดด้านทักษะทางภาษา (Practice of Written Materials) 4) การออกแบบเครื่องมือ (Design of Written Materials) 5) กิจกรรมกลุ่ม (Group Activities) 6) การรวบรวมข้อมูล (Collecting

Information) 7) การจัดระบบข้อมูล (Organization of Materials) และ8) การนำเสนอผลงาน (Final Presentation)

สำหรับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวของ ไรบ์ และไวดอล (Ribe and Vidal) ได้กำหนดขั้นตอนในการทำโครงงานไว้ดังนี้

1. ขั้นสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน (Creating a Good Atmosphere) เป็นขั้นเตรียมความพร้อมให้สมาชิกในกลุ่มทำงานมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันในการทำงาน เช่น การใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์เข้าช่วยเพื่อให้ผู้เรียนคุ้นเคยและพร้อมที่จะปฏิบัติงานร่วมกัน

2. ขั้นกระตุ้นให้เกิดความสนใจ (Getting the Class Interested) เป็นขั้นของการสร้างความสนใจให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียน ในอันที่จะปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ในสิ่งที่ผู้เรียนสนใจ ซึ่งอาจใช้การระดมสมอง ใช้ดนตรี สไลด์หรือธรรมชาติ เพื่อนำความรู้สึกของผู้เรียนให้เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงาน

3. ขั้นเลือกหัวข้อ(Selecting the Topic) เป็นขั้นของการเจรจาและการสังเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ เพื่อประมวลเป็นหัวข้อเรื่องโครงงาน

4. ขั้นสร้างโครงร่างโครงงาน (Creating a General Outline of the Project) เป็นขั้นวางแผนและกำหนดขอบเขตโครงงาน วิเคราะห์ขั้นตอนการทำงาน จัดเตรียมอุปกรณ์ เป็นต้น

5. ขั้นลงมือปฏิบัติงานตามหัวข้อเรื่อง (Doing Basic Research Around the Topic) เป็นขั้นดำเนินการตามโครงร่างของโครงงานความหน้าที่รับผิดชอบของสมาชิกในกลุ่ม

6. ขั้นรายงานผลการปฏิบัติงานสู่ชั้นเรียน (Reporting to the class) เป็นขั้นถ่ายทอดความคิดความรู้สึกสู่ชั้นเรียน อาจเป็นการรายงานการพูดหรือการเขียน

7. ขั้นกระบวนการย้อนกลับ (Processing Feedback) เป็นขั้นของการย้อนกลับ

ส่วนขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวของ เคสเลอร์ (Kessler) ซึ่งเรียกชื่ออีกอย่างหนึ่งได้ว่าโครงงานแบบกลุ่มร่วมมือ(Cooperative Projects) มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. นักเรียนร่วมมือกันอภิปรายทั้งชั้นเกี่ยวกับหัวข้อหลัก (Topic) ที่จะเรียนรู้โดยร่วมกันอภิปรายในประเด็นว่ามีอะไรบ้างที่เราารู้แล้วเกี่ยวกับหัวข้อนี้(What They Already Know) และนักเรียนต้องการเรียนรู้เพิ่มเติมอะไรอีกบ้าง (What They Would Like To Know) โดยกำหนดเป็นหัวข้อรองอาจมีได้หลายหัวข้อ

2. แบ่งนักเรียนออกเป็นทีมย่อย

3. สมาชิกแต่ละทีมร่วมกิจกรรมการสร้างทีม (Team Building Activities) เพื่อให้เกิดความคุ้นเคยและเป็นทีมเดียวกัน
4. ทีมเลือกหัวข้อรองจากกิจกรรมในข้อ 1 มาทีละ 1 หัวข้อ
5. แต่ละทีมแบ่งสมาชิกออกเป็นกลุ่มย่อยอีก(Sub-teams) ซึ่งอาจเป็นรายเดี่ยวหรือเป็นรายคู่เพื่อเลือกหัวข้อย่อย(Mini Topics) จากหัวข้อรองเพื่อทำการศึกษาต่อไป
6. แต่ละคนหรือแต่ละคู่ (Individual or Partners) ทำการศึกษาค้นคว้าวิจัยตามหัวข้อย่อยที่เลือกและเตรียมนำเสนอต่อทีมของตนเอง
7. นำเสนอผลการศึกษา-ค้นคว้า-วิจัย หัวข้อย่อย
8. ทีมเตรียมนำเสนอเกี่ยวกับหัวข้อของทีมต่อชั้นเรียน
9. นำเสนอผลการศึกษา-ค้นคว้า-วิจัย ต่อชั้นเรียน
10. ประเมินผลการนำเสนอ

จากที่กล่าวมาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานของ ไฟล์-บูธ (Fird-Booth), ไรบ์ และไวดอล (Ribe and Vidal) และเคสเลอร์ (Kessler) สรุปได้ว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานสามารถแบ่งเป็นขั้น 3 ตอน ได้ดังนี้ 1) เริ่มจากการวางแผนซึ่งเป็นการเรียนแบบร่วมมือโดยใช้กิจกรรมกลุ่มเข้าช่วยเพื่อให้ นักเรียนได้หัวข้อหลักในการทำโครงงาน 2) จากนั้นเป็นการดำเนินการหรือลงมือปฏิบัติงานตามหัวข้อหลัก และ 3) สุดท้ายในขั้นตอนการเรียนแบบทำโครงงาน คือ กระบวนการย้อนกลับหรือทบทวนและแก้ไขผลงาน

วัชรา เล่าเรียนดี (2552 : 114) ได้นำเสนอกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงงานไว้ดังนี้

1. ครูให้ความรู้ทั่ว ๆ ไปเกี่ยวกับสาระใดสาระหนึ่งที่เหมาะสมที่จะให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าและทำโครงงาน
2. ให้นักเรียนเลือกเรื่องที่สนใจที่จะศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม จัดนักเรียนที่สนใจในเรื่องเดียวกันเข้ากลุ่มเดียวกัน
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวคิด มอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบร่วมกัน วางแผนกำหนดการศึกษาค้นคว้าและแหล่งข้อมูลและดำเนินการศึกษาค้นคว้า
4. แต่ละกลุ่มร่วมกันเก็บรวบรวมข้อมูลสรุป เตรียมเสนอทั้งชั้นเรียน
5. ร่วมกันอภิปรายโครงงานของแต่ละกลุ่มทั้งชั้น
6. ครูกับนักเรียนร่วมกันสรุปหลักการทั่วไป หรือสาระสำคัญของเรื่องที่เรียนรู้

7. วัดและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยการประเมินชิ้นงานหรือโครงการ และประเมินผลการปฏิบัติงาน การร่วมมือกันปฏิบัติและการนำเสนอรายงาน ซึ่งแต่ละประเด็นที่จะประเมินควรมีการกำหนดเกณฑ์การประเมิน และวิธีการประเมินร่วมกันระหว่างครูและนักเรียน เช่น โครงการต้องวัดและประเมินองค์ประกอบใดบ้าง การนำเสนองานควรประเมินอย่างไร การปฏิบัติงานระหว่างทำโครงการในชั้นเรียนประเมินอย่างไร เป็นต้น

อิริกา เบเกอร์ และคณะ (2011) กล่าวว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานประกอบไปด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 บรรยายเนื้อหาที่เรียน ครูทำการบรรยายเรื่องที่น่าสนใจแก่นักเรียนกำลังเรียน เป็นเรื่องที่ต้องเกี่ยวกับในท้องถิ่น และเชื่อมโยงไปสู่ระบบที่ใหญ่ขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดปัญหา แยกแยะประเด็นปัญหาในท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องในระบบ

ขั้นตอนที่ 3 วิจัยปัญหา ทำความเข้าใจปัญหาให้ถ่องแท้ ขณะเดียวกันก็สร้างเกณฑ์สำหรับการวัดและประเมินประสิทธิผลของวิธีการดำเนินการแก้ไขปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 ทำความเข้าใจกับผู้ที่มีส่วนร่วม แยกแยะมุมมอง ความสนใจ และตำแหน่งของกลุ่มหลักและบุคคลที่อาจจะมีอิทธิพลหรือได้รับผลกระทบจากปัญหา และ/หรือ กับวิธีการดำเนินการแก้ไขปัญหาค่าที่จะเกิดขึ้น

ขั้นตอนที่ 5 กำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาค่าที่เป็นไปได้ กำหนดและเปรียบเทียบวิธีการดำเนินการแก้ไขปัญหาค่าที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบที่จะเกิดขึ้น

ขั้นตอนที่ 6 พัฒนาวางแผน มีการทำงานแบบร่วมมือ เพื่อพัฒนาวางแผน แยกแยะปัญหาที่ ต้องการแหล่งทรัพยากร และลำดับขั้นความต้องการของการดำเนินงาน และผลกระทบในผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นของวิธีการดำเนินการแก้ไขปัญหาค่า

ขั้นตอนที่ 7 วิธีดำเนินการ ดำเนินการตามแผนด้วยการร่วมมือกับทุกคน และเก็บข้อมูลบันทึกผลของกระบวนการและผลที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนที่ 8 สรุป ประเมิน และผลสะท้อนกลับ ประเมินผลสะท้อนกลับและการติดต่อผลของการวางแผน ประกอบด้วย ผลที่เกิดขึ้นจากความตั้งใจและไม่ตั้งใจ และประสิทธิผลที่อยู่บนพื้นฐานของเกณฑ์ในการประสบความสำเร็จ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2555: 78) กล่าวถึง วิธีการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงการเป็นฐาน ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 : เปิดโลกแนวความคิด (exploring the ideas) ขั้นนี้ต้องการให้ผู้เรียนใช้ความคิดเชิงสร้างสรรค์ เลือกโจทย์ที่สนใจทั้งนี้โจทย์ควรเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมหรือสังคม โดยโจทย์จะมีลักษณะกว้างๆ สามารถนำมาสร้างเป็นนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ อาจเป็นพัฒนาสิ่งที่มีอยู่แล้วหรือสร้างขึ้นมาใหม่ก็ได้ ผู้เรียนต้องสำรวจว่าสามารถปรับปรุงหรือพัฒนาประเด็นอะไรได้บ้างภายใต้โจทย์ดังกล่าว มุ่งหวังว่าผู้เรียนจะสามารถคิดประเด็นที่สร้างสรรค์ภายใต้โจทย์ที่กำหนดได้อย่างหลากหลาย

ขั้นที่ 2 : ค้นหาความเป็นไปได้ (reviewing the possibilities) ขั้นนี้ต้องการให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเชิงทฤษฎี และหลักการ สนับสนุนประเด็นต่าง ๆ จากโจทย์ปัญหาที่สนใจ ในขั้นที่ 1 ผ่านกระบวนการสืบค้นข้อมูล การอภิปรายกลุ่มบนสมมติฐานของข้อมูลที่เพียงพอต่อการตัดสินใจที่เป็นเหตุเป็นผล

ขั้นที่ 3 : เลือกเรื่องที่โดนใจ (selecting the topic) ในขั้นนี้ต้องการให้ผู้เรียนใช้เหตุผลเชิงทฤษฎี และความเหมาะสมพิจารณาประเด็นต่าง ๆ ที่ผู้เรียนให้ความสนใจและได้สืบค้นข้อมูลมาพิจารณาโดยใช้ระดมสมองร่วมกันเพื่อคัดเลือกประเด็นที่จะศึกษา 1 เรื่อง และนามากำหนดเป็นหัวข้อโครงการที่จะดำเนินการต่อไป

ขั้นที่ 4 : สร้างและทดสอบ (producing and testing) ขั้นนี้ต้องการให้ผู้เรียนแสดงกรอบแนวคิดของการดำเนินงาน แผนการปฏิบัติงาน และจะต้องใช้ ทฤษฎี แนวทางที่ได้กำหนดไว้ เพื่อปฏิบัติงานให้สำเร็จลุล่วง ผู้เรียนอาจต้องเรียนรู้โดยการค้นคว้า หรือ ปรึกษาชี้แนะจากผู้เชี่ยวชาญเพิ่มเติมสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้ควรบันทึกข้อมูลไว้และปรึกษาหารือกับอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการเป็นระยะอย่างสม่ำเสมอ

ขั้นที่ 5 : นำเสนอและโฆษณา (presenting and selling) ขั้นนี้ต้องการให้ผู้เรียนออกแบบวิธีการนำเสนอที่น่าสนใจ โดยเลือกสื่อ และวิธีการนำเสนอที่เหมาะสม สามารถดึงดูดความสนใจผู้ฟังและทำให้ผู้ฟังเห็นคุณค่าของผลิตภัณฑ์ที่ผู้เรียนนำเสนอ

2.4 ประเภทของโครงการ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(2529 : 4-8), สมศักดิ์ สิ้นธุระเวชญ์ และคณะ (2546 : 231) และวิมลศรี สุวรรณรัตน์ และมาฆะ ทิพย์ศิริ (2547 : 7-10) ได้จำแนกประเภทของโครงการไว้สอดคล้องกัน ออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. โครงการงานประเภทสำรวจและรวบรวมข้อมูล (Survey Research Project) โครงการงานประเภทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการสำรวจและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาจำแนกเป็นหมวดหมู่และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ อย่างมีระบบ เพื่อให้เห็นถึงลักษณะหรือความสำคัญของเรื่องที่ต้องการศึกษาอย่างชัดเจน การปฏิบัติตามโครงการนี้ผู้ทำโครงการจะต้องไปศึกษา รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น สอบถาม สัมภาษณ์ สืบค้น โดยใช้เครื่องมือ เช่น แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ แบบบันทึก ฯลฯ ในการรวบรวมข้อมูลที่ต้องการศึกษา

2. โครงการงานประเภทการค้นคว้าทดลอง (Experimental Research Project) โครงการงานประเภทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ โดยออกแบบโครงการในการทดลองเพื่อศึกษาว่าตัวแปรหนึ่งจะมีผลต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษาอย่างไรบ้าง ต้องมีการจัดการกับตัวแปรที่จะมีผลต่อการทดลอง ซึ่งมี 4 ชนิด คือ 1) ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ หมายถึงเหตุของการทดลองนั้น ๆ 2) ตัวแปรตาม ซึ่งจะมีผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต้น 3) ตัวแปรควบคุม หมายถึง สิ่งที่ต้องการควบคุมให้เหมือนกัน มิฉะนั้นจะทำให้ตัวแปรตามเปลี่ยนไป และ 4) ตัวแปรแทรกซ้อน ซึ่งจริง ๆ แล้วก็คือตัวแปรควบคุมนั่นเอง แต่บางครั้งเราจะควบคุมไม่ได้ ซึ่งจะมีผลแทรกซ้อน ทำให้ผลการทดลองผิดไปแต่แก้ไขโดยการตัดข้อมูลที่ผิดพลาดทิ้งไป

การทำโครงการประเภทนี้จะมีขั้นตอนการดำเนินงานประกอบด้วย การกำหนดปัญหาการตั้งวัตถุประสงค์หรือสมมุติฐาน การออกแบบทดลอง การรวบรวมข้อมูล การดำเนินการทดลอง การแปรผลและการสรุปผลการทดลอง

3. โครงการงานประเภทประดิษฐ์คิดค้น (Development Research Project) โครงการงานประเภทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำความรู้ ทฤษฎี หลักการหรือแนวคิดมาประยุกต์เพื่อประดิษฐ์หรือสร้างสิ่งใหม่ๆ ขึ้นมา การประดิษฐ์คิดค้นตามโครงการนี้อาจเป็นการประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่โดยที่ยังไม่มีใครเคยทำหรืออาจเป็นการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงหรือดัดแปลงของเดิมที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ รวมทั้งการสร้างแบบจำลองต่าง ๆ การเขียนหนังสือ แต่งเพลงสร้างบทละคร โครงการที่เป็น การประดิษฐ์คิดค้นนี้จะครอบคลุมเรื่องต่าง ๆ ทั้งวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ภาษา สังคม อาชีพ สิ่ง แสดล้อม ฯลฯ

4. โครงการงานประเภททฤษฎี หลักการหรือแนวคิดใหม่ (Theoretical Research Project) โครงการงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอความรู้ ทฤษฎี หลักการ แนวคิดใหม่ๆ เกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ยังไม่มีใครเคยคิดมาก่อน เป็นการใช้จินตนาการของตนเองมาอธิบายหลักการหรือแนวคิดใหม่ๆ ซึ่ง

อาจอธิบายในรูปของสื่อหรือสมการ หรืออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นและไม่สามารถอธิบายได้โดยหลักการเดิม ๆ การทำโครงการประเภทนี้ผู้ทำโครงการจะต้องมีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ เป็นอย่างดี หรือต้องมีการศึกษา ค้นคว้าข้อมูลประกอบอย่างลึกซึ้ง จึงจะทำให้สามารถกำหนดความรู้ ทฤษฎี หลักการ แนวคิดใหม่ ๆ ขึ้นได้ จึงไม่เหมาะที่จะทำในระดับนักเรียนมากนัก

พิมพันธ์ เตชะคุปต์ และคณะ (2556 : 28-29) จำแนกประเภทของการทำโครงการที่ใช้เกณฑ์ของผลที่ได้รับแบ่งประเภทของโครงการเป็น 3 ประเภท คือ

1. โครงการสำรวจ โครงการสำรวจเป็นการสำรวจความรู้ที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ หรือสภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน (What it is) โครงการประเภทนี้เป็นโครงการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจนั้นมาจำแนกเป็นหมวดหมู่ และนำเสนอแบบต่าง ๆ อย่างมีแบบแผน เพื่อให้เห็นถึงลักษณะหรือความสัมพันธ์ของเรื่องดังกล่าวได้ชัดเจนยิ่งขึ้น การปฏิบัติตามโครงการนี้นักเรียนจะต้องไปศึกษารวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่างๆ เช่น สอบถาม สัมภาษณ์ สํารวจโดยใช้เครื่องมือ เช่น แบบสังเกต แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ แบบบันทึก ฯลฯ ในการรวบรวมข้อมูลที่ต้องการศึกษา

2. โครงการทดลอง โครงการประเภทนี้เป็นโครงการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษา เรื่องใดเรื่องหนึ่งว่าจะเกิดอะไรหรือจะมีอะไรเกิดขึ้น (What it will be) เมื่อ มีการทดลองสิ่งที่จัดกระทำขึ้น คือ ตัวแปรต้น เพื่อศึกษาว่าจะมีผลต่อตัวแปร ที่ต้องการศึกษาคือตัวแปรตามอย่างไร ด้วยมีการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ คือ ตัวแปรควบคุมที่อาจมีผลต่อตัวแปรตาม

3. โครงการประดิษฐ์ โครงการประเภทนี้เป็นโครงการที่มีวัตถุประสงค์คือ การนำความรู้ ทฤษฎี หลักการหรือแนวคิดมาประยุกต์ใช้ โดยการประดิษฐ์เป็นเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการเรียนการทำงาน หรือการใช้สอยอื่น ๆ การประดิษฐ์คิดค้นตามโครงการนี้อาจเป็นการประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่ โดยที่ยังไม่มีใครทำ หรืออาจเป็นการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง และดัดแปลงของเดิมที่มีอยู่ แล้วให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ รวมทั้งการสร้างแบบจำลองต่าง ๆ โครงการประเภทนี้มีมีการทดลองเพื่อปรับปรุงแก้ไขเป็นระยะจึงเรียกว่าโครงการทดลองเชิงพัฒนา

จากที่นักวิชาการกล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าโครงการแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ โครงการประเภทสำรวจและรวบรวมข้อมูล (Survey Research Project) โครงการประเภทการค้นคว้าทดลอง (Experimental Research Project) โครงการประเภทประดิษฐ์คิดค้น (Development Research Project) โครงการประเภททฤษฎี หลักการหรือแนวคิดใหม่ (Theoretical Research Project)

2.5 รูปแบบการจัดกิจกรรมโครงการในสถานศึกษา

ลัดดา ภู่เกียรติ (2544 : 278-290) ได้เสนอรูปแบบการจัดกิจกรรมโครงการเป็น 4 แบบ ดังนี้
รูปแบบที่ 1 การจัดกิจกรรมโครงการเสริมหลักสูตร

ลักษณะกิจกรรมรูปแบบนี้ จะจัดเป็นกิจกรรมเสริมหลักสูตรโดยจัดเวลาในแต่ละสัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 ชั่วโมงในวันใดวันหนึ่ง โดยครูเริ่มให้ความรู้ตั้งแต่ทักษะกระบวนการต่าง ๆ ที่จำเป็นในการทำโครงการแล้วจึงดำเนินการตามขั้นตอนของการทำโครงการ ตั้งแต่เลือกหัวข้อ โดยหัวข้อที่ผู้เรียนเลือกมาทำโครงการนั้น จะไม่อยู่ในเนื้อหาวิชาที่เรียนก็ได้แต่เป็นเรื่องที่ผู้เรียนสนใจเป็นพิเศษ และลงมือปฏิบัติจนได้คำตอบของปัญหา ซึ่งอาจจะจัดภาคเรียนละ 1 โครงการ หรือปีการศึกษาละ 1 โครงการก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยากง่ายของโครงการที่ทำ

การจัดกิจกรรมโครงการรูปแบบนี้ ครูผู้สอนต้องมีการประชุมเพื่อวางแผนงานในการดำเนินงาน และต้องมีคณะกรรมการดำเนินงานกิจกรรมโครงการของโรงเรียน เพื่อเป็นคณะทำงานส่วนกลางในการวางแผนงาน กำหนดกรอบของโครงการ ควบคุมดูแลให้ความช่วยเหลือโดยส่วนรวม จัดหาครู อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการให้เพียงพอกับจำนวนโครงการที่ผู้เรียนทำ กำหนดรูปแบบการประเมินผลกิจกรรมโครงการ เช่น จะวัดทักษะกระบวนการในการทำงาน หรือเนื้อหาสาระ หรือผลงานขั้นสุดท้าย โดยไม่ยึดติดว่าเป็นวิชาของใคร แต่จะเป็นการประเมินโดยภาพรวมของผู้เรียน หรือถ้าจะให้เป็นที่ค้ำประกันในส่วนของการทำงานอย่างเป็นทางการจะเป็นระบบจะให้ในส่วนที่เป็นค้ำประกันของวิชาอะไรบ้าง เป็นต้น

รูปแบบที่ 2 การจัดกิจกรรมโครงการในหลักสูตร

ลักษณะของกิจกรรมจะเป็นการจัดทำโครงการตามสาระการเรียนรู้หรือเนื้อหาวิชา ครูผู้สอนในแต่ละกลุ่มสาระจะเป็นผู้ดูแล โดยวิเคราะห์เนื้อหาวิชาตลอดปีที่ต้องทำการสอนว่า มีเนื้อหาเรื่องใดที่สามารถให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเองจากการทำโครงการได้ โดยใช้เวลาในชั่วโมงเรียนของกลุ่มสาระนั้น ผู้สอนในแต่ละกลุ่มสาระอาจจะตกลงกันว่าในภาคเรียนมีกลุ่มสาระใดบ้างที่พร้อมจะให้ผู้เรียนทำโครงการร่วมกัน ดังนั้น ใน 1 ภาคเรียนจะทำโครงการเพียงเรื่องเดียว ซึ่งไม่เป็นภาระมากเกินไปสำหรับผู้เรียน

การทำโครงการรูปแบบนี้ ผู้เรียนสามารถเจาะลึกเนื้อหาวิชาซึ่งครูไม่สามารถบอกผู้เรียนได้หมดทุกเรื่อง แต่เมื่อผู้เรียนได้ศึกษาด้วยตนเอง เขาจะได้ข้อมูลที่อยากรู้และเป็นประโยชน์ต่อตนเองไม่ถูกบังคับให้เรียนรู้ในเรื่องเดียวกันทุกคน เมื่อต่างคนต่าง ๆ ไปศึกษาค้นคว้าและนำมา

แลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน จะทำให้ผู้เรียนมีความรู้กว้างขวางและลึกซึ้งกว่าที่เรียนกับครู เพียงแต่ในตอนแรกของการทำโครงการครูจะเหนื่อยมาก เพราะต้องเตรียมความพร้อมของผู้เรียน เตรียมจัดหาอุปกรณ์แหล่งข้อมูลต่าง ๆ วิทยากร ผู้เชี่ยวชาญและอื่น ๆ อีกมาก เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียน

รูปแบบที่ 3 การจัดกิจกรรมโครงการในหลักสูตรแบบบูรณาการ

การจัดในรูปแบบนี้คล้ายกับแบบที่ 2 เพียงแต่ครูผู้สอนในแต่ละกลุ่มสาระของแต่ละระดับชั้น มาเป็นที่ปรึกษาโครงการร่วมกัน โดยการพิจารณาเนื้อหาของแต่ละกลุ่มสาระที่สามารถนำมารวมกันได้ เป็นหัวข้อใหญ่(Theme) และแยกออกเป็นเรื่องย่อยหลายๆเรื่อง ให้ผู้เรียนได้เลือกรื่องที่สนใจมาทำโครงการ โดยพิจารณาว่าเรื่องนั้นเน้นหนักไปทางวิชาใดก็ได้ให้ครูผู้สอนวิชานั้นเป็นที่ปรึกษาหลักโดยมีครูคนอื่น ๆ ที่มีเนื้อหาบางส่วนเกี่ยวข้องด้วยเป็นที่ปรึกษาร่วมกัน ซึ่งอาจจะมีมากกว่าสองกลุ่มสาระก็ได้

การทำโครงการในลักษณะรูปแบบนี้ ครูผู้สอนจะต้องออกแบบการประเมินโครงการร่วมกัน โดยพิจารณาว่า เนื้อหาสาระส่วนใดของโครงการที่ผู้เรียนเกี่ยวข้องกับกลุ่มสาระที่สอน ก็จะเป็นผู้ให้คะแนนในส่วนนั้น เป็นต้น

รูปแบบที่ 4 การจัดกิจกรรมโครงการในลักษณะของชมรม

การจัดกิจกรรมโครงการรูปแบบนี้ คล้ายกับรูปแบบที่ 1 ในส่วนที่ใครก็ได้ ซึ่งอาจอยู่ห้องเดียวกันหรือต่างห้องกัน แต่มีความสนใจเหมือนกันมาเข้าชมรมเดียวกัน และอาจมีจำนวนมากหรือน้อยตามความสนใจของผู้เรียน และคล้ายกับรูปแบบที่ 2 คือเป็นเนื้อหาวิชาในหลักสูตรเพียงแต่ต่างกันในส่วนเนื้อหาของเนื้อหา หรือหัวข้อที่ผู้เรียนสนใจโดยครูที่ปรึกษาประจำชมรม จะเป็นครูที่มาจากกลุ่มสาระการเรียนรู้เดียวกัน เช่น ชมรมโครงการภาษาไทย ชมรมโครงการคณิตศาสตร์ ชมรมโครงการศิลปน้อย หรือชมรมโครงการดนตรี เป็นต้น

หัวข้อโครงการเป็นเรื่องที่ผู้เรียนสนใจเป็นพิเศษ และอยากจะศึกษาในเชิงลึกให้มากกว่าการเรียนในห้องเรียน อาจจะเป็นโครงการรายบุคคล หรือกลุ่มย่อย หรือทำเป็นโครงการใหญ่ของชมรม ที่มีการศึกษาทั้งด้านกว้างและด้านลึกก็ได้

การจัดกิจกรรมโครงการในรูปแบบนี้ อาจประเมินโดยภาพรวมของผู้เรียน และคะแนนกิจกรรมพัฒนาตนเอง แยกออกมาต่างหากก็ได้ หรือจะประเมินในส่วนที่เป็นเนื้อหาสาระของกลุ่มสาระก็ทำได้เช่นกัน ทั้งนี้ครูผู้สอนทั้งหมด จะต้องประชุมตกลงกันในเรื่องเกณฑ์ที่จะวัดในแต่ละโครงการ และอาจนำไปเป็นส่วนของคะแนนเก็บหรือคะแนนภาคปฏิบัติในวิชานั้น ๆ

รูปแบบการทำกิจกรรมโครงการอาจมีมากกว่า 4 รูปแบบ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ทั้งด้าน ครูผู้สอน ผู้เรียน การจัดตารางเวลาที่ยืดหยุ่นได้มากน้อยเพียงใด งบประมาณ สถานที่ รวมไปถึง นโยบายของสถานศึกษานั้นๆ บางแห่งอาจใช้รูปแบบที่นำเสนอมาทั้ง 4 รูปแบบหรือใช้เพียงรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง หรือใช้สองรูปแบบคละกันไป

2.6 ขั้นตอนในการทำโครงการ

วิมลศรี สุวรรณรัตน์ และ มาฆะ ทิพย์ศิริ (2547 : 10-24) และ นันทิยา คุมพล (2545 : 8-9) ได้เสนอการทำขั้นตอนการทำโครงการไว้สอดคล้องกันดังนี้

1. การเลือกเรื่องที่จะทำโครงการ ในการเลือกหัวข้อโครงการให้นักเรียนศึกษาเรื่องที่น่าที่ที่สุดคือให้นักเรียนไปสำรวจรวบรวมข้อมูลจากเรื่องที่เรียนไปแล้ว หรือถ้าผู้สอนต้องการให้นักเรียนศึกษาในเรื่องใดก็ให้นักเรียนสำรวจและรวบรวมข้อมูลในเรื่องนั้น ๆ ซึ่งจะเป็นการทำงานที่ง่าย สำหรับหัวข้อที่นักเรียนเลือกทำโครงการอาจตรงกันก็ได้ แต่ลักษณะเนื้องานอาจแตกต่างกัน

2. การออกแบบวิธีการศึกษาวิธีการค้นคว้าและจัดทำเค้าโครงการทำโครงการ ครูอาจจะนำหัวเรื่องที่เขียนไว้ให้นักเรียนเลือกหัวเรื่องที่จะศึกษา (ให้ตรงกับเนื้อเรื่องที่เราสอน) แล้วนำหัวเรื่องที่เรต้องการสอนมาวิเคราะห์และควรมีแนววิเคราะห์ของผู้สอนเอง เป็นการจัดทำเค้าโครงโครงการ ดังนี้ 1) ชื่อโครงการ 2) ผู้ทำโครงการ 3) ปัญหาหรือเหตุจูงใจในการทำงาน 4) ตัวแปร (ถ้ามี) 5) ผลที่คาดว่าจะได้รับ 6) แหล่งข้อมูลที่จะศึกษา 7) ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษากี่วันและศึกษาช่วงเวลาใด (ครูต้องจัดตารางเวลาให้ดีเพราะจะกระทบกับชั่วโมงเรียนของอาจารย์ท่านอื่น ๆ) และ 8) นักเรียนจะต้องใช้วัสดุอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายใดบ้าง หามาจากแหล่งใด

3. การลงมือทำโครงการ มีขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าอย่างไร ทำอย่างไร เก็บรวบรวมข้อมูลอย่างไร

4. การเขียนรายงาน ในการเขียนรายงานการทำโครงการอาจเขียนตามหัวข้อที่กำหนดหรือมีสิ่งอื่นที่ต้องการให้ทราบซึ่งสามารถที่จะปรับเปลี่ยนได้ หัวข้อในการเขียนรายงานการทำโครงการมี ดังนี้ 1) ชื่อโครงการ 2) ชื่อผู้ทำโครงการ/โรงเรียน/พ.ศ.ที่จัดทำ 3) ชื่อครูที่ปรึกษา 4) บทคัดย่อ (ประกอบด้วย เรื่อง วัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา สรุปผล) 5) กิตติกรรมประกาศ (แสดงความขอบคุณบุคคล หน่วยงานที่ให้ความช่วยเหลือ) 6) ที่มาและความสำคัญของโครงการ 7) วัตถุประสงค์ของ

การศึกษาค้นคว้า 8) สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า 9) วิธีการดำเนินการ 10) ผลการศึกษาค้นคว้า
11) สรุปผล 12) ประโยชน์และข้อเสนอแนะ
และ13) เอกสารอ้างอิง

5. การนำเสนอโครงการและการวัดผลประเมินผลโครงการ การนำเสนอโครงการเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะสะท้อนการทำงานของนักเรียน ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องที่ทำ การตอบข้อซักถาม บุคลิกท่าทาง ท่วงท่า วาจา ไหวพริบปฏิภาณ นักเรียนควรได้รับการฝึกบุคลิกภาพในการนำเสนอให้สง่าผ่าเผย (Smart) พร้อมทั้งฝึกนักเรียนผู้ฟังให้มีมารยาทในการฟังด้วย ส่วนการประเมินผลการทำงาน ควรสังเกตพฤติกรรมระหว่างการทำงาน ผลด้วยความรู้โดยการซักถามหรือวิธีการอื่น ควรให้นักเรียนได้มีการประเมินตนเอง ประเมินโดยเพื่อน ครูและผู้ปกครองหรือบุคคลอื่น ๆ ที่มาเยี่ยมชม

บุรุษย์ ศิริมหาสาคร (2547 : 17) ได้เสนอการทำขั้นตอนการทำโครงการไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อโครงการ สังเกตปัญหาต่าง ๆ รอบตัว เลือกปัญหาที่ตนเองสนใจและพิจารณาความเป็นไปได้ เพื่อกำหนดหัวข้อเรื่องที่จะทำโครงการ

ขั้นที่ 2 การวางแผนทำโครงการ โดยมีขั้นตอนตามลำดับดังนี้ 1) ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง 2) พิจารณาเลือกอาจารย์ที่ปรึกษา 3) เขียนโครงร่างของโครงการ และ 4) ขออนุมัติทำโครงการ

ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ ดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ เช่น ทำการสำรวจทำการทดลอง ทำสิ่งประดิษฐ์ (ตามประเภทของโครงการที่เลือก) โดยใช้กระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลตามจุดประสงค์ของโครงการ โดยใช้ทักษะต่อไปนี้ คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการบันทึกข้อมูล และทักษะการปฏิบัติงาน

ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ ประมวลผลการทำโครงการ สรุปเป็นเอกสารรายงาน มี 5 บท ได้แก่ บทนำ เอกสารที่เกี่ยวข้อง วิธีดำเนินการ ผลการวิเคราะห์ข้อมูล และสรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ ประชาสัมพันธ์เผยแพร่โครงการต่อสาธารณชน ด้วยการบรรยายประกอบแผนผังโครงการ หรือจัดนิทรรศการ

ขั้นที่ 6 การพัฒนาโครงการ ทบทวนโครงการที่ทำมาแล้ว ว่ายังมีประเด็นปัญหาใด ที่ควรทำโครงการต่อไป เพื่อให้ได้ความรู้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้นแล้วทำเป็นโครงการต่อเนื่อง หรือโครงการใหม่

สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษาไทย (2549 : 182-184) ได้กล่าวถึงวิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงงานไว้ว่า ลำดับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่จะนำเสนอต่อไปนี้มี การพัฒนา การจัดกระบวนการเรียนรู้จากงานวิจัยทางการศึกษาเกี่ยวกับ Project-Based Learning , Collaborative Project-Based Learning , Project-Based Collaborative Learning แนวคิดของ Vygotsky แนวคิดของ Gardner และ แนวคิดคอนสตรัคชันนิสต์ ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Vygotsky เน้นให้มีการใช้บริบททางสังคมในการศึกษา เพื่อให้ทุกคนได้ทำงานตามความสามารถ ร่วมมือกันด้วยความสมัครใจ ซึ่งจะส่งผลให้ผลให้บุคคลมี ความสัมพันธ์ต่อกัน มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน สำหรับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดของ Gardner (อ้างถึงใน Shelton, 2000) เน้นการให้โอกาสแก่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนเป็นผู้สร้างและได้ใช้พหุปัญญาของนักเรียน และตามแนวคิดคอนสตรัคชันนิสต์ จะเน้นให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือสร้างในสิ่งที่ตนเองชอบ สนใจ หรือถนัด โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ และนำเสนอข้อมูลความรู้ที่เป็นผลผลิต การสร้างแบบการเรียนรู้นี้มีเป้าหมายที่จะหาแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับนักเรียนวัยรุ่น เพื่อส่งเสริม ให้นักเรียนได้พัฒนาปัญญา พฤติกรรม และจิตใจ ในการจัดการเรียนรู้ด้วยการให้ทำโครงงานที่เน้นการร่วมมือ ร่วมพลัง ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดคอนสตรัคชันนิสต์ โดยให้มีการสร้างชิ้นงานนั้น มีกระบวนการทำโครงงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งได้ผลสรุปมาจากรายงานการวิจัย เรื่อง ผลของการเรียนโดยวิธีการเรียนรู้ร่วมกันในแนวคอนสตรัคชันนิสต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (สุพิน ดิษฐสกุล, 2543) กระบวนการทำโครงงานที่เน้นการร่วมมือ ร่วมพลังตามแนวคิด คอนสตรัคชันนิสต์เป็นดังนี้

1. ครูเสนอหัวข้อเรื่องทั้งหมดในเนื้อหาวิชาที่ต้องการให้นักเรียนศึกษา
2. นักเรียนเลือกหัวข้อเรื่องที่ตนเองสนใจ
3. เข้ากลุ่มวางแผนเพื่อพิจารณากำหนดขอบข่ายเนื้อหาในหัวข้อ เรื่องที่จะศึกษา กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ออกแบบค้นคว้า ข้อมูลความรู้จากแหล่งต่าง ๆ แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ
4. นำเสนอเค้าโครงของเนื้อหาเรื่องที่ศึกษาต่อชั้นเรียนเพื่อ สะท้อนความคิด
5. ค้นคว้าข้อมูลความรู้ จัดกระทำข้อมูลความรู้ โดยการวิเคราะห์ พุดคุย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น อภิปราย ชักถาม สังเคราะห์ สรุปลำดับเป็นเรื่องราว
6. คิดรูปแบบการนำเสนอข้อมูลความรู้ของเรื่องที่ศึกษา

แนวคิดที่เกี่ยวกับโครงการงานคณิตศาสตร์

3.1 ความสำคัญของโครงการงานคณิตศาสตร์

ชัยศักดิ์ ลีลาสัจกุล (ม.ป.ป. : 5) ได้กล่าวถึงความสำคัญของโครงการงานคณิตศาสตร์ว่า จากกระแสการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วของสังคมยุคโลกาภิวัตน์ ส่งผลกระทบให้การศึกษาไทยต้องปรับตัวให้ทันต่อกระแสการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพ มีสติปัญญา เจริญองกาม เพื่อจะได้เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ประสบการณ์อื่น ๆ ต่อไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำเนินชีวิตได้ คณิตศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์และยังเป็นพื้นฐานของวิทยาการแขนงต่าง ๆ เช่น วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ สังคมศาสตร์ ตลอดจนเทคโนโลยี เพราะการศึกษาวิชาคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการช่วยพัฒนาความคิดของนักเรียนให้เป็นลำดับขั้นตอนอย่างละเอียดถี่ถ้วน มีเหตุมีผล ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว อีกทั้งสามารถตรวจสอบได้ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีระเบียบวิธีและหลักเกณฑ์ที่แน่นอนในการแก้ปัญหา

การสอนโครงการงานคณิตศาสตร์จะส่งเสริมและฝึกฝนให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการศึกษาค้นคว้าลงมือปฏิบัติด้วยตนเองภายใต้การดูแลให้คำปรึกษาของครู ทำให้นักเรียนแสดงออกถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ได้ประมวลความรู้และนำความรู้ความสามารถตลอดจนกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาอย่างครบถ้วน ก่อให้เกิดความรู้ ความคิด การประดิษฐ์ คิดค้น และการพัฒนาสิ่งใหม่ๆ เป็นการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างแท้จริง

การสอนให้นักเรียนทำโครงการงานคณิตศาสตร์เป็นการสอนที่ช่วยให้นักเรียนรู้จักการทำงานเป็นทีม รู้จักวิธีการระดมพลังสมองเพื่อแก้ปัญหา รู้จักการศึกษาค้นคว้าหาความจริงด้วยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ดังนั้นการเรียนการสอนโครงการงานคณิตศาสตร์จึงเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาการเรียนรู้ทาง ด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัยและจิตพิสัย ตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์

มานัส ทิพย์สัมฤทธิ์กุล (2550 : 5-6) นภัสสร สุทธิกุล (2553 : 9-13) ได้กล่าวถึงความสำคัญของโครงการงานคณิตศาสตร์สอดคล้องกันดังนี้ พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 ในหมวด 4 แนวการจัดการศึกษา มาตรา 22 กล่าวว่า “การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมี

ความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ”

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่คำนึงถึงผู้เรียนเป็นเป็นสำคัญนั้น ควรมีการจัดการเนื้อหาสาระ และกิจกรรมให้สอดคล้องกับบุคลิกภาวะ ความสนใจและความถนัดของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริงจากการฝึกปฏิบัติ ฝึกให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา กิจกรรมการเรียนการสอนต้องผสมผสานสาระทั้งในด้านเนื้อหาและด้านทักษะกระบวนการ ตลอดจนปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงงาม ถูกต้อง เหมาะสมให้แก่ผู้เรียน ผู้สอนควรคำนึงถึงความสนใจ ความถนัดของผู้เรียนและความแตกต่างของผู้เรียน การจัดสาระการเรียนรู้จึงควรจัดให้มีความหลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนได้ตามความสนใจ รูปแบบของกิจกรรมการเรียนการสอนควรมีหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการเรียนรู้ร่วมกันทั้งชั้นเรียน จัดเป็นกลุ่มย่อย เรียนเป็นรายบุคคล สถานที่ที่จัดควรมีทั้งในห้องเรียน นอกห้องเรียน การจัดให้ผู้เรียนได้ไปศึกษาในแหล่งวิทยาการต่าง ๆ ที่อยู่ในชุมชนหรือในท้องถิ่น โดยจัดให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา และความเหมาะสมของผู้เรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติจริง ผู้สอนควรฝึกให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำเป็น รู้จักบูรณาการความรู้ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่รวมถึงการปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ฝึกให้ผู้เรียน รู้จักประเมินผลงานและปรับปรุงงาน ตลอดจนสามารถนำความรู้และประสบการณ์ไปใช้ในชีวิตจริงและอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข (อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2546 : 184-185)

กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้จากแหล่งต่าง ๆ กัน ผู้เรียนไม่จำเป็นต้องรอรับความรู้จากผู้สอนแต่ฝ่ายเดียว ผู้เรียนอาจจะค้นคว้าด้วยตนเอง เช่น ทำโครงการหรืออาจจะศึกษาจากบทเรียนที่ผู้สอนเตรียมให้ ผู้สอนอาจจะเตรียมสื่อสิ่งพิมพ์ สื่อประเภทวัสดุประดิษฐ์ เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียน แต่ผู้เรียนจะต้องศึกษาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเท่าที่จะสามารถทำได้ (อ้างถึงใน ยุพิน พิพิธกุล 2544: 27)

คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์แห่งการคิด และเป็นเครื่องมือสำคัญต่อการพัฒนาศักยภาพของสมองในด้านทักษะและกระบวนการคิด ซึ่งประกอบด้วยการสร้างความคิดรวบยอด หลักการทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลและการพิสูจน์ การคิดคำนวณและการแก้ปัญหา การสื่อสาร หรือสื่อ

ความหมาย การนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ของสาขาวิชาอื่น หรือใช้เป็นเทคนิคในการแก้ปัญหา (อ้างถึงใน สุวร กาญจนมยุร 2545 : 39)

การที่ผู้เรียนได้ทำโครงการคณิตศาสตร์ควบคู่ไปกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ นับได้ว่า สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 มาตรา 22 ที่ยึดหลักว่าผู้เรียน สำคัญที่สุด สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ในสาระที่ 6 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ การทำโครงการคณิตศาสตร์ยังเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติด้วยตนเอง โดยนำความรู้ ประสบการณ์จากการเรียนคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงและประยุกต์ใช้ร่วมกับความรู้ในวิชาอื่น ๆ ใน ชีวิตประจำวัน ซึ่งจะส่งผลไปถึงการมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์ตลอดจนพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

การประเมินโครงการคณิตศาสตร์ที่ให้ผู้เรียนจัดทำยังสอดคล้องกับการประเมินผู้เรียนตาม สภาพจริงตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ มาตรา 26 “ให้สถานศึกษาจัดการ ประเมินผู้เรียนโดยพิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียน ความประพฤติ การสังเกตพฤติกรรมการเรียน การร่วมกิจกรรมและการทดสอบควบคู่ไปในกระบวนการเรียนการสอน ตามความเหมาะสมของแต่ละ ระดับและรูปแบบการศึกษา”

โครงการเป็นเสมือนสะพานเชื่อมระหว่างห้องเรียนกับโลกภายนอก ซึ่งเป็นชีวิตจริงของ ผู้เรียน ทั้งนี้เพราะว่าผู้เรียนต้องนำความรู้ที่ได้จากชั้นเรียนมาบูรณาการเข้ากับกิจกรรมที่จะทำเพื่อ นำไปสู่ความรู้ใหม่ๆ ด้วยการสร้างความหมาย การแก้ปัญหา และการค้นพบด้วยตนเอง ผู้เรียนต้อง สร้างและกำหนดความรู้จากความคิดและแนวคิดที่มีอยู่กับความคิดและแนวคิดที่เกิดขึ้นใหม่ ทำให้ เกิดการปรับเปลี่ยนความรู้ให้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สิ่งใหม่

การจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ คือ การเปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้คิด และแก้ปัญหาด้วยตนเองได้ศึกษาด้านคว่าจากสื่อและเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่มีโดยอิสระ ผู้สอนมีส่วนช่วยในการ จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของ ผู้เรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่าง ระหว่างบุคคล ผู้สอนทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษา หรือให้คำแนะนำและ ชี้แนะข้อบกพร่องของผู้เรียน (อ้างถึงในสถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2545 : 184-185) ความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาคุณภาพของเยาวชนให้ เป็นผู้มีความรู้ความสามารถทางด้าน คณิตศาสตร์ เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อให้สามารถรองรับการ เปลี่ยนแปลงของสังคมในยุค เทคโนโลยีสารสนเทศ

จากความสำคัญของโครงการคณิตศาสตร์ที่นักวิชาการได้ให้ไว้ สรุปได้ว่า โครงการคณิตศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนคิดและทำอย่างอิสระในประเด็นที่สนใจและถนัด โดยอาศัยความรู้ หลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ไปเชื่อมโยงกับประเด็นที่จะศึกษาและค้นคว้า ภายใต้การแนะนำปรึกษาช่วยเหลือและดูแลจากอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตอบสนองการเรียนรู้ของผู้เรียนตาม ความเหมาะสมและความต้องการของผู้เรียน ผู้เรียนเรียนรู้และจะรู้จักกระบวนการกลุ่ม กระบวนการทำงาน และ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ โดยสัมพันธ์กับศาสตร์ สาขาอื่นๆ และสามารถใช้ในชีวิตรจริง รู้จักแสวงหา และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เห็นประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ เป็นคนมีเหตุผล แก้ปัญหาได้ ตลอดจน มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ เพื่อเป้าหมายให้นักเรียนเป็นคนดี เป็นคนเก่ง และมีความสุขในการเรียน

3.2 ความหมายโครงการคณิตศาสตร์

เนื่องจากการทำโครงการเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสและสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่สนใจสงสัยหรือปัญหาที่พบด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการศึกษาที่มีขั้นตอนเป็นระบบ มีการวางแผนในการทำงาน การลงมือปฏิบัติงานตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อสรุปในเรื่องนั้นๆ และในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ก็มีการทำโครงการที่เรียกว่าโครงการคณิตศาสตร์ซึ่งได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ได้หลากหลายแนวความคิดดังนี้

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (ม.ป.ป. : 5-6) ได้สรุปความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ว่า โครงการคณิตศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมเสริมหลักสูตรคณิตศาสตร์ที่เปิดโอกาส ให้นักเรียนได้ศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งซึ่งเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีตามความถนัดและความสนใจด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Method) ภายใต้การแนะนำปรึกษาช่วยเหลือ และดูแลจากอาจารย์ที่ปรึกษาและ/หรือผู้ทรงคุณวุฒิ อาจจัดในเวลาเรียนหรือนอกเวลาเรียนก็ได้ รวมทั้งสามารถดำเนินกิจกรรมได้ทั้งในและนอกบริเวณโรงเรียนซึ่งอาจเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม ก็ได้แล้วเขียนเป็นรายงานและแสดงผลงานเพื่อเผยแพร่สำหรับเป็นแนวทางศึกษาต่อ

ยุพิน พิพิธกุล และคณะ (2542 : 1) ได้สรุปความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ว่าเป็นกิจกรรมหนึ่งที่เสริมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยนักเรียนสามารถพัฒนาความคิดอย่างอิสระในเรื่องที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ อาจเป็นโครงการที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์โดยตรงหรือประยุกต์ใช้

คณิตศาสตร์ ในสถานการณ์ต่าง ๆ การให้นักเรียนทำโครงการไม่ใช่เป็นการเพิ่มเนื้อหาให้กับนักเรียน แต่เป็นการฝึกให้นักเรียนตั้งข้อสงสัย สร้างสมมุติฐานหรือตั้งจุดประสงค์ ลงมือปฏิบัติหรือทดลองและ สืบสวนแล้วรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาข้อสรุป การทำโครงการจึงเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Method) การทำโครงการช่วยให้นักเรียนพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ จุดเด่นของการ ทำโครงการก็คือต้องมีการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้น

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2543 : 56) สรุปความหมายของ โครงการคณิตศาสตร์ว่าเป็นงานที่ผู้ทำได้คิดอย่างอิสระเป็นการฝึกปฏิบัติในข้อที่สงสัย โดยอาศัย ความรู้ หลักการ แนวคิดหรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับประเด็นที่ตนสนใจจะศึกษาและ ค้นคว้าให้ชัดเจนลึกซึ้งยิ่งขึ้นเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ยุทธ ไกยวรรณ (2544 : 10) สรุปความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ว่า โครงการ คณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่เน้นกระบวนการ โดยผู้เรียนเป็นผู้คิดค้น วางแผน ลงมือปฏิบัติตามแผนที่ วางไว้ อาศัยเครื่องมือ เครื่องจักร และวัสดุอุปกรณ์ในการปฏิบัติเพื่อให้โครงการสำเร็จภายใต้ คำแนะนำ การกระตุ้นความคิด กระตุ้นการทำงานจากครูผู้สอนหรือผู้เชี่ยวชาญ ครูผู้ดูแลโครงการจะ อำนวยความสะดวกในการทำโครงการ ชี้แนะแนวทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำโครงการ ตลอด ทั้งติดตามการวัดและประเมินผลโครงการด้วย

สุร กาญจนมยุร (2545 : 5) ได้ให้ความหมายโครงการคณิตศาสตร์ว่าเป็นงานที่เกิดจาก การศึกษา ค้นคว้า วิจัยเกี่ยวกับองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์หรือเป็นงานที่เกิดจากการ นำความรู้ทาง คณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ของสาขาวิชาการอื่นหรือใช้เป็นเทคนิคในการ แก้ปัญหา นักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มได้ศึกษา ค้นคว้า วิจัย หาความรู้โดยการลงมือหาคำตอบ ด้วยการปฏิบัติจริงด้วยตนเองตามความรู้ความสามารถและความสนใจในปัญหาหรือข้อสงสัยที่ ตน อยากรู้อยากเข้าใจ จนได้คำตอบที่ถูกต้องและชัดเจนภายใต้การแนะนำดูแลของครูหรือ ผู้เชี่ยวชาญที่ เป็นที่ปรึกษาคอยช่วยเหลือตรวจสอบความถูกต้องขององค์ความรู้ที่นักเรียนแต่ละคน หรือแต่ละกลุ่ม ค้นพบ

สมวงษ์ แปลงประสพโชค และคณะ (2545 : 4) ได้ให้ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ ว่าเป็นกิจกรรมหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ นำความรู้คณิตศาสตร์ ไปใช้ในชีวิตจริงและแก้ปัญหา อันเป็นการเสริมสร้างเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังเป็นการ

ฝึกให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและฝึกการทำงานเป็นกลุ่ม ฝึกความสามารถในการสื่อสารสิ่งที่ตนคิดหรือทำให้ผู้อื่นเข้าใจ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 153) ได้ให้ความหมายของการทำโครงการคณิตศาสตร์ว่าเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ ลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้อย่างดีตามประเด็นที่สนใจด้วยการเชื่อมโยงทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ ความรู้ความสามารถและประสบการณ์เดิมกับประเด็นที่ต้องการศึกษา ทั้งนี้การทำโครงการคณิตศาสตร์อาจมีลักษณะเป็นกลุ่มหรือรายบุคคลโดยมีอาจารย์หรือผู้รู้ทำหน้าที่ให้คำปรึกษา

มานัส ทิพย์สัมฤทธิ์กุล (2550 : 7) ได้ให้ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ว่า คือ ผลงานการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่สัมพันธ์เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน โดยคิดและทำอย่างอิสระในประเด็นที่สนใจและถนัด ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไปเชื่อมโยงกับประเด็นที่จะศึกษาและค้นคว้า เพื่อให้ได้ข้อสรุปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

นอกจากนั้นภัสสร สุทธิกุล (2553 : 15) ได้ให้ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ว่า หมายถึงงานที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้าที่ผู้เรียนคิดและทำอย่างอิสระในประเด็นที่ตนเองสนใจ อยากรู้ อยากรู้ เข้าใจ เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องและชัดเจน เกี่ยวกับองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์หรือการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้หรือเชื่อมโยงกับกลุ่มสาระอื่นเพื่อนำไปใช้ในชีวิตจริง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ภายใต้การแนะนำดูแลของที่ปรึกษา และ/หรือผู้ทรงคุณวุฒิ จนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ การทำโครงการคณิตศาสตร์อาจจะเป็นงานเดี่ยวหรืองานกลุ่มก็ได้ ในกรณีเป็นงานกลุ่ม อาจจัดกลุ่มละ 3 ถึง 5 คน ทำงานโดยใช้กระบวนการกลุ่มที่มีการตั้งจุดประสงค์ร่วมกัน วางแผนร่วมกัน ดำเนินงานและรับผิดชอบร่วมกัน ตลอดจนประเมินผลร่วมกัน

จากความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ที่นักการศึกษาได้ให้ไว้ สรุปได้ว่าโครงการคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีอิสระในการศึกษาค้นคว้าเรื่องใดเรื่องหนึ่งตามความถนัด มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ในประเด็นที่ตนเองสนใจอยากรู้หรืออยากรู้ เข้าใจเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องและชัดเจน หรือเป็นประเด็นปัญหาที่สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์แก้ปัญหาได้หรือเชื่อมโยงกับกลุ่มสาระอื่นเพื่อนำไปใช้ในชีวิตจริง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การทำโครงการคณิตศาสตร์อาจจะเป็นงานเดี่ยวหรืองานกลุ่มก็ได้ หากทำเป็นกลุ่มจะใช้กระบวนการกลุ่มที่มีการตั้งจุดประสงค์ร่วมกัน วางแผน

ร่วมกัน ดำเนินงานและรับผิดชอบร่วมกันตลอดจนประเมินผลร่วมกันภายใต้การแนะนำดูแลของครูที่ปรึกษา และ/ ผู้ทรงคุณวุฒิจนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

3.3 จุดมุ่งหมายของโครงการงานคณิตศาสตร์

เพื่อให้การทำโครงการงานคณิตศาสตร์บรรลุผลตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียน นักการศึกษาได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของโครงการงานคณิตศาสตร์ พอสรุปได้ ดังนี้

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2541 : 5-6) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายในการทำโครงการงานคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้ 1) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสนใจตระหนัก เห็นคุณค่า และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ 2) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ศึกษา ค้นคว้าหรือวิจัยทางคณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ 3) เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการใช้ทักษะกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน 3) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ 4) เพื่อให้ผู้เรียนมีวิสัยทัศน์ทางคณิตศาสตร์ พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และให้รู้จักใช้เวลาว่างให้เกิดประโยชน์ 5) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงออกในความสามารถทางคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งได้นำเสนอและเผยแพร่ผลงานของตน 6) เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดริเริ่มสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การเชื่อมโยงความรู้และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และ 7) เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรับผิดชอบและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ยุทธ ไกยวรรณ (2544 : 10) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการเรียนวิชาโครงการไว้ดังนี้ 1) เพื่อให้ผู้เรียนใช้ความรู้และประสบการณ์ปฏิบัติโครงการตามความสามารถ ความสนใจและความถนัดของตนเอง 2) เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้หาข้อมูลจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ด้วยตนเอง 3) เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงออกซึ่งความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ 4) เพื่อให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการปฏิบัติงาน และเห็นคุณค่าของการใช้กระบวนการ

แก้ปัญหา 5) เพื่อให้ผู้เรียนผลิตผลงานที่เป็นของผู้เรียนเองและนำไปใช้ประโยชน์ได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 153) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการทำโครงการงานคณิตศาสตร์ ดังนี้ 1) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง 2) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะกระบวนการและความสามารถทางคณิตศาสตร์ 3) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ศึกษา ค้นคว้าหรือทำวิจัยทางคณิตศาสตร์และเพิ่มพูน

ความรู้ความถนัดและความสนใจ 4) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีทักษะการสื่อสารที่นำมาใช้ในการเผยแพร่ผลงานของตนเอง และ 5) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของคณิตศาสตร์และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (ม.ป.ป. : 6) และศักดิ์ดา ศรีผางค์ (2547 : 2) กล่าวสอดคล้องกันถึงจุดประสงค์ของการทำโครงการคณิตศาสตร์ ดังนี้ 1) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรัก ความสนใจ และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ 2) เพื่อพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา 3) เพื่อให้ให้นักเรียนนำความรู้คณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน หรือออกแบบ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ได้โดยตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของวิชาคณิตศาสตร์ 4) เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ 5) เพื่อให้นักเรียนรู้จักใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ 6) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออกพร้อมทั้งได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานของตนเอง 7) เพื่อพัฒนาความรับผิดชอบและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ และ 8) เพื่อส่งเสริมการศึกษา ค้นคว้า หรือวิจัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสนใจ และมีความสามารถทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

นอกจากนั้น ภัสสร สุทธิกุล (2553 : 16-17) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการทำโครงการคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้ 1) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสนใจ ตระหนัก เห็นคุณค่า ประโยชน์ และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ 2) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหรือวิจัยทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 3) เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการนำทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน 4) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ 5) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงความสามารถทางคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งได้นำเสนอ และเผยแพร่ผลงานของตน 6) เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ การสื่อสาร สื่อความหมาย การนำเสนอ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และ 7) เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรับผิดชอบ และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากจุดมุ่งหมายของโครงการคณิตศาสตร์ที่นักการศึกษาได้ให้ไว้สามารถสรุปได้ว่า การทำโครงการคณิตศาสตร์มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าหรือวิจัยทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเพิ่มพูนความรู้ตามความถนัดและความสนใจของตน ฝึกให้ผู้เรียน

เสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง คิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น นำความรู้คณิตศาสตร์ไปประยุกต์ เชื่อมโยงกับชีวิตจริงหรือออกแบบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆได้ มีความตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของ วิชาคณิตศาสตร์ ตลอดจนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีทักษะกระบวนการ และความสามารถทางคณิตศาสตร์ ได้แสดงออกซึ่งความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ นำเสนอผลงานของ ตนเองได้อย่างมีความหมาย พัฒนาความรับผิดชอบและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมี ประสิทธิภาพ

3.4 ประเภทของโครงการงานคณิตศาสตร์

การจัดประเภทของโครงการงานคณิตศาสตร์สามารถจัดได้หลายประเภท ชีระชัย บุรณโชติ (2531ก:5-9) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 152-154) วิมลศรี สุวรรณ รัตน์ และ มาฆะ ทิพย์คีรี (2551 : 14) และชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (ม.ป.ป. : 7-8) ได้จำแนกประเภท โครงการงานคณิตศาสตร์เป็น 4 ประเภท สอดคล้องกันไว้ดังนี้

1. โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภททดลอง (Experimental Research Project) โครงการงาน ประเภทนี้เป็นการศึกษาหาคำตอบของปัญหาใดปัญหาหนึ่ง โดยการออกแบบการทดลองและ ดำเนินการทดลองเพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการทราบ หรือเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ขั้นตอน ของการทำโครงการประเภทนี้ประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการ ทดลอง ซึ่งจะต้องมีการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ที่อาจส่งผลต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษา แล้วดำเนินการ ทดลองโดยจัดกระทำกับตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นเพื่อดูผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตาม การแปลผลและ การสรุปผลการทดลอง

2. โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภทสำรวจ (Survey Research Project) โครงการงานประเภทนี้ เป็นกิจกรรมการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา หาความรู้ที่มีอยู่หรือเป็นอยู่ในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยใช้วิธีการสำรวจและรวบรวมข้อมูลแล้ว นำข้อมูลเหล่านั้นมาจัดกระทำ เช่น จำแนกเป็นหมวดหมู่แล้วนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ ตามความ เหมาะสม

3. โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภทการพัฒนาหรือการประดิษฐ์ (Development Research Project) โครงการงานประเภทนี้อาจเป็นการพัฒนาหรือประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้ หรืออุปกรณ์ ต่างๆ ให้ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยมีการประยุกต์ทฤษฎีหรือหลักการทางคณิตศาสตร์ อาจเป็นการ

ประดิษฐ์สิ่งใหม่ที่ยังไม่เคยมีมาก่อนหรือการปรับปรุงอุปกรณ์ สิ่งประดิษฐ์ที่มีอยู่แล้วให้ใช้งานได้ดีกว่าเดิม รวมทั้งอาจเป็นการนำเสนอหรือปรับสร้าง แบบจำลองทางความคิดเพื่อแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง

4. โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภทสร้างทฤษฎีหรือการอธิบาย (Theoretical Research Project) โครงการงานประเภทนี้เป็นโครงการที่ผู้ทำจะต้องเสนอแนวคิดใหม่ ๆ ในการอธิบายเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างมีเหตุผล มีหลักการทางคณิตศาสตร์หรือทฤษฎีสนับสนุนหรือเป็นการอธิบายปรากฏการณ์เก่าในแนวใหม่อาจเสนอในรูปคำอธิบาย สูตรหรือสมการโดยมีข้อมูลหรือทฤษฎีอื่นสนับสนุน การทำโครงการประเภทนี้ผู้ทำจะต้องมีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างดีและต้องศึกษาค้นคว้าเรื่องราวที่เกี่ยวข้องอย่างมากจึงจะสามารถสร้างคำอธิบายหรือทฤษฎีได้

นอกจากนี้ สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2543 : 59-60) ยังได้จำแนกประเภทของโครงการงานคณิตศาสตร์ออกเป็น 4 ลักษณะใหญ่ ดังนี้

1. ลักษณะเชิงประวัติศาสตร์ เป็นโครงการในรูปแบบเอกสาร ซึ่งโครงการลักษณะนี้ จะเกี่ยวกับการศึกษาประวัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์
2. ลักษณะตามสาระหลัก (ด้านความรู้) จำนวน พีชคณิต เรขาคณิต การวัด สถิติ และความน่าจะเป็น โครงการลักษณะนี้จะใช้เนื้อหามาพิจารณาโดยตรง
3. ลักษณะประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง เป็นโครงการในลักษณะที่เชื่อมโยงความรู้แนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ไปใช้
4. ลักษณะอื่น ๆ โครงการลักษณะนี้เป็นการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ผสมผสานเข้ากับศาสตร์อื่น ๆ

สุวรรณ กัญจนมยุร (2544 : 6-24) ได้แบ่งประเภทของโครงการงานคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. โครงการงานที่ทำให้เกิดองค์ความรู้ตามเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เป็นโครงการที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่ม ซึ่งได้ศึกษา ค้นคว้า วิจัย หาความรู้ ความเข้าใจในสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่นักเรียนสนใจมีข้อสงสัยหรือปัญหา และต้องการหาคำตอบโดยการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองตามความรู้ความสามารถ ความสนใจในข้อสงสัยหรือปัญหาที่ตนอยากรู้อยากเข้าใจได้ คำตอบที่ถูกต้องและชัดเจนภายใต้การแนะนำดูแลของครูหรือผู้เชี่ยวชาญที่เป็นที่ปรึกษาให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกและตรวจสอบความถูกต้องขององค์ความรู้ที่นักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มค้นพบ สิ่งที่นักเรียนค้นพบอาจจะเป็นข้อเท็จจริง (Facts) ความคิดรวบยอด (Concepts)

สมบัติต่าง ๆ (Properties) หลักการ (Principles) กฎ (Laws) วิธีการพิสูจน์ (Methods of Proof) กลวิธีคิด (Strategies) หรือทฤษฎี (Theories)

2. โครงการที่นำความรู้หลักการทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ของสาขาวิชาต่าง ๆ หรือใช้เป็นเทคนิคในการแก้ปัญหา เช่น ประยุกต์ใช้ในกลุ่มวิชาสุขศึกษา และพลศึกษา ทัศนศิลป์ ดนตรีและนาฏศิลป์ สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม ภาษาไทย วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การงานและอาชีพหรือภาษาต่างประเทศ

ยุพิน พิพิธกุล (2544 : 19-20) ได้แบ่งประเภทของโครงการคณิตศาสตร์ ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. โครงการเชิงประวัติศาสตร์ เป็นโครงการในรูปแบบเอกสาร โครงการนี้จะต้องใช้ แหล่งอ้างอิงจำนวนมาก เช่น ห้องสมุด ศูนย์วิทยบริการ เครือข่ายอินเทอร์เน็ต ฯลฯ ซึ่งอาจจะเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับประวัติศาสตร์ เช่น ประวัติของอาร์คิมิดีสและยูคลิด ประวัติของจำนวนและตัวเลข ประวัติการพัฒนาของคณิตศาสตร์ ประวัติการค้นพบสิ่งต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เป็นต้น

2. โครงการตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ เช่น จำนวน พีชคณิต เรขาคณิต การวัด สถิติ และความน่าจะเป็น แคลคูลัส คณิตศาสตร์เต็มหน่วย โครงการลักษณะนี้จะใช้ความรู้ด้านเนื้อหา มาพิจารณาโดยตรง เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับสองจำนวนกับ ห.ร.ม. และ ค.ร.น. ของจำนวนนับสองจำนวนนั้น การตรวจสอบอนุกรมลู่ออกและลู่ออก หรืออาจจะทำในลักษณะต่าง ๆ แล้วใช้เนื้อหาคณิตศาสตร์มาเกี่ยวข้องโดยตรง เช่น รูปใดมีพื้นที่มากที่สุด เป็นต้น

3. โครงการที่นำไปประยุกต์ในชีวิตจริง ผู้ทำโครงการจะต้องสามารถเชื่อมโยงความรู้ แนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ เช่น การออกแบบลายกระเบื้องปูพื้นโดยใช้รูป เรขาคณิต โมบาย รูปเรขาคณิต การบรรจุกล่อง ค่าใช้จ่ายในชีวิตประจำวัน (ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าโทรศัพท์) ค่าใช้จ่ายในการเล่นกีฬา การจัดผังบ้าน การจัดจรรยาจรในโรงเรียน การซื้อหรือการเช่า มหัตศจรรย์ของคณิตศาสตร์ การสมมาตรตามธรรมชาติ ดนตรีกับคณิตศาสตร์ การใช้คณิตศาสตร์ ในชีววิทยา เกมโอและเอกซ์ เกมก้านไม้ขีดไฟ การเล่นเกมกรุก กลคณิตศาสตร์ กลไพ่ ฯลฯ

จากความคิดเห็นของนักวิชาการที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า โครงการทางคณิตศาสตร์จำแนกออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่

1. โครงการประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบายทางคณิตศาสตร์ (Theoretical

Projects) โครงการประเภทนี้เป็นโครงการที่ผู้ทำจะต้องเสนอแนวคิดใหม่ ๆ มีหลักการทางคณิตศาสตร์หรือทฤษฎีสนับสนุนในการอธิบายซึ่งอาจเป็นการอธิบายปรากฏการณ์เก่าในแนวใหม่ นำเสนอในรูปของสูตรหรือสมการโดยมีข้อมูลหรือทฤษฎีอื่นสนับสนุน การทำโครงการประเภทนี้ผู้ทำจะต้องมีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างดีและต้องศึกษาค้นคว้าเรื่องราวที่เกี่ยวข้องอย่างมากจึงจะสามารถสร้างทฤษฎีหรือคำอธิบายทางคณิตศาสตร์ได้

2. โครงการประเภทบูรณาการความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นประเภทย่อยได้ 3 ประเภทดังนี้

2.1 โครงการประเภทศึกษาค้นคว้าและสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูล (Documentation & Survey Projects) โครงการประเภทนี้เป็นกิจกรรมการศึกษารวบรวมข้อมูลจากธรรมชาติ สิ่งแวดล้อมหรือข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาความรู้ที่มีอยู่หรือเป็นอยู่ในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหรือศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมได้ โดยใช้วิธีการสำรวจและรวบรวมข้อมูลแล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาจัดกระทำ เช่น จำแนกเป็นหมวดหมู่แล้ว นำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ ตามความเหมาะสม

2.2 โครงการประเภททดลอง (Experimental Projects) โครงการประเภทนี้เป็นการศึกษาหาคำตอบของปัญหาใดปัญหาหนึ่ง โดยการออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองเพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการทราบ เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือแก้ปัญหามันในชีวิตจริงโดยใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอนของการทำโครงการประเภทนี้ประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง ซึ่งจะต้องมีการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ที่อาจส่งผลต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษา แล้วดำเนินการทดลองโดยจัดกระทำกับตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นเพื่อดูผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตาม การแปลผลและการสรุปผลการทดลอง

2.3 โครงการประเภทการพัฒนาหรือการประดิษฐ์ (Development Projects) โครงการประเภทนี้อาจเป็นการพัฒนาหรือประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้ หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยการประยุกต์ทฤษฎีหรือหลักการทางคณิตศาสตร์ อาจเป็นการประดิษฐ์สิ่งใหม่ที่ยังไม่เคยมีมาก่อนหรือการปรับปรุงอุปกรณ์ สิ่งประดิษฐ์ที่มีอยู่แล้วให้ใช้งานได้ดีกว่าเดิม ซึ่งอาจเป็นการนำเสนอหรือปรับสร้าง แบบจำลองทางความคิดเพื่อแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง

3. โครงการประเภทบูรณาการระหว่างโครงการประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบายทางคณิตศาสตร์ และโครงการประเภทบูรณาการความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้

3.5 ขั้นตอนการทำโครงการงานคณิตศาสตร์ บทบาทของนักเรียนและครูที่ปรึกษาโครงการงาน

3.5.1 ขั้นตอนการทำโครงการงานคณิตศาสตร์

การทำโครงการงานคณิตศาสตร์ให้ประสบผลสำเร็จ การทำงานอย่างเป็นระบบมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง การทำงานให้เป็นไปตามลำดับขั้นตอน จึงจำเป็นต้องมีการวางแผนและกำหนดขั้นตอนในการทำโครงการงานซึ่ง

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (ม.ป.ป. : 8-13) และวิมลศรี สุวรรณรัตน์ และมาฆะ ทิพย์ศิริ (2551 : 23-27) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการทำโครงการงานคณิตศาสตร์สอดคล้องกันไว้ดังนี้

1. การคิดจะเลือกหัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา เป็นขั้นตอนลำดับแรกของการทำโครงการงาน ดังนั้นจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดและยากที่สุด หัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษานั้นควรให้นักเรียนเป็นผู้คิดและเลือกด้วยตนเอง โดยหัวข้อเรื่องของโครงการงานควรมีความเฉพาะเจาะจง และชัดเจน มุ่งชัดว่าจะศึกษาสิ่งใดหรือตัวแปรใดและควรเป็นเรื่องที่มีความแปลกใหม่ซึ่งแสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ด้วย หัวเรื่องนี้ส่วนใหญ่จะได้มาจากความสงสัยและสนใจ ความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียนเองในเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ครูสอนในห้องเรียน หรือนอกห้องเรียน หรือจากสิ่งแวดล้อมใกล้ตัว การอภิปรายร่วมกับครูและเพื่อน ๆ การอ่านหนังสือหรือเอกสารต่าง ๆ การไปศึกษานอกสถานที่ การฟังการบรรยายทางวิชาการในโอกาสต่าง ๆ รวมทั้งรายการ วิทยุและโทรทัศน์ การไปชมงานแสดงโครงการต่าง ๆ หรืออาจได้แนวคิดจากงานอดิเรกของนักเรียน

ข้อควรคำนึงเกี่ยวกับการคัดเลือกหัวเรื่องที่จะทำโครงการงานคือ เหมาะกับระดับความรู้ของนักเรียน เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ งบประมาณ เพียงพอ ระยะเวลาที่ใช้ทำโครงการงาน มีอาจารย์หรือผู้ทรงคุณวุฒิรับเป็นที่ปรึกษา ความปลอดภัย และมีแหล่งความรู้หรือเอกสารเพียงพอที่จะค้นคว้า

2. การวางแผนในการทำโครงการงาน ขั้นตอนนี้เป็นการวางแผนในการทำโครงการงาน โดยการเขียนเค้าโครงของโครงการงานนั้นต้องมีการวางแผนหรือวางรูปโครงการงานไว้ล่วงหน้า เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างรัดกุมและรอบคอบไม่สับสนแล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อขอความเห็นชอบก่อนดำเนินการขั้นต่อไป เค้าโครงของโครงการงานโดยทั่ว ๆ ไปจะเขียนขึ้นเพื่อแสดงแนวคิด แผนงานและขั้นตอนของการทำโครงการงาน ซึ่งประกอบด้วย 1) ชื่อโครงการงาน ควรเป็นข้อความที่กะทัดรัด ชัดเจน สื่อความหมายตรงและมี ความเฉพาะเจาะจงว่าจะศึกษาอะไร 2) ชื่อผู้ทำโครงการงาน 3) ชื่อที่ปรึกษาโครงการงาน 4) ที่มาและความสำคัญของโครงการงาน เป็นการอธิบายว่าเหตุใดจึงเลือกทำโครงการงานเรื่องนี้ มี

ความสำคัญอย่างไร มีหลักการหรือทฤษฎีอะไรที่เกี่ยวข้อง เรื่องที่ทำเป็นเรื่องใหม่หรือมีผู้อื่นได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องทำนองนี้ไว้บ้างแล้ว ถ้ามีได้ผลเป็นอย่างไร เรื่องที่ทำได้ขยายเพิ่มเติมหรือปรับปรุงจากเรื่องที่ผู้อื่นทำไว้อย่างไรหรือเป็นการทำซ้ำเพื่อตรวจสอบผล 5) จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า ควรมีความเฉพาะเจาะจงและเป็นสิ่งที่ สามารถวัดได้เป็นการบอกขอบเขตของงานที่จะทำได้ชัดเจนขึ้น 6) สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี) สมมุติฐานเป็นคำตอบหรือคำอธิบายที่ คาดไว้ล่วงหน้าซึ่งอาจจะถูกหรือไม่ก็ได้ การเขียนสมมุติฐานควรมีเหตุมีผลคือมีทฤษฎีหรือหลักการทางคณิตศาสตร์รองรับและที่สำคัญคือเป็นข้อความที่มองเห็นแนวทางในการดำเนินทดสอบได้ นอกจากนี้ควรมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามด้วย 7) วิธีดำเนินงาน ประกอบด้วย วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ ระบุว่าวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้มีอะไรบ้าง มาจากไหน อะไรบ้างที่ต้องจัดซื้อ อะไรบ้างที่ต้องจัดทำเองและอะไรบ้างที่ต้องขอยืม และแนวการศึกษาค้นคว้า อธิบายว่าจะออกแบบการทดลองอะไร อย่างไร จะสร้างหรือประดิษฐ์อะไรอย่างไร จะเก็บข้อมูลอะไรบ้าง เก็บข้อมูลอย่างไรและเมื่อใดบ้าง 8) แผนปฏิบัติงาน อธิบายเกี่ยวกับกำหนดเวลาเริ่มต้นและเวลาเสร็จของการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน 9) ผลที่คาดว่าจะได้รับ และ 10) เอกสารอ้างอิง

3. การลงมือทำโครงการ เมื่อเค้าโครงของโครงการผ่านความเห็นชอบของที่ปรึกษา โครงการงานแล้ว นักเรียนเริ่มลงมือทำโครงการโดยปฏิบัติตามแผนดำเนินงานซึ่งประกอบด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูลการสร้างหรือประดิษฐ์ การปฏิบัติการทดลอง การค้นคว้าเอกสารต่าง ๆ แล้วแต่ว่าจะจะเป็นโครงการประเภทใด อาจเป็นการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมจากแผนงานที่วางไว้ในตอนแรกบ้างก็ได้ เมื่อดำเนินการทำโครงการครบถ้วนตามขั้นตอนได้ข้อมูลแล้วควรมีการตรวจสอบผล การทดลองด้วยการทดลองซ้ำเพื่อให้ได้ผลที่แน่นอน ถ้าเป็นสิ่งประดิษฐ์ควรคำนึงถึงความคงทน แข็งแรงและขนาดที่เหมาะสม หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลแปลผลและสรุปผลการศึกษา ค้นคว้า พร้อมทั้งอภิปรายผลการศึกษาค้นคว้าโดยไม่คำนึงว่าผลนั้นจะตรงตามความคาดหมายหรือตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ก็ตาม

4. การเขียนรายงาน การเขียนรายงานโครงการคณิตศาสตร์เป็นการเสนอผลของการศึกษาค้นคว้าเป็นเอกสารเพื่ออธิบายให้ผู้อื่นทราบแนวคิดหรือปัญหาที่ศึกษา วิธีดำเนินการ ศึกษา ค้นคว้า ข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมได้ ผลของการศึกษา รวมทั้งประโยชน์และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ได้จากโครงการ การเขียนรายงานควรใช้ภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย ชัดเจน กะทัดรัดและตรงไปตรงมาโดยให้ครอบคลุมหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ 1) ชื่อโครงการ 2) ชื่อผู้ทำโครงการ 3) ชื่อที่ปรึกษาโครงการ 4)

บทความย่อเป็นการอธิบายถึงที่มาและความสำคัญของโครงการ วัตถุประสงค์ วิธีดำเนินการและผลที่ได้ ตลอดจนข้อสรุปต่าง ๆ อย่างย่อประมาณ 300-350 คำ 5) ที่มาและความสำคัญของโครงการ อธิบาย ความสำคัญของโครงการ เหตุผลที่เลือกทำโครงการนี้และหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ เรื่องที่ทำไมเป็นเรื่องใหม่หรือมีผู้อื่นเคยศึกษาไว้บ้างแล้ว ถ้ามีได้ผลเป็นอย่างไร เรื่องที่ทำนี้ได้ขยาย เพิ่มเติมหรือปรับปรุงจาก เรื่องที่ผู้อื่นได้ทำไว้อย่างไรบ้างหรือเป็นการทำซ้ำเพื่อตรวจสอบผล 6) จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า 7) สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี) 8) วิธีดำเนินการอาจแยก เป็น 2 หัวข้อย่อย คือ วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการ พร้อมอธิบายขั้นตอนการดำเนินงานโดยละเอียด 9) ผลการศึกษาค้นคว้านำเสนอข้อมูลหรือผลการทดลองต่าง ๆ ที่สังเกตรวบรวมได้ รวมทั้งเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ด้วย 10) สรุปและข้อเสนอแนะ อธิบายผลสรุปที่ได้จากการ ทำโครงการ ว่ามีการตั้งสมมุติฐานควรระบุด้วยว่าข้อมูลที่ได้นับสนุนหรือคัดค้านสมมุติฐานที่ตั้งไว้ หรือยังสรุปไม่ได้ นอกจากนั้นยังควรกล่าวถึงการทำผลการทดลองไปใช้ประโยชน์ ข้อจำกัดของการทำ โครงการ หรือข้อสังเกตที่สำคัญหรือข้อผิดพลาดบางประการที่เกิดขึ้นจากการทำโครงการนี้ รวมทั้ง ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไขหากจะมีผู้ศึกษาค้นคว้าในเรื่องทำนองนี้ต่อไปในอนาคตด้วย 11) คำขอบคุณ ส่วนใหญ่โครงการคณิตศาสตร์มักจะเป็นกิจกรรมที่ได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่ายจึง ควรได้กล่าวขอบคุณบุคลากรหรือหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีส่วนช่วยให้โครงการนี้สำเร็จด้วย และ 12) เอกสารอ้างอิงหนังสือและ/หรือเอกสารต่าง ๆ ที่ผู้ทำโครงการใช้ค้นคว้าหรือ อ่านเพื่อศึกษาหาข้อมูล รายละเอียดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ประโยชน์ในการทำโครงการนี้

5. การแสดงผลงาน เป็นงานขั้นสุดท้ายและสำคัญอีกประการหนึ่งของการทำโครงการ เป็น การเสนอผลงานที่ได้ศึกษาค้นคว้าสำเร็จลงด้วยความคิด ความพยายาม ของผู้ทำโครงการให้คนอื่นได้ รับรู้และเข้าใจถึงผลงาน การวางแผนออกแบบเพื่อจัดแสดงผลงาน นั้นมีความสำคัญเท่า ๆ กับการทำ โครงการนั่นเอง ผลงานที่ทำขึ้นจะดีเยี่ยมเพียงใดแต่ถ้าจัดแสดงผลงานได้ไม่ดีก็เท่ากับไม่ได้แสดง ความดีเยี่ยมของผลงานออกมา ดังนั้นการวางแผนดังกล่าว ต้องอาศัยเวลาและคำปรึกษาถึงปัจจัยหลาย ประการ ที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งคือผู้ชมหรือผู้ฟัง การแสดงผลงานนั้นอาจทำได้ในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น การแสดงในรูปนิทรรศการซึ่งมีทั้งการ จัดแสดงและการอธิบายด้วยคำพูดหรือในรูปแบบของ การจดแสดง โดยไม่มีการอธิบายประกอบ หรือในรูปของการรายงานแบบปากเปล่า ไม่ว่าจะการ แสดงผลงานจะอยู่ในรูปแบบใดควรจัดให้ ครอบคลุมประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้ 1) ชื่อโครงการ ชื่อผู้ทำ โครงการ ชื่อที่ปรึกษาโครงการ 2) คำอธิบายย่อ ๆ ถึงเหตุจูงใจในการทำโครงการและความสำคัญของ

โครงการงาน 3) วิธีดำเนินการ โดยเลือกเฉพาะขั้นตอนที่เด่นและสำคัญ 4) การสาธิตหรือแสดงผลที่ได้จากการทดลอง และ5) ผลการสังเกตหรือข้อมูลเด่น ๆ ที่ได้จากการทำโครงการงาน

ในการจัดนิทรรศการแสดงโครงการงานนั้น ควรได้คำนึงถึง ความปลอดภัยของการจัดแสดง ความเหมาะสมกับเนื้อที่ที่จัดแสดง คำอธิบายที่เขียนแสดงควรเน้นเฉพาะประเด็นสำคัญและสิ่งที่น่าสนใจเท่านั้น โดยใช้ข้อความที่กะทัดรัด ชัดเจนและเข้าใจง่าย ดึงดูดความสนใจของผู้เข้าชม โดยใช้รูปแบบการแสดงที่น่าสนใจ ใช้สีที่สดใสเน้นจุดสำคัญ ใช้ตารางและรูปภาพประกอบ โดยจัดวางอย่างเหมาะสม สิ่งที่แสดงทุกอย่างต้องถูกต้องไม่มีการสะกดผิดหรืออธิบายหลักการที่ผิด และในกรณีที่เป็นสิ่งประดิษฐ์ สิ่งนั้นควรอยู่ในสภาพที่ทำงานได้อย่างสมบูรณ์

ในการแสดงผลงานผู้นำผลงานมาแสดงจะต้องอธิบายหรือรายงานปากเปล่า หรือ ตอบคำถามต่าง ๆ ต่อผู้ชมหรือกรรมการตัดสินโครงการงาน การอธิบายตอบคำถาม หรือรายงาน ปากเปล่านั้น ควรคำนึงถึง การทำความเข้าใจกับเรื่องที่จะอธิบายเป็นอย่างดี ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้กับระดับผู้ฟังควรให้ชัดเจนและเข้าใจง่าย ควรรายงานอย่างตรงไปตรงมาไม่อ้อมค้อม พยายามหลีกเลี่ยงการอ่านรายงานแต่อาจจดหัวข้อสำคัญ ๆ ไว้เพื่อช่วยในการรายงานเป็นไปตามขั้นตอน อย่าท่องจำรายงานเพราะทำให้ดูไม่เป็นธรรมชาติ ขณะที่รายงานควรมองตรงไปยังผู้ฟัง เตรียมตัวตอบคำถามที่เกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ ตอบคำถามอย่างตรงไปตรงมา ไม่จำเป็นต้องกล่าวถึงสิ่งที่ไม่ได้ถาม หากติดขัดในการอธิบายควรยอมรับโดยดี อย่างกลบเกลื่อนหรือหาทางเลี่ยงเป็นอย่างอื่น ควรรายงานให้เสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด และหากเป็นไปได้ควรใช้สื่อประเภทโสตทัศนูปกรณ์ประกอบการรายงานด้วย เช่น แผ่นใส สไลด์ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

การแสดงผลงานการทำโครงการงานคณิตศาสตร์อาจจัดทำได้ในหลายระดับ เช่น การจัดเสนอผลงานภายในชั้นเรียน การจัดนิทรรศการภายในโรงเรียน การจัดนิทรรศการในงานประจำปีของโรงเรียน การส่งผลงานเข้าร่วมประกวดในงานแสดงหรือประกวดในระดับต่าง ๆ

มานัส ทิพย์สัมฤทธิ์กุล (2550 : 7-9) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมโครงการงานคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่มีความต่อเนื่องทั้งกิจกรรมรายบุคคล และกิจกรรมกลุ่ม มีการดำเนินงานหลายขั้นตอน ดังนั้น ครูผู้สอนจึงต้องเข้าใจความหมาย รูปแบบ ขั้นตอนการทำโครงการงาน ตลอดจนการประเมินโครงการงานเป็นอย่างดี และการนิเทศ กำกับ ติดตามการทำโครงการงานทุกขั้นตอนนั้น มีความสำคัญอย่างมากที่จะส่งผลให้โครงการงานนักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดทำ โดยเฉพาะถ้าครู

ที่ปรึกษาเข้าใจกระบวนการในการทำวิจัย จะส่งผลให้นักเรียนทำโครงการได้ประสบผลสำเร็จด้วยดี
ขั้นตอนการทำโครงการ 5 ขั้น ดังนี้

1. การคิดประเด็นปัญหา หรือหัวข้อที่จะศึกษา การคิดประเด็นปัญหาเป็นขั้นตอนแรกของการทำโครงการคณิตศาสตร์ และเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุด เพราะถ้าคิดประเด็นปัญหาหรือหัวข้อที่จะศึกษาไม่ได้ โครงการก็ไม่สามารถเริ่มได้เช่นกัน ส่วนใหญ่จะได้จาก ข้อมูลที่เป็นปัญหาหรือความอยากรู้อยากเห็นของกลุ่มนักเรียนเอง หรือการคิดต่อยอดจากสิ่งที่มีความรู้พื้นฐานมาก่อน สิ่งที่ต้องพิจารณาในการคิดประเด็นปัญหา หรือหัวข้อที่จะศึกษา คือ 1) เป็นประเด็นที่มีความเหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้ทำโครงการ 2) วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้สามารถหาได้และมีงบประมาณเพียงพอ 3) ระยะเวลาที่ใช้ในการทำโครงการเพียงพอเหมาะสม 4) มีครูที่ปรึกษาหรือมีผู้ทรงคุณวุฒิเป็นที่ปรึกษา (กรณีที่ต้องใช้ความเชี่ยวชาญเฉพาะสาขา) 5) มีความปลอดภัย และ 6) มีแหล่งการเรียนรู้ที่จะศึกษาเพิ่มเติม หรือมีบุคคลอ้างอิงได้

2. การวางแผนในการทำโครงการ หรือเขียนเค้าโครงของโครงการ การวางแผนในการทำโครงการ เป็นการวางแผนการทำงานไว้ล่วงหน้า เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปด้วยดีและมีเป้าหมายการทำงานที่ชัดเจน และนำเสนอครูที่ปรึกษาเพื่อขอความเห็นชอบในการดำเนินการต่อไป มีรายละเอียดประกอบด้วย ชื่อโครงการ จุดประสงค์ เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง การดำเนินการ การสรุปผล การเขียนรายงาน การนำเสนอผลงาน ข้อเสนอแนะ และเอกสารอ้างอิง

3. การลงมือทำโครงการ เป็นขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมตามแผนที่วางไว้ว่าใคร ทำอะไร ที่ไหน อย่างไร และได้ผลเป็นอย่างไร มีการบันทึกผลการทำงาน ปัญหาอุปสรรค ข้อค้นพบ วิเคราะห์ผลการทดลอง หรือผลการปฏิบัติกิจกรรม อภิปรายผล และสรุปผลการปฏิบัติกิจกรรม

4. การเขียนรายงานโครงการ มีองค์ประกอบดังนี้ 1) ชื่อโครงการ ประกอบด้วย ชื่อโครงการ ชื่อผู้จัดทำ โรงเรียน ระดับชั้น 2) บทคัดย่อ เป็นการเล่าสรุปการทำโครงการโดยย่อเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วยจุดประสงค์การจัดทำโครงการ การดำเนินการโดยย่อว่า ดำเนินการโดยทำอย่างไร และสรุปผลโครงการ โดยสรุปว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ 3) ความเป็นมาหรือความสำคัญของปัญหา 4) จุดประสงค์ เขียนเป็นข้อ 5) เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน 6) การดำเนินการ ประกอบด้วย วัสดุที่ใช้ในการดำเนินการ งบประมาณที่ใช้ และขั้นตอนการทำงาน เช่น การสร้างเครื่องมือเฉพาะ การเก็บรวบรวมข้อมูล การทดลองพร้อม ทั้งนำเสนอ ตารางการทำงาน การแบ่งงานให้คนในกลุ่มรับผิดชอบ การศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร หรือแหล่ง

อ้างอิง หรือบุคคล หรือภูมิปัญญาท้องถิ่น 7) ผลการศึกษาค้นคว้า นำเสนอผลการทดลองในรูปแบบ ตาราง แผนภูมิ กราฟ พร้อมทั้งวิเคราะห์ ข้อมูล เปรียบเทียบ สรุป โดยอธิบายผลที่ได้จากการทำโครงการว่าสอดคล้องหรือขัดแย้งกับ สมมติฐาน (ถ้ามี) ปัญหาอุปสรรคในการทำงาน ข้อสังเกตข้อค้นพบจากการทำงาน และข้อเสนอแนะ ในการทำโครงการครั้งต่อไป หรือแนวคิดในการขยายงานครั้งต่อไป 8) เอกสารอ้างอิง นำเสนอโดยเรียงตามระบบของพจนานุกรม การเขียนรายงาน

5. การจัดแสดงผลงาน อาจจะมีการจัดแสดงผลงานโดยนักเรียนนำเสนอต่อที่ประชุม หรือนำเสนอที่หน้าแผงโครงการ และเปิด โอกาสให้มีการซักถามปัญหาข้อขัดข้องได้

นอกจากนี้ นักสรร สุธธิกุล (2553 : 22-27) ได้กล่าวว่าการทำโครงการคณิตศาสตร์มีขั้นตอนสำคัญ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การคิดและเลือกหัวข้อเรื่อง การดำเนินงานในขั้นตอนนี้เป็นการคิดหาหัวข้อเรื่องที่จะทำโครงการโดยผู้เรียนต้องตั้งต้นด้วยคำถามที่ว่า จะศึกษาอะไร ทำไมต้องศึกษาเรื่องดังกล่าว สิ่งที่จะนำมากำหนดเป็นหัวข้อเรื่องโครงการจะได้มาจากปัญหาคำถาม หรือความอยากรู้อยากเห็นในเรื่องต่าง ๆ ของผู้เรียนเอง ซึ่งเป็นผลจากการที่ผู้เรียนได้อ่านจากหนังสือ เอกสาร บทความ รัฟฟังจากความคิดเห็น ฟังจากการบรรยาย การสนทนา หรือจากการได้ไปศึกษาดูงานทัศนศึกษา ชมนิทรรศการ หรือสังเกตจากปรากฏการณ์ต่าง ๆ รอบตัวหัวข้อโครงการต้องเป็นเรื่องที่เฉพาะเจาะจงและชัดเจนว่าโครงการนี้ทำอะไร ควรเน้นเรื่องที่มีการศึกษาทฤษฎีทางคณิตศาสตร์อย่างลุ่มลึกและประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง โดยนำคณิตศาสตร์เข้ามาเชื่อมโยง หรือใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือศึกษาและเป็นเรื่องที่สามารถทำให้ได้มาซึ่งคำตอบ

2. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง การดำเนินงานในขั้นตอนนี้ เป็นการดำเนินงานต่อจากขั้นตอนที่ 1 การศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะทำโครงการนี้ รวมไปถึงการขอคำปรึกษาหรือข้อมูลรายละเอียดอื่น ๆ จากผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เกี่ยวข้องทุกระดับ รวมทั้งการสำรวจวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ

3. การเขียนเค้าโครงของโครงการ การดำเนินงานตามขั้นตอนนี้เป็นการสร้างแผนที่ความคิดเป็นการนำเอาภาพของงานและภาพความสำเร็จของโครงการที่วิเคราะห์ไว้มาจัดทำรายละเอียด เพื่อแสดงแนวคิด แผน และขั้นตอนของการทำโครงการ ซึ่งอาจต้องใช้การระดมสมองถ้าเป็นการทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อให้ผู้ร่วมงานและผู้เกี่ยวข้องทุกคนได้มองเห็นภาระงานตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น รวมทั้งได้ทราบถึงบทบาทและระยะเวลาในการดำเนินงาน เมื่อเกิดความชัดเจนแล้ว จึงนำมาเขียนเป็นเค้า

โครงของโครงการ แล้วนำเสนอที่ปรึกษาโครงการเพื่อขอความเห็นชอบ โดยทั่วไปเค้าโครงของโครงการจะประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ เช่นเดียวกับโครงการ ได้แก่ 1) ชื่อโครงการ ทำอะไร กับใคร เพื่ออะไร 2) ชื่อผู้ทำโครงการ ผู้รับผิดชอบโครงการ (อาจเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มก็ได้) 3) ชื่อที่ปรึกษาโครงการ ผู้สอน ครูอาจารย์ หรือผู้ทรงคุณวุฒิที่มีในท้องถิ่น ผู้ทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาควบคุมการทำโครงการของผู้เรียน 4) ระยะเวลาดำเนินงาน ระยะเวลาดำเนินงานโครงการ ตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น 5) หลักการและเหตุผล สภาพปัจจุบันที่เป็นความต้องการ และความคาดหวังที่จะเกิดผล 6) จุดประสงค์ของการศึกษา สิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดโครงการ ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ 7) สมมติฐานของการศึกษา ข้อตกลง ข้อกำหนด เงื่อนไข ข้อคาดเดา เพื่อเป็นไปตามที่กำหนดของโครงการ 8) วิธีการดำเนินงาน ประเภททดลอง ถ้าไม่ใช่โครงการประเภททดลอง อาจมีหรือไม่มีสมมติฐานก็ได้ กิจกรรมหรือขั้นตอนการดำเนินงาน เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ สถานที่ วัน เวลา และกิจกรรมการดำเนินการต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มต้นจนแล้วเสร็จ 9) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ประโยชน์อันจะเกิดขึ้นจากการศึกษาค้นคว้า เพื่อนำไปใช้ในชีวิตรประจำวันหรือเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับผู้สนใจจะศึกษาค้นคว้าต่อและ 10) เอกสารอ้างอิงบรรณานุกรม ชื่อเอกสารข้อมูลที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการ ดำเนินงาน

4. การปฏิบัติโครงการ การดำเนินงานตามขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินงานหลังจากที่โครงการได้รับความเห็นชอบจากที่ปรึกษาและได้รับการอนุมัติแล้ว ผู้จัดทำโครงการต้องลงมือปฏิบัติงานตามแผนงานที่กำหนดไว้ในเค้าโครงของโครงการในระหว่างปฏิบัติงานผู้เรียนต้องปฏิบัติงานด้วยความรอบคอบ คำนึงถึงความประหยัดและความปลอดภัยในการทำงาน ตลอดจนคำนึงถึงสภาพแวดล้อมในระหว่างการปฏิบัติงานตามเค้าโครงของโครงการ ต้องมีการจดบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ไว้อย่างละเอียดว่าทำอะไร ได้ผลอย่างไร ปัญหา อุปสรรค และมีแนวทางการแก้ไขอย่างไร การบันทึกข้อมูลดังกล่าวนี้ต้องจัดทำอย่างเป็นระบบระเบียบ เพื่อจะได้ใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงการดำเนินงานในอนาคตต่อไปด้วย การปฏิบัติกิจกรรมตามที่ระบุไว้ในขั้นตอนการดำเนินงานในโครงการถือว่าเป็นการเรียนรู้เนื้อหา การฝึกทักษะต่าง ๆ ตามที่ระบุไว้ในจุดประสงค์การทำโครงการ

5. การเขียนรายงานโครงการ การดำเนินงานตามขั้นตอนนี้เป็นการสรุปรายงานผลการดำเนินโครงการตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุด เพื่อให้ผู้อื่นได้ทราบถึงแนวคิดวิธีดำเนินงาน ผลที่ได้รับตลอดจนข้อสรุป ข้อเสนอแนะต่าง ๆ เกี่ยวกับโครงการ การเขียนรายงานโครงการควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย กระชับ ชัดเจน และครอบคลุมประเด็นสำคัญๆ ของโครงการที่ปฏิบัติไปแล้ว การเขียน

รายงานโครงการฉบับสมบูรณ์ มีดังต่อไปนี้) หน้าปก ประกอบด้วย ชื่อโครงการ ผู้จัดทำโครงการ ระดับชั้น ที่ปรึกษาโครงการภาคเรียนที่ปีการศึกษาโรงเรียนจังหวัดสังกัด 2) ปกใน หมายถึงสำเนาของปกนอก 3) บทคัดย่อ ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ชื่อโครงการ ชื่อผู้จัดทำ ระดับชั้น ที่ปรึกษาโรงเรียน จังหวัด ปีการศึกษา และส่วนที่ 2 บทคัดย่อ บอกรายละเอียดของเรื่องที่ทำในประเด็นหลักที่สำคัญอย่างย่อ ได้แก่ วัตถุประสงค์ วิธีการดำเนินงาน ผลการศึกษาทดลอง 4) กิตติกรรมประกาศ กล่าวถึงเบื้องหลังความสำเร็จของงานว่ามีบุคคลใดช่วยเหลือในเรื่องใดบ้าง 5) คำนำ กล่าวถึงเรื่องที่ทำและประโยชน์ที่จะเกิดขึ้น 6) สารบัญ ประกอบด้วยสารบัญเรื่อง สารบัญตาราง สารบัญกราฟ สารบัญภาพประกอบ (ถ้ามี) 7) ที่มาและความสำคัญของโครงการ หรือหลักการและเหตุผล กล่าวถึงเหตุใดจึงทำโครงการเรื่องนี้ มีข้อสนใจหรือแรงบันดาลใจอย่างไร หรือกล่าวถึงสภาพปัจจุบันที่เป็นความต้องการและความคาดหวังที่จะให้เกิดผล 8) จุดประสงค์หรือจุดมุ่งหมาย หมายถึงสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดโครงการทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ 9) สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ในกรณีที่เป็นโครงการประเภททดลอง) เป็นการคาดการณ์ล่วงหน้าถึงผลที่จะเกิดขึ้นจากการทำโครงการ โดยอาศัยการสังเกตความรู้และประสบการณ์เดิม 10) ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า หมายถึงขอบเขตของเรื่องที่ศึกษาค้นคว้า ซึ่งมักจะกำหนดใน 3 ด้านคือ ด้านบุคคลที่เกี่ยวข้อง ด้านเนื้อหาของ การศึกษาค้นคว้า และด้านระยะเวลา 11) เนื้อหากณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เขียนเป็นหัวข้อหรือบทสรุป เนื้อหากณิตศาสตร์ที่นำมาใช้อย่างย่อ 12) วิธีการดำเนินงาน กิจกรรมหรือขั้นตอนการดำเนินงาน เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์สถานที่ ระยะเวลาที่ปฏิบัติกิจกรรม อาจเขียนเป็นตารางการปฏิบัติงาน ตั้งแต่ขั้นริเริ่ม ขั้นดำเนินการ ขั้นสรุป ตั้งแต่ต้นจนจบ 13) ผลการศึกษา บอกข้อค้นพบหรือการตอบสมมติฐาน ผลที่ได้จากการศึกษา เขียนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ควรนำเสนอเป็นตาราง แผนภูมิ กราฟ หรืออื่น ๆ ให้ดูเข้าใจง่าย 14) สรุปและอภิปรายผลการศึกษา สรุปผลที่ได้จากการศึกษา อภิปรายผลการศึกษา ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ ข้อเสนอแนะ เป็นต้น 15) เอกสารอ้างอิง/บรรณานุกรม ชื่อเอกสาร ข้อมูลที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการทำโครงการ และ16) ภาคผนวก ภาพประกอบการทำโครงการหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องหรือมีส่วนสนับสนุนการทำโครงการ หรือความรู้ที่เป็นเรื่องต่อเนื่องสัมพันธ์กับโครงการที่ควรนำมากล่าวไว้เพื่อการขยายความรู้ที่เป็นผลจากการศึกษาหรือค้นคว้าเพิ่มเติม

6. การนำเสนอโครงการ การดำเนินงานตามขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำโครงการเป็นการนำเสนอผลการดำเนินงานโครงการทั้งหมดให้ผู้อื่นได้ทราบซึ่งผลผลิตที่ได้จากการ

ดำเนินโครงการประเภทต่าง ๆ มีลักษณะเป็นเอกสารรายงาน ชิ้นงาน แบบจำลอง ฯลฯ ตามประเภทของโครงการที่ปฏิบัติ การแสดงโครงการ ซึ่งเป็นการนำเอาผลการดำเนินงานมาเสนอแนะ สามารถจัดได้หลายรูปแบบ เช่น การจัดนิทรรศการ หรือทำเป็นสื่อสิ่งพิมพ์ การจัดทำเป็นสื่อมัลติมีเดีย และอาจนำเสนอในรูปแบบของการแสดง ผลงาน การนำเสนอปากเปล่า รายงาน และการบรรยาย เป็นต้น ในการดำเนินงานตามขั้นตอนการทำโครงการที่กล่าวมานี้สามารถปรับให้เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติในแต่ละระดับ ในระดับต้นๆ ควรมีที่ปรึกษาเป็นผู้คอยให้คำแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดและการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนควรง่าย ๆ ไม่สลับซับซ้อน ส่วนในระดับที่สูงขึ้นควรเน้นเรื่องของความคิดสร้างสรรค์ ความรับผิดชอบ การตัดสินใจ และการปฏิบัติ

จากขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักวิชาการดังกล่าว สามารถสรุปขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

1) การเลือกหัวเรื่องหรือปัญหา เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุดควรเป็นเรื่องที่แปลกใหม่ แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์และได้มาจากความสนใจ ความสงสัยและความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียนซึ่งมาจากการที่ผู้เรียนได้อ่านหนังสือ เอกสาร บทความ วิทยานิพนธ์ การศึกษาดูงาน ชม นิทรรศการ หรือสังเกตจากปรากฏการณ์ต่าง ๆ รอบตัว รวมถึงวิถีชีวิต ภูมิปัญญาชาวบ้าน และสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตจริงหรือเป็นประเด็นศึกษาทางคณิตศาสตร์ที่ลึกซึ้งเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน ในขั้นตอนนี้รวมถึงการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องเป็นการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับเรื่องที่จะทำโครงการเพื่อเป็นการประเมินความไปได้ในการทำโครงการ

2) การวางแผนในการทำโครงการ เป็นการวางแผนในการทำโครงการรวมถึงการเขียนเค้าโครงของโครงการเพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างรัดกุมและรอบคอบ เป็นการนำเอาภาพของงานและภาพความสำเร็จของโครงการที่วิเคราะห์ไว้มาจัดทำรายละเอียด เพื่อแสดงแนวคิด แผนการทำงาน และขั้นตอนของการทำโครงการ กำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม รวมถึงกำหนดระยะเวลาในการทำงาน โดยส่วนใหญ่จะจัดทำออกมาในรูปแบบของเค้าโครงโครงการ ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ ชื่อโครงการ ผู้ทำ ครูที่ปรึกษา ที่มาและความสำคัญ จุดมุ่งหมายของการศึกษา สมมุติฐาน (ถ้ามี) วิธีดำเนินงาน แผนปฏิบัติงาน ผลที่คาดว่าจะได้รับ และเอกสารอ้างอิง แล้วนำเค้าโครงงานเสนอที่ปรึกษาเพื่อให้ความเห็นชอบในการทำโครงการต่อไป

3) การลงมือทำโครงการ ขั้นตอนนี้เป็นการทำงานหลังจากที่โครงการได้รับความเห็นชอบจากที่ปรึกษาและได้รับการอนุมัติแล้วผู้จัดทำโครงการ ต้องลงมือทำงานตามแผนงานที่กำหนดไว้ในเค้าโครงของโครงการ มีการบันทึกผลการทำงาน ปัญหาอุปสรรค ข้อค้นพบอย่างเป็นระบบ มีการวิเคราะห์ผลการทดลอง หรือผลการทำโครงการ อภิปรายผล และสรุปผลการทำโครงการ

4) การเขียนรายงาน เป็นการเสนอผลของการศึกษาค้นคว้าเป็นเอกสารเพื่ออธิบายให้ผู้อื่นทราบแนวคิดหรือปัญหาที่ศึกษา วิธีดำเนินการ ศึกษา ค้นคว้า ข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมได้ ผลของการศึกษา ตลอดจนประโยชน์และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ได้จากการทำโครงการ การเขียนรายงานควรใช้ภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย สั้นและตรงไปตรงมา โดยมีส่วนประกอบดังนี้ ชื่อโครงการ ผู้ทำ ที่ปรึกษา บทคัดย่อ กิตติกรรมประกาศ คำนำ สารบัญ ที่มาและความสำคัญของโครงการ จุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า สมมุติฐาน (ถ้ามี) วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการพร้อมอธิบายขั้นตอนการดำเนินงานโดยละเอียด ผลการศึกษาค้นคว้า สรุปและข้อเสนอแนะ เอกสารอ้างอิง และภาคผนวก

5) การนำเสนอโครงการ เป็นการเสนอผลงานที่ได้ศึกษาค้นคว้าสำเร็จลงด้วยความคิด ความพยายาม ของผู้ทำโครงการให้คนอื่นได้รับรู้และเข้าใจถึงผลงาน ควรมีการวางแผนการแสดงผลงานเป็นอย่างดีโดยการแสดงผลงานไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบใด ควรจัดให้ครอบคลุมประเด็นต่อไปนี้ ชื่อโครงการ ผู้ทำโครงการ ที่ปรึกษา คำอธิบายย่อ ๆ ถึงเหตุจูงใจในการทำโครงการและความสำคัญของโครงการ วิธีดำเนินการโดยเลือกเฉพาะขั้นตอนที่เด่นและสำคัญให้ผู้ชมผลงานเห็นภาพโดยรวมของโครงการ การสาธิตหรือแสดงผลที่ได้จากการทดลองและผลการสังเกตหรือข้อมูลเด่น ๆ ที่ได้จากการทำโครงการและสามารถดึงดูดความสนใจของผู้ชมผลงานได้ นอกจากนี้ควรแสดงผลงานด้วยความเข้าใจ และตอบคำถามด้วยความเป็นจริงตรงไปตรงมา

3.5.2 บทบาทของผู้เรียนและผู้สอนโครงการคณิตศาสตร์

กระบวนการการเรียนการสอนเป็นจุดหนึ่งที่สำคัญมากเมื่อพิจารณาถึงการเรียนการสอน ในระดับมัธยมศึกษาจะพบว่านักเรียนชั้นมัศึกษามีอายุอยู่ในช่วงวัยรุ่นซึ่งเป็นวัยที่นิยมเพื่อน ชอบอยู่เป็นกลุ่ม ดังนั้นกลุ่มเพื่อนจึงมีบทบาทต่อพฤติกรรมการเรียนรู้เป็นอย่างมากการเรียนรู้จากกันและกันของนักเรียนจะทำให้เกิดความเข้าใจได้ดี เพราะภาษาที่นักเรียนใช้สื่อสารกันนั้น สื่อความเข้าใจซึ่งกันและกันได้ดี และการเรียนเป็นกลุ่ม จะทำให้เกิดการยอมรับซึ่งกันและกัน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันจากการรวมกลุ่มจะทำให้เกิดความสนุกสนานในการเรียน ทำให้ผู้เรียนอยาก

เรียนมากยิ่งขึ้น ตลอดจนมีการฝึกฝนสติปัญญาหาความรู้ใหม่ในการสร้างสรรค์ผลงานเพื่อการแก้ปัญหา อย่างมีประสิทธิภาพ

ชัยศักดิ์ สีลาจรัสกุล (ม.ป.ป. : 22-35) ได้กล่าวถึงบทบาทของผู้เรียนและผู้สอนในโครงการคณิตศาสตร์ว่า การจัดการเรียนการสอนในรูปแบบกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ ผู้เรียนและผู้สอนควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการกลุ่ม ความคิดสร้างสรรค์ ความคิดวิจารณ์ญาณและการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนและผู้สอนในการผสมผสานความรู้ และจิตวิทยาการศึกษา ตลอดจนความเป็นผู้นำสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ดังรายละเอียด 4 ประการ คือ 1) กระบวนการกลุ่ม (Group Process) 2) ความคิดสร้างสรรค์ (Creative thinking) 3) ความคิดวิจารณ์ญาณ (critical thinking) และ 4) การแก้ปัญหา (Problem Solving) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กระบวนการกลุ่ม (Group Process)

1.1 ความหมายของกลุ่มและปฏิสัมพันธ์

คำว่า "กลุ่ม" (Group) มีผู้ให้ความหมายไว้มากมายตามทัศนะของแต่ละคน และยังขึ้นอยู่กับการเน้นลักษณะที่สำคัญต่าง ๆ ของการรวมตัวเป็นกลุ่มผู้ให้ความหมายมีทั้งทาง จิตวิทยา และจิตวิทยาสังคม ดังต่อไปนี้

ฉลอง ภิรมย์รัตน์ (2521 : 1-3) กล่าวว่า กลุ่ม หมายถึง การที่บุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปมาอยู่รวมกัน สนใจประพฤติปฏิบัติในสิ่งที่ เป็นปทัสถานและจุดมุ่งหมายร่วมกัน ลักษณะรวมกันของการรวมกลุ่มมี 3 ประการ คือ มีเป้าหมายร่วมกัน มีปฏิสัมพันธ์กัน และมีการปฏิบัติในบทบาทร่วมกัน

พรรณพิศ วาณิชการ (2528 : 135) กล่าวว่า กลุ่ม หมายถึง การรวมตัวกัน ณ สถานที่แห่งใดแห่งหนึ่ง และการรวมตัวกันของบุคคลดังกล่าวจะต้องมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันเกิดขึ้น และมีการปฏิบัติในลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง

ดังนั้นอาจกล่าวสรุปความหมายของคำว่า "กลุ่ม" ได้ว่า กลุ่ม หมายถึง การที่บุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปมีจุดมุ่งหมายเดียวกัน ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ตลอดจนร่วมกัน รับผิดชอบงาน เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้

ปฏิสัมพันธ์ (interaction)

Newcomb, Turner and Converse (1965 : 1 55-210) กล่าวว่า กระบวนการปฏิสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของบุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ที่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกันและเป็นลักษณะที่พึ่งพาอาศัยกันและกัน ประกอบด้วย

1. การรับรู้ระหว่างบุคคล (Interpersonal Perception) บุคคลนั้นจะประเมินและตอบสนองบุคคลอื่นตามที่ตนเองรับรู้เกี่ยวกับบุคคลนั้น การรับรู้ของบุคคลควรมีเหตุผลที่ถูกต้องแน่นอน ฉะนั้นสิ่งสำคัญที่ควรคำนึงในการรับรู้ระหว่างบุคคล คือ การเข้าใจภาวะทางอารมณ์ของบุคคลอื่นจากการแสดงออกทางกิริยาท่าทาง สีหน้า หรือคำพูด การตัดสินทัศนคติของบุคคลอื่นจะกระทำโดยการตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐาน ที่ได้มาทางอ้อมและมีลักษณะคลุมเครือ จึงมีสาเหตุให้การตัดสินผิดพลาด และระดับของทักษะในการตัดสินบุคคลอื่น การมีประสบการณ์ การติดต่อกับบุคคลอื่นอย่างกว้างขวางจะช่วยให้การตัดสินบุคคลได้ถูกต้องแน่นอนมากขึ้น

2. พฤติกรรมการติดต่อสื่อสาร (Communicative Behavior) เป็นรูปแบบของการแลกเปลี่ยนระหว่างบุคคล โดยผ่านการพูดด้วยกิริยาท่าทาง บุคคลจะสัมพันธ์ซึ่งกันและกันได้ ซึ่งการแปลพฤติกรรมและแลกเปลี่ยนข่าวสารควรเป็นการแลกเปลี่ยนที่มีความจริงใจเหมาะสมถูกต้อง ผู้ถ่ายทอดและผู้รับจะได้ข่าวสารตรงกัน ฉะนั้นความรู้สึกรู้สึก แรงจูงใจ และทัศนคติ ของผู้ ถ่ายทอดและผู้รับ จะเป็นตัวสะท้อนความคิด (Feedback) ของการติดต่อสื่อสาร

3. การสร้างกฎเกณฑ์ของกลุ่ม (The Formation of Group Norm) ซึ่งเป็นข้อตกลงของสมาชิกทั้งหมดที่เกิดจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ทัศนคติ และความเห็นพ้องต้องกัน แล้วนำมาตั้งเป็นกฎเพื่อให้สมาชิกของกลุ่มปฏิบัติ สิ่งที่ได้จากการร่วมกันแสดงความคิดเห็นและเห็นพ้องกันนี้ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทัศนคติ คือ มีการสนับสนุนให้กำลังใจ มีขอบเขตของความเห็นขยายกว้างออกไป มีความเป็นน้ำหนึ่งใจเดียวกัน มีการดึงดูดในกลุ่มของผู้มีส่วนร่วมกันยิ่งขึ้น

4. การตอบสนองระหว่างบุคคล (Interpersonal Response) เป็นเรื่องของการถ้อยทีถ้อยอาศัยกัน โดยแต่ละคนจะพยายามปรับตัวให้เข้ากับอีกบุคคลหนึ่ง โดยการสังเกตและรับรู้พฤติกรรมของบุคคลในกลุ่ม มีขั้นตอน คือ บุคคลเริ่มต้นด้วยการถูกกระตุ้นด้วยสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง การใช้ทักษะที่มีอยู่มาประพจน์ปฏิบัติตามวิธีที่ตรงกับสถานการณ์นั้น สังเกตผลที่ตามมาอันเกิดจากการประพจน์ปฏิบัติของตนเองว่าเกิดเป็นผลอย่างไรบ้าง เชื่อมโยงผลที่ได้จากการ

ปฏิบัติของตน ซึ่งอาจจะมีเพียงเล็กน้อย และการเข้าใจความสัมพันธ์ดังกล่าว ทำให้แต่ละบุคคลได้แก้ไขพฤติกรรมของตนเองภายหลัง

จากวิธีการดังกล่าว ทำให้บุคคลดำเนินไปสู่เป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วยกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การถูกกระตุ้น การประพฤติปฏิบัติ การสังเกต การปรับพฤติกรรมในภายหลัง อันเป็นรูปแบบของการทดสอบเจตคติของแต่ละบุคคลด้วย

1.2 ทฤษฎีการทำงานกลุ่ม

ทฤษฎีเกี่ยวกับกลุ่มและการทำงานกลุ่ม เป็นเรื่องเกี่ยวกับการที่จะพยายามสร้างแรงจูงใจในระดับที่สูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกันได้ดี ในเรื่องของทฤษฎีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มนี้มีผู้เสนอทฤษฎีที่น่าสนใจไว้ แตกต่างกันหลายทฤษฎีดังต่อไปนี้

1. ทฤษฎีการทำงานร่วมกันได้รับการพัฒนาขึ้นมาโดย จอร์จ โฮแมนส์ (George Homans) ทฤษฎีนี้อธิบายเป็นหลักการสำคัญไว้ว่า การกระทำร่วมกันเป็นกลุ่ม ประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐานสำคัญ 3 องค์ประกอบ คือ กิจกรรม การกระทำร่วมกัน และความรู้สึก องค์ประกอบทั้ง 3 จะเกี่ยวข้องกันโดยตรง กล่าวคือถ้าหากว่าบุคคลยังมีส่วนร่วมในกิจกรรม มากเท่าใด การกระทำร่วมกันและความรู้สึกของพวกเขาจะมีมากขึ้นด้วย บุคคลต่าง ๆ ภายในกลุ่มต้องไปเกี่ยวข้องกับบุคคลอื่น ไม่เพียงแต่อยู่ใกล้ชิดกันเท่านั้น พวกเขาจะต้องทำการตัดสินใจ ติดต่อสื่อสาร สนับสนุน ประสานงานและประสบความสำเร็จตามเป้าหมายของกลุ่มอีกด้วย สมาชิกภายในกลุ่มหรือองค์การที่เกี่ยวข้องกันในลักษณะดังกล่าว มีแนวโน้มจะรวมกันเข้าเป็น กลุ่มที่มีพลังสูงมาก (สมัยศตวรรษที่ 25 : 234)

2. ทฤษฎีตาข่ายการปฏิบัติงาน ผู้พัฒนาแนวความคิดของทฤษฎีนี้คือ เบลค (Blake) และมูทอน (Mouton) แห่งมหาวิทยาลัยเท็กซัส หลักการสำคัญของทฤษฎีนี้เชื่อว่าคนต้องการจะทำงานให้ได้ผลต้องมีส่วนร่วมในงานที่เขารับผิดชอบ และการที่จะทำให้การทำงานแบบกลุ่มเข้ามามีส่วนร่วมในผลสำเร็จ ย่อมกระทำได้ด้วยการสร้างบรรยากาศขององค์การที่จะช่วยสนับสนุนในความคิดสร้างสรรค์ และเปิดโอกาสให้แสดงความคิดเห็นในการทำงานอย่างจริงจัง ทฤษฎีตาข่ายนี้มีความเชื่ออย่างฝังใจว่า ผลงานย่อมเกิดจากการบูรณาการ หรือการผสมผสานความต้องการขององค์การของคนเข้าด้วยกัน (โสภณ ภาพจน์. 2521 : 118-119)

3. ทฤษฎีเกี่ยวกับกระบวนการกลุ่ม กระบวนการกลุ่มเป็นเรื่องของการทำงานของกลุ่มคน ทฤษฎีด้านนี้มุ่งศึกษาเพื่อหาความรู้ที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงทัศนคติ

และพฤติกรรมของคน อันจะเป็นประโยชน์ในด้านการเสริมสร้างความสัมพันธ์ และปรับปรุงการทำงานของกลุ่มชนให้มีประสิทธิภาพ เนื้อหาของทฤษฎีนี้จึงมุ่งศึกษาเรื่องธรรมชาติของคน พฤติกรรมของคน ธรรมชาติของกลุ่ม ลักษณะการรวมตัวของกลุ่มองค์ประกอบต่างๆ ที่สำคัญของกลุ่ม กระบวนการทำงานของกลุ่ม เป็นต้น (ทิตนา แคมมณี และ เยาวพา เตชะคุปต์. 2522 : 1)

กล่าวโดยสรุปแล้ว ทฤษฎีนี้เชื่อว่า การทำงานโดยกลุ่มนั้นจะต้องให้ได้ทั้งผลงานและความร่วมมือร่วมใจของผู้ทำงานประกอบเข้าด้วยกัน

1.3 ประโยชน์ของการทำงานของกลุ่ม

ตัน (Dunn. 1972 : 154) ได้กล่าวว่า การสร้างกลุ่มเล็ก ๆ ที่มีความสัมพันธ์ต่อกันในการเรียนจะเป็นการป้องกันไม่ให้ได้มีความรู้สึกโดดเดี่ยวหรืออยู่คนเดียว การทำงานร่วมกัน ต่างฝ่ายต่างรับฟังความคิดเห็นของกันและกัน และช่วยกันรับผิดชอบในการเรียนด้วยความเชื่อมั่นในตนเอง นอกจากนี้การเรียนโดยการทำงานเป็นกลุ่ม ยังทำให้รู้สึกสนุกสนาน และสร้างความสามัคคีในกลุ่ม ต่างวางใจว่าแต่ละคนจะช่วยกันส่งเสริมให้กลุ่มมีความก้าวหน้าขึ้น

ยัง (Young. 1972 : 634) อธิบายถึงข้อได้เปรียบของการเรียนโดยการทำงานเป็นกลุ่มว่า

1. ครูมีโอกาสนำพลังกลุ่มของนักเรียน มาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอน ทำให้ครูมีเวลามากขึ้นในการให้ความช่วยเหลือแก่นักเรียนแต่ละคน เพราะนักเรียนจะเป็นผู้อธิบายกระบวนการเรียนรู้ซึ่งกันและกันในกลุ่มตนเอง ในขณะที่ครูอธิบายปัญหาที่นักเรียน กลุ่มอื่นสงสัย และแก้ปัญหาไม่ได้

2. การทำงานของครูมีความคล่องตัวมากขึ้น เพราะเมื่อแบ่งกลุ่มนักเรียนแล้ว แทนที่ครูจะต้องตอบปัญหานักเรียน 25-40 คนทั้งชั้น ก็กลายเป็นว่าครูตอบปัญหาของกลุ่มเพียง 4-5 กลุ่มเท่านั้น ปัญหาที่จะต้องมาถึงครูหรือที่ครูต้องอธิบายให้ฟังก็มักจะเป็นปัญหาที่กลุ่ม ช่วยกันตอบแล้วตอบไม่ได้เท่านั้น

3. บรรยากาศในการเรียนจะมีความเป็นกันเองมากขึ้นทำให้นักเรียนรู้สึกสบายใจ และไม่เคร่งเครียดเมื่อทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม

4. ช่วยแก้ปัญหามากกว่าแสดงออกของนักเรียนบางคน เพราะการทำงานร่วมกัน จะทำให้ทุกคนรู้สึกว่าตนมีความสำคัญต่อกลุ่มเท่าๆ กัน ความเชื่อมั่นในตนเองก็จะถูกกระตุ้น ให้เพิ่มมากขึ้น

ยิ่งขึ้น ความเชื่อมั่นในตนเองนี้จะเริ่มขึ้นภายในกลุ่มก่อน เพราะนักเรียนส่วนใหญ่จะเกิดความประหม่าน้อย หรือไม่มีเลยเมื่อเสนอปัญหาที่ข้องใจของเขาต่อกลุ่ม แต่จะประหม่ามาก ถ้าเสนอข้อข้องใจต่อนักเรียนทั้งชั้น

5. การเรียนเป็นกลุ่มจะช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับระเบียบวินัยของนักเรียน
6. การเรียนเป็นกลุ่มจะเสริมสร้างความสามัคคี การรู้จักรับผิดชอบหน้าที่ของตน
7. ฝึกให้นักเรียนเป็นผู้ที่กว้างขวางในการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งต่าง ๆ
8. ฝึกให้นักเรียนรู้จักการเสนอแนะและการซักถาม ตลอดจนส่งเสริมความคิดริเริ่ม

สร้างสรรค์ให้แก่ นักเรียนด้วย

2. ความคิดสร้างสรรค์ (Creative thinking)

2.1 ความหมาย

ความคิดสร้างสรรค์ เป็นกระบวนการทางปัญญาที่ใช้ความสามารถทางกระบวนการคิดระดับสูงหลายอย่างมารวมกันเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่ หรือแก้ปัญหาที่มีอยู่ให้ดีขึ้น (อุษณีย์ โพธิสุข. 2537) มีคุณลักษณะ 4 ประการได้แก่

1. ความคิดคล่องตัว (fluency) มีคำตอบตรงประเด็นคำถามได้มากในเวลาจำกัด
2. ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) คิดได้หลายทางไม่ยึดติดกับแนวคิดอันใดอันหนึ่ง
3. ความคิดแปลกใหม่ (originality) คิดแนวใหม่ไม่ซ้ำกับของเดิมที่คุ้นเคยอยู่แล้ว
4. ความคิดละเอียดลออ (elaboration) สามารถเห็นรายละเอียดหรือแง่มุมที่ คนอื่นคิดไม่ถึงหรือไม่ได้สังเกต

2.2 บรรยากาศที่เอื้อต่อการเกิดความคิดสร้างสรรค์

เป็นบรรยากาศที่เต็มไปด้วยการยอมรับ และการกระตุ้นให้แสดงความคิดเห็นอย่างมีอิสระ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของจิตวิทยาที่เอื้อต่อความคิดสร้างสรรค์มี 2 ประการ คือ

1. ความปลอดภัยทางจิต (psychological safety) ปลอดภัยจากการถูกเพ่งเล็งเยาะเย้ย เสียดสี ความคาดหวังในมาตรฐาน และการแข่งขัน
2. ความเป็นอิสระทางจิต (psychological freedom) ความผ่อนคลาย ความสนุก เป็นไปตามธรรมชาติ ไม่ฝืนความรู้สึก

ความคิดสร้างสรรค์ต้องมีเวลาที่ใช้คิด ถ้าเด็กพบกับปัญหาสร้างสรรค์ที่ยากพอเหมาะกับความสามารถของตนก็จะหาเวลามาศึกษาปัญหานั้นเอง ซึ่งจะรวมถึงการมีเวลาส่วนหนึ่งทำงานหนัก เพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ออกมา

จากการสรุปผลของการวิจัยของริดจ์และเรนซูลลี (Ridge and Renzulli. 1981) พบว่าเด็กที่มีความคิดสามารถพิเศษต้องการโอกาสในการสนทนาร่วมกันเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ เพื่อการพัฒนาความคิด การแก้ปัญหาในลักษณะกลุ่มช่วยให้เกิดความคิดสร้างสรรค์บ้างเล็กน้อย ถ้ามีแนวทางที่ดี เช่น การฟังและชื่นชม ยอมรับความคิดของผู้อื่น จะช่วยได้มากในด้านกำลังใจและความเข้าใจตนเอง

2.3 ความคิดสร้างสรรค์ในคณิตศาสตร์

ริดจ์ (Ridge. 1977) ได้รวบรวมแนวความคิดจากองรี ปวงคาเร (Henri Poincare) นักคณิตศาสตร์ยิ่งใหญ่ชาวฝรั่งเศสได้วิเคราะห์ว่า กุญแจสำคัญของความสามารถสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ขึ้นกับ สหสัญญาณ (intuition) ที่เห็นช่องทางแวบหนึ่งเกิดขึ้นได้โดยเลือกเอาแนวคิดที่เด่นชัดมาประกอบกันเข้าที่เข้าทาง แล้วเกิดเห็นเข้าใจโล่งตลอด มีแสงสว่างแห่งปัญญาเกิดขึ้น ซึ่งไอเคน (Aiken. 1973) เรียกลักษณะนี้ว่า เป็นขั้นสูงงอม (incubation) ซึ่งเป็นหนึ่งใน 3 ขั้น ขั้นสูงงอมนี้จะตามหลังขั้นเตรียมการ (preparation) หลังจากขั้นสูงงอมนี้จะป็นขั้นทำให้เด่นชัด (verification) ซึ่งประกอบด้วย การขัดเกลา หรือการใช้ความละเอียดลออเขียนบรรยาย ทางออกของปัญหาที่เห็นในใจออกมา

ปวงคาเร ได้วิเคราะห์ธรรมชาติทางสติปัญญาของนักคณิตศาสตร์ที่มีความคิดสร้างสรรค์ที่สามารถบรรลุความคิดขั้นสูงสุด ได้ลงความเห็นว่าความจำและแม่นยำในการคำนวณไม่ใช่สิ่งจำเป็นต่อการเรียนระดับสูง เด็กที่มีความสามารถด้านความจำและการคำนวณเหล่านี้ อาจพบภาวะชงักงัน (shock) เมื่อเรียนคณิตศาสตร์สูงขึ้น เพราะขาดสิ่งจำเป็น คือ ความคิดในระดับสูงรวมทั้งความสามารถในการให้เหตุผล แต่อย่างไรก็ตาม ในระดับชั้นมัธยมศึกษา ครูเทศก็มีความเห็นว่า ความจำมีความจำเป็นในการแก้ปัญหาแบบต่าง ๆ เช่น รูปแบบพื้นฐาน ของการให้เหตุผลและการพิสูจน์ เป็นเรื่องที่ควรจำเนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นนามธรรมต้องอาศัยเวลาพักตัว ในระดับมัธยมศึกษา นักเรียนอาจยังไม่แก่กล้าพอ จำเป็นต้องอาศัยความ จำเป็นส่วนหนึ่ง ต่อมาเมื่อได้ฝึกกระยะหนึ่งจนเกิดความพร้อมแล้ว จะมีความมั่นใจและศรัทธภาพพอจะแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้

ไมเคิล (Michael. 2005) ได้วิเคราะห์นักคณิตศาสตร์ที่จัดแยกเป็นพวก "มีความคิดสร้างสรรค์สูง" ปรากฏว่านักคณิตศาสตร์ที่มีความคิดสร้างสรรค์สูง กลับมีความเรียบง่ายและมีนิสัยการทำงานที่เป็นระบบต่ำกว่านักคณิตศาสตร์ปกติ แต่มีความมั่นใจและมีอึดยาม์ชอบคลุกคลีกับคณิตศาสตร์ มีความริเริ่มงานวิจัย มีความเป็นผู้นำด้านความคิดวิจารณ์ญาณสูงกว่านักคณิตศาสตร์ทั่วไปในสาขาวิชาเดียวกัน และที่น่าประหลาดใจ คือ มีแนวศิลปินสูงกว่าจนเห็นได้ชัด กล่าวคือ ชอบชอบการออกแบบที่ซับซ้อนและรูปที่ไม่สมมาตร

3. ความคิดวิจารณ์ญาณ (critical thinking)

3.1 ความหมาย

การคิดวิจารณ์ญาณ เป็นกระบวนการใช้ทักษะการคิดอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อช่วยให้บุคคล มีความสามารถประเมินและตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อหรือควรทำ (Costa. 1985 ; Ennis. 1985) ทักษะการคิดที่ได้กล่าวมาข้างต้นได้แก่ การเปรียบเทียบ การเปรียบเทียบข้อแตกต่าง (contrasting) การคาดเดา วิธีการอุปนัย การสรุปนัยทั่วไป (generalizing) การพิจารณากรณีเฉพาะ (specializing) การจำแนก (classifying) การจัดระบบพวก (categorizing) วิธีการนิรนัย การเล็งเห็น (visualizing) การหาทฤษฎีของลำดับ (sequencing) การเรียงลำดับเหตุการณ์ หรือ เหตุผล (ordering) การทำนายการปรับให้สมเหตุสมผล (validating) การพิสูจน์ การหาความสัมพันธ์ (relating) การวิเคราะห์ การประเมินผล และการหารูปแบบความหมายของคำเหล่านี้ มีปรากฏใน The Nature of Proof ของฟอเซท์ (Fawcett. 1938) ฟอเซท์ พบว่านักเรียนที่ใช้ความคิดวิจารณ์ญาณ มีพฤติกรรมดังนี้ 1) เลือกเฟ้นคำและวลีสำคัญที่ได้อ่านหรือฟังพร้อมถามความหมายหรือคำนิยาม อย่างระมัดระวัง 2) ก่อนจะยอมรับอะไร ต้องได้ข้อสรุปที่ชัดเจนรองรับก่อน 3) วิเคราะห์เหตุการณ์ได้ และแยกแยะระหว่างข้อเท็จจริงกับสมมุติฐานได้ 4) เล็งเห็นสมมุติฐานที่ใช้สรุปผลทั้งที่ใช้กล่าวอ้างประกอบและที่ละไว้ในฐานเข้าใจ 5) ประเมินความเชื่อถือของสมมุติฐาน (ในข้อ 4) รับสมมุติฐานไว้บ้างข้อ และทิ้งสมมุติฐานข้ออื่น 6) ประเมินความสมเหตุสมผลเพื่อรับหรือปฏิเสธข้อสรุป 7) มักจะตรวจสอบสมมุติฐานที่แฝงอยู่ในใจของตนเอง ตรวจสอบความเชื่อของตนเองสม่ำเสมอ

3.2 กระบวนการของความคิดวิจารณ์ญาณ ประกอบด้วย 1) เข้าใจสถานการณ์ 2) ให้ความสนใจกับพยานหลักฐานข้อมูลและสมมุติฐาน 3) คิดได้ไกลกว่าพยานหลักฐานข้อมูลหรือสมมุติฐาน 4) กล่าวถึงทางแก้หรือผลการตัดสินใจ การสรุปโดยมีข้อมูลอ้างอิง และ 5) สามารถใช้ผลสรุป ผลการตัดสินใจ และทางแก้ โดยไม่จำเป็นต้องลำดับก่อนหลัง

แดเนียลและคนอื่นๆ (Danail and others. 1984) และฮานาเดก (Hanadek. 1991) ศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางลักษณะสำคัญของความคิดวิจารณ์ญาณ ฮานาเดกได้รวบรวมลักษณะความคิดวิจารณ์ญาณไว้ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ปัญหา และกำหนดทางแก้ (มากกว่าการด่วนสรุป) 2) การใช้ความรู้เก่าในสถานการณ์ใหม่ 3) การใช้กระบวนการขจัดกรณี (method of elimination) ชี้เข้าสู่ข้อสรุป 4) เห็นความขัดแย้ง และความไม่คงเส้นคงวา 5) การให้เหตุผลแบบนิรนัย 6) ตัดสินใจได้ว่าข้อมูลมีเพียงพอต่อการตัดสินใจหรือไม่ 7) จำแนกได้ว่าการอ้างอิงเป็นไปได้ อาจเป็นไปได้หรือจำเป็นต้องเป็นไปตามนั้น 8) การให้เหตุผลแบบอุปนัย 9) เรียนรู้ว่าการแก้ปัญหาทำได้หลายทาง 10) สามารถหาจุดเริ่มต้นในลักษณะเข้าเคาของเหตุผลในปัญหาที่ดูเหมือนจะแก้ไม่ได้ 11) สามารถจัดข้อมูลให้ง่ายต่อการแก้ไข 12) เห็นแบบแผนการตรรกวิทยา 13) พิสูจน์โดยวิธีใช้ข้อขัดแย้ง 14) ตระหนักว่าปัญหาหนึ่ง ๆ อาจมีทางแก้หรือคำตอบมากกว่าหนึ่งคำตอบ 15) การให้เหตุผลแบบอุปมาอุปมัย 16) รู้จักลองวิธีอะไรบางอย่างในกรณีที่ตรรกวิทยาช่วยอะไรไม่ได้ในการหาทางแก้ถึงคำตอบ และ 17) ชั่งใจว่าสารสนเทศที่ได้ควรเชื่อหรือไม่

4. การแก้ปัญหา (Problem Solving)

4.1 ความหมาย

"ปัญหา" เป็นสถานการณ์ที่เราต้องแก้หรือหาทางออก แต่เรายังหาสิ่งที่เป็นทางออกหรือคำตอบของสถานการณ์ไม่ได้ เนื่องจากมีอุปสรรคขัดขวางปัญหาเราอยู่ "ผู้แก้ปัญหา" คือบุคคลที่มีปัญญาและรู้เป้าหมายที่ต้องบรรลุเพื่อแก้ปัญหานั้น ๆ แต่ยังไม่มีความรู้หรือวิธีการใดๆ อันจะนำเข้าสู่เป้าหมายนั้น สิ่งจำเป็นของลักษณะการแก้ปัญหา ต้องมีเป้าหมาย มีอุปสรรคและบุคคล โดยอุปสรรคขัดขวางปัญหาของบุคคล ซึ่งจะขัดขวางใครที่จะแก้ก็เป็นปัญหาของผู้นั้น (Reitman. 1965 ; Handerson and Pingry. 1952 ; Schoenfeld. 1988)

ความแตกต่างระหว่างคำ "ปัญหา (Problem)" "โจทย์ปัญหา (word problem)" และแบบฝึกหัด (exercise)" อธิบายได้ดังนี้ โจทย์ปัญหา เป็นโจทย์ที่มีข้อความ ไม่ใช่มีแต่สัญลักษณ์

ทางคณิตศาสตร์ แบบฝึกหัด มีทั้งโจทย์ปัญหา และโจทย์ที่มีแต่สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ทั้งสองอย่างอาจเป็นปัญหาสำหรับคนที่ไม่รู้ทางออก แต่ไม่เป็นปัญหาสำหรับผู้รู้คำตอบหรือรู้วิธีแก้

4.2 แนวคิดในการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาเป็นศิลปะคล้ายการว่ายน้ำ การเล่นสกี หรือเล่นเปียโน เราสามารถเรียนรู้จากการเลียนแบบและลงมือฝึก (Polya. 1957) อย่างไรก็ตามโพลยาเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาไว้ดังต่อไปนี้

1. การทำความเข้าใจปัญหา มิใช่แต่หาว่าอะไรเป็นตัวไม่ทราบ อะไรเป็นข้อมูล อะไรเป็นเงื่อนไขเท่านั้น ยังต้องดูต่อไปว่าเป็นไปได้หรือไม่ที่เงื่อนไขจะมีคำตอบ หรือเงื่อนไขที่กำหนดให้เพียงพอที่จะกำหนดค่าตัวไม่ทราบค่าหรือไม่ เพียงพอหรือมากเกินไปจนความจำเป็น หรือขัดแย้งกันเอง

2. การคิดหาแผนการแก้ปัญหา ดูว่าเคยพบปัญหานี้มาก่อนหรือไม่ พบปัญหาใกล้เคียงกับปัญหานี้หรือไม่ พบปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้ หรือดูว่ามีทฤษฎีทางใดนำมาใช้ประโยชน์ได้บ้าง ลองเขียนหรือพูดปัญหาอีกรูปแบบหนึ่ง กลับไปตรวจนิยาม ถ้ายังไม่เห็นช่องทาง ลองนึกถึงปัญหาที่ใกล้เคียงที่พอแก้ไขได้ นึกถึงปัญหาที่กว้างกว่า นึกถึงปัญหาที่เป็นกรณีเฉพาะกว่า นึกถึงปัญหาที่เทียบเคียงกัน หรือลองแก้ปัญหาบางส่วน แสวงหาข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อหาตัวไม่ทราบค่า และข้อมูลจะใกล้เคียงกันหรือไม่ นอกจากนี้อาจตรวจสอบดูว่าใช้ข้อมูลหมดแล้วหรือไม่ ใช้เงื่อนไขหมดแล้วหรือยัง เราได้ละเลยข้อสังเกตที่จำเป็นไปบ้างหรือไม่

3. การดำเนินการตามแผน การตรวจทุกขั้นตอนว่าถูกต้องหรือไม่ มั่นใจว่าถูกต้องหรือไม่

4. การตรวจตราย้อนกลับ ตรวจสอบสิ่งที่ได้ว่าเป็นคำตอบหรือไม่ ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อความ มีทางได้คำตอบอื่นหรือไม่ เหลือไปข้างหลังบ้างหรือไม่ นอกจากนี้ให้ดูผลงานและวิธีการเพื่อไว้สำหรับปัญหาอื่น ๆ ด้วย (Polya. 1957)

การแก้ปัญหามองอาศัยความสามารถและศักยภาพหลายอย่าง เช่น การทำความเข้าใจปัญหาต้องอาศัยความคิดวิจารณ์ญาณ การคิดแผนแก้ปัญหาต้องอาศัยการวิเคราะห์ สังเคราะห์ (ซึ่งเป็นความสามารถค่อนข้างสูง ในทฤษฎีพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ของบลูม) และกระบวนการอุปมาอุปไมย ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ อันได้แก่ ความคล่อง ความคิดหลายทาง ความคิดริเริ่ม และมีความละเอียดลออในการตรวจสอบว่าใช้ข้อมูลเงื่อนไขหมดหรือไม่ มีแง่มุมใดบ้างที่มองข้ามไป

นอกจากนี้ขั้นการตรวจตราย้อนกลับต้องใช้ความคิดวิจารณ์ญาณ ดูความสมเหตุสมผลและผลของคำตอบที่ได้ เราจึงเห็นได้ว่าความสามารถในการแก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ ความคิดวิจารณ์ญาณ และความคิดระดับสูงอย่างแยกกันไม่ออก

อนึ่งยุทธวิธีในการวางแผนแก้ปัญหาเป็นศิลปะเรียนรู้ได้โดยการฝึกฝน อาจสำเร็จได้ด้วยยุทธวิธีต่าง ๆ พอจะรวบรวมได้ เช่น การทดลองกับตัวอย่างง่ายๆ การสร้างตาราง การเขียนแผนภาพหรือรูปภาพหรือสร้างโมเดล การหารูปแบบและตั้งกฎทั่วไป การเดาและตรวจสอบ ลงมือทดลองวิธีการเพื่อดูผล การกล่าวถึงปัญหาในรูปแบบใหม่ โดยเฉพาะรูปแบบที่เรารู้จัก การให้ความสนใจทุกกรณีที่เป็นไปได้ และการเปลี่ยนมุมมองใหม่ เป็นต้น

โดยการหยาบยกปัญหา ได้แก่ การตั้งคำถาม "อะไรจะเกิด...ถ้าไม่..." เช่น หลังจากที่ทราบทฤษฎีหรือกฎ ให้นักเรียนแจกแจงลักษณะข้อปัญหาเป็นส่วนๆ และครุถามขึ้นว่า ถ้าลักษณะบางส่วนหรือทั้งหมดไม่จริงผลจะเป็นอย่างไร ซึ่งแนวทางนี้นำไปใช้กับกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ได้

จากแนวคิดนี้ วิลสัน เฟอร์นันเดซ และฮาดาเว (Wilson, Fernandez and Hadaway. 1993) ได้นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบอย่างจริงจังพบว่า ในการแก้ปัญหาจริงมิได้มีขั้นตอนแบบเชิงเส้น ในการแก้ปัญหานักเรียนอาจเริ่มจากทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา แล้วไปขึ้นวางแผน หากยังไม่เข้าใจปัญหาดี อาจย้อนกลับมาที่ขึ้นทำความเข้าใจปัญหาอีก แนวคิดด้านการแก้ปัญหาพลวัตนี้เริ่มที่มหาวิทยาลัยจอร์เจีย และเป็นที่สนใจค้นคว้าวิจัยมาถึงปัจจุบันนี้

จากการวิจัยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาจากปี 1985-1993 มีความพยายามหาเทคนิคการสอนเพิ่มสมรรถภาพการแก้ปัญหา แต่กระจัดกระจายยังไม่มี ความชัดพอที่จะสรุป อะไรได้ แต่อย่างไรก็ตามมีแนวคิดที่น่าสนใจจากหนังสือบทความและงานวิจัย เช่น การระดมความคิด (brainstorming) มีอานิสงส์ คือ ให้นักเรียนยึดติดกับความคิดเดิมเมื่อพบปัญหาครั้งแรก แต่ควรมีครูเสนอแนะคำถามเพื่อให้บรรยากาศ การสืบสวน ความรู้ดำเนินต่อไป ซึ่งดีกว่านักเรียนพูดกันเอง (Dufner and Alexander. 1987) และควรหลีกเลี่ยงการวิพากษ์วิจารณ์กันเอง การคิดเกี่ยวกับความคิด (thinking about thinking หรือ meta cognitive) นักเรียนได้ตรวจความเห็นและประเมินความคิดของตนเอง เช่น ความคิดเข้าที่หรือไม่มีจุดอ่อนหรือไม่ ถ้าเอียงตามรูปหรือไม่ ต่อไปต้องระวังอะไร ได้สำรวจตัวเองระหว่างอยู่ในสถานการณ์ปัญหา ครูมีส่วนช่วยโดยสอดแทรกคำถามต่อไปนี้ เมื่อจำเป็น ฉันทกำลังทำอะไรอยู่แน่ ทำไมฉันททำอย่างนี้ ทำไปเพื่ออะไร มันช่วยได้จริงหรือ (Schoenfeld. 1986) และควรช่วยให้เด็กรู้จักใช้พฤติกรรมต่อไปนี้ 1) พฤติกรรมการพิจารณาธรรมชาติของสิ่งที่

กำหนดให้และเป้าหมาย 2) พฤติกรรมการจัดระเบียบ ช่วยให้อ่างแผนและหาทางเชื่อมโยงไปสู่เป้าหมาย 3) พฤติกรรมการดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) พฤติกรรมการตรวจสอบ การแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม (group problem solving) ให้นักเรียนมีการประเมิน และฟังกัน ช่วยให้พบข้อผิดพลาดตกหล่นของตน จะได้แนวคิดหลากหลายและช่วยพัฒนาแนวคิดการประเมินตนเอง (Vygotsky. 1978 ; Wretch. 1980) การหยิบยกปัญหา (problem posing) เป็นการคิดไกลไปถึงปัญหาอื่นโดย เปลี่ยนเงื่อนไขปัญหา ปัจจุบันมีเทคนิคคือตั้งคำถามว่า "อะไรจะเกิด ถ้า...ไม่..." แนวคิดดังกล่าวข้างต้นจะช่วยให้ผู้รอบรู้รู้สึกถึงการเชื่อมโยงได้สะดวกขึ้น (Brown and Walter. 1983) มีบันทึกพฤติกรรมการแก้ปัญหาของคนแต่ละคน นำเสนอในห้องโดยมีตัวอย่างการแก้ปัญหาในสมุดบันทึก (Wilson and others. 1993) และเล่าให้เพื่อนฟัง (Bell and Bell. 1985) การให้เด็กอธิบายตัวปัญหาให้เพื่อนฟัง เป็นการบังคับเด็กกลายๆ ให้พยายามทำความเข้าใจ จัดข้อมูลที่ไม่ชัดเจน ฝึกหาสิ่งที่รู้แล้วและยังไม่รู้ และการฝึกการจัดระบบข้อมูล และรูปแบบบันไดเวียนของการคิด (The spiral model of thinking) ซีฟเวอร์ (Sheive. 1990) ได้เสนอรูปแบบบันไดเวียนของการคิด สำหรับช่วยพัฒนาความสามารถระดับสูงทางสมอง ได้แก่ การตัดสินใจ การประเมินค่าความคิดเชิงวิจารณ์ญาณและ การแก้ปัญหา โดยมีแนวคิดที่ว่า ควรสร้างพื้นฐานผ่านตัวอย่างรูปธรรมก่อนเก็บเป็นประสบการณ์ และใช้การถ่ายโยงการเรียนรู้กับความรู้ที่มีอยู่ ทำให้ได้ความคิดเชิงนามธรรมที่ซับซ้อนขึ้น โดยมีแนวคิดว่าการพัฒนาความสามารถนี้ควรเป็นธรรมชาติที่ต้องค่อยเป็นค่อยไป

4.3 การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (creative problem solving)

เป็นรูปแบบการแก้ปัญหาโดยวิธีที่วางโครงสร้างไว้อย่างดี มีความมุ่งหมายให้บุคคลสามารถแก้ปัญหาย่างยาก โดยมีทางออกในรูปแบบใหม่และมีประสิทธิภาพ ทั้งช่วยขยายพฤติกรรมสร้างสรรค์ของบุคคลนั้นๆ รูปแบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มีสภาพดังนี้ การสังเกตและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Fact-finding) ทำความเข้าใจปัญหาโดยแสดงออกในรูปแบบที่แก้ปัญหาได้ (Problem-finding) รวบรวมความคิดเกี่ยวกับแผนการแก้ปัญหาหรือทางออกเป็นข้อๆ (Idea-finding) การค้นหาทางออกที่ดีซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่วางไว้และมีศักยภาพพอที่จะแก้ (Solution-finding) และวางแผนวิธีนำเสนอเพื่อการยอมรับแผนไปใช้ (Acceptance-finding)

รูปแบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์นี้ดัดแปลงไปใช้ได้หลายอย่างทั้งกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และแนวทางแก้ปัญหาในอนาคต ซึ่งอาศัยการระดมพลังสมองและเทคนิคที่ทำให้คนยอมรับแผนนั้น พาร์น (Parnes. 1978) ได้ใช้แนวคิดแก้ปัญหาสร้างสรรค์นี้มาใช้ในโรงเรียน

หลายแห่งในปี 1972-1983 โดยปรับปรุงเป็นกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Osborn-Parnes Creative Problem Solving) โดยเพิ่มการแก้ปัญหาที่ใช้ยุทธวิธีหลายอย่าง โดยจุดมุ่งหมายของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในหลักสูตรการแก้ปัญหาของอนาคต (The Future Problem Solving) โดยพอลและทอแรนซ์ (Crabbe. 1982 ; Paul and Torrance. 1978) มีดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาสภาพการเรียนการสอนให้เห็นภาพในอนาคตมากขึ้น 2) ให้มีการคิดชนิดสร้างสรรค์มากขึ้น 3) พัฒนาและเพิ่มทักษะในการสื่อสารทั้งวาจาและการเขียน 4) พัฒนาและเพิ่มทักษะในการทำงานเป็นคณะ 5) ให้นำแบบการแก้ปัญหาไปใช้กลมกลืนกับการดำรงชีวิต และ 6) พัฒนาและเพิ่มทักษะการวิจัย

สิ่งที่น่าสนใจอีกหลายประการของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ ทักษะการทำนายและการวางแผน ทักษะการวิจัย ทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการสร้างนวัตกรรม ซึ่งที่กล่าวมานี้ผู้เรียนและผู้สอนต้องมีความรู้เป็นพื้นฐานในการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (พิชากร แปลงประสพโชค. 2540 : 14-26)

3.5.3 บทบาทของครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์

ในการทำโครงการคณิตศาสตร์นั้นเป็นกิจกรรมคณิตศาสตร์ประเภทหนึ่งที่นักเรียนเป็นผู้ลงมือดำเนินงานทั้งหมด โดยมีครูที่ปรึกษาโครงการเป็นผู้ให้คำแนะนำ ช่วยกระตุ้น ความสนใจและเสริมกำลังใจแก่นักเรียนในระหว่างทำโครงการ ซึ่งได้มีนักการศึกษาหลายท่านกล่าวถึงบทบาทของครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2530 : 56 - 58) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์ตามการปฏิบัติงานของนักเรียนเป็น 3 ระยะ ดังนี้

1. ระยะเริ่มต้น เรื่องที่ยากที่สุดในการทำโครงการคณิตศาสตร์ คือ การเลือกหัวข้อหรือปัญหาที่จะศึกษา เพราะจะต้องเป็นเรื่องที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน และมีแนวทางที่จะหาคำตอบได้ ประสบการณ์ของนักเรียนจะช่วยให้เกิดแนวคิดและเกิดความคิดสร้างสรรค์ขึ้นได้ ฉะนั้นระยะเริ่มต้นจึงเป็นระยะสำคัญ ซึ่งครูที่ปรึกษาจะต้องให้ความช่วยเหลือเป็นพิเศษ โดยอาจทำได้ดังนี้

1.1 กระตุ้นหรือเร้าความสนใจของนักเรียนเกี่ยวกับการทำโครงการคณิตศาสตร์

1.2 แนะนำวิธีทำโครงการและเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา

1.3 จัดเอกสารและแนะนำแหล่งค้นคว้าเพื่อให้นักเรียนสำรวจความสนใจ และศึกษาเพิ่มเติม

1.4 จัดให้มีบรรยายโดยวิทยากรในเรื่องที่นักเรียนสนใจหรือจัดศึกษานอกสถานที่

1.5 ช่วยแนะนำในการวางแผนโครงการย่อและการวางแผนการทำงาน

1.6 ให้คำปรึกษาและดูความเป็นไปได้ของเค้าโครงย่อของโครงการงาน

2. ระยะเวลาที่นักเรียนทำโครงการงาน เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่จะต้องทำโครงการงาน คณิตศาสตร์นอกเวลาเรียนปกติ และมักใช้เวลาทำงานตามใจชอบ นอกจากจัดชั่วโมงกิจกรรมไว้ใน เวลาเรียนปกติ ดังนั้นเวลาจึงเป็นเรื่องสำคัญเรื่องหนึ่งที่ครูที่ปรึกษาจะต้องควบคุม และเมื่อตรวจแก้ เค้าโครงย่อของโครงการงานแล้ว ครูที่ปรึกษาโครงการงานควรปฏิบัติในหัวข้อต่อไปนี้

2.1 ติดตามความก้าวหน้าในการทำงานของนักเรียน โดยดูจากแผนการทำงาน และควรฝึกให้นักเรียนหาสมุดเฉพาะสำหรับจดบันทึกข้อมูลประจำวันไว้

2.2 ให้ความช่วยเหลือทางด้านวิชาการและปฏิบัติการเมื่อนักเรียนมีปัญหา ซึ่งบางครั้งอาจจะต้องติดต่อขอความช่วยเหลือจากอาจารย์มหาวิทยาลัย หรือผู้ทรงคุณวุฒิจาก หน่วยงานอื่น

2.3 จัดให้นักเรียนได้พบปะและรวมกลุ่มเพื่อรายงานปากเปล่า โดยมีครูที่ ปรึกษาร่วมอยู่ด้วย ซึ่งจะเป็นวิธีหนึ่งในการช่วยแก้ปัญหาซึ่งกันและกัน

2.4 ให้กำลังใจแก่นักเรียนมิให้ท้อถอย เมื่อผลการดำเนินงานไม่เป็นไปตาม ความคาดหวังซึ่งอาจจะต้องมีการตั้งต้นทำใหม่หรือทำซ้ำและควรกระตุ้นให้นักเรียนทำโครงการงานจน สำเร็จครบทุกขั้นตอน

3. ระยะเวลาสิ้นสุดการทำโครงการงาน หัวข้อหรือปัญหาที่นักเรียนเลือกทำโครงการงานอาจมี ความยากง่ายต่างกัน แต่ก็คงอยู่ในดุลยพินิจของครูที่ปรึกษาโครงการงาน ซึ่งได้พิจารณาถึงความเป็นไปได้ ตั้งแต่ระยะเริ่มต้นแล้ว นอกจากนี้การได้วางแผนขั้นตอนการทำงานจะช่วยได้อย่างมาก เพราะในการ ทำโครงการงานมักจะมีปัญหาที่ไม่คาดคิดเกิดขึ้นเสมอ นักเรียนทำการทดลองเพื่อรวบรวม ข้อมูลหลายๆ ครั้งก่อนที่จะแปลผลและลงข้อสรุป แล้วจึงจะเขียนรายงาน ฉะนั้นในช่วงนี้ครูที่ปรึกษา โครงการงานอาจ ให้ข้อแนะนำช่วยเหลือดังนี้

3.1 จัดเวลาให้นักเรียนได้พบเพื่อเสนอผลงานก่อนที่จะเขียนรายงาน

3.2 ตรวจสอบขั้นตอนในการเขียนรายงาน เพื่อให้เป็นไปตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์และดูการใช้ภาษาเพื่อสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน

3.3 ครูที่ปรึกษาโครงการงานทำการประเมินผล ให้กำลังใจนักเรียนในความอุตสาหะทำงานจนเป็นผลสำเร็จ และคัดเลือกโครงการงานไว้แสดงในกรณีที่จะมีนิทรรศการ หรือการจัดแสดงโครงการงานคณิตศาสตร์ของโรงเรียน สมาคม หรือหน่วยงานต่าง ๆ

3.4 การติดตามผล ซึ่งครูที่ปรึกษาอาจส่งเสริมโครงการงานที่น่าสนใจเป็นพิเศษ โดยให้นักเรียนทำต่อเพื่อเพิ่มพูนทักษะในการค้นคว้าต่อไปหรือโครงการงานที่ยังทำไม่สมบูรณ์ ก็ควรนำมาปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมให้เสร็จ

3.5 ในแต่ละปีการศึกษา ควรมีการรวบรวมรายชื่อรายงานโครงการงานคณิตศาสตร์ของนักเรียนไว้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำโครงการงานในปีต่อ ๆ ไป

สุพล วังสินธุ์ (2543 : 13-14) กล่าวว่า ในทุกขั้นตอนของการจัดกิจกรรมโครงการงาน ครู จะต้องมีกิจกรรมสนับสนุนให้นักเรียนได้มีส่วนร่วม โดยกำหนดให้มีกิจกรรมสำรวจความสนใจของตนเองเพื่อ 1) ชักชวนจัดกิจกรรมให้มีการศึกษาสภาพแวดล้อมรอบตัวหรือชุมชน เพื่อจุดประกายความสงสัยใคร่รู้ให้กับนักเรียนไปสู่แรงจูงใจที่อยากจะศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งในเชิงลึก 2) ใช้คำถามเชื่อมโยงกับข่าว เหตุการณ์หรือปัญหาจากชุมชน กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการอยากติดตาม 3) ใช้คำถามเชื่อมโยงกับบทเรียน เช่น “มีเรื่องอะไรอีกที่นักเรียนต้องการรู้” 4) ใช้สื่ออื่น ๆ เช่นภาพนิ่ง ป้ายนิเทศ วิดีทัศน์ และสื่อที่ใช้ควรทิ้งปัญหาให้นักเรียนคิดที่จะศึกษาต่อ 5) ช่วยเหลือนักเรียนให้สามารถเลือกรื่อง/ปัญหา/ประเด็นที่ตนสนใจใคร่รู้เพิ่มมากขึ้น เพื่อจะทำโครงการงาน 6) ร่วมกับนักเรียนวางแผนกำหนดเรื่องโดยร่วมคิดหาความเชื่อมโยงโดยใช้เครือข่ายเเื่องมุ่ม (World Wide Web: WWW.) 7) ใช้คำถามให้นักเรียนคิดถึงความต้องการหรือประเด็นที่ต้องการศึกษาเรื่องที่เลือกได้ 8) วิเคราะห์ความเป็นไปได้ของจุดประสงค์ของผู้เรียนที่เลือกโครงการงานนั้น ๆ แล้วให้แสดงความคิดเห็นข้อเสนอแนะให้คิดอย่างรอบคอบ 9) ใช้คำถามกระตุ้นให้คาดเดาคำตอบล่วงหน้า เช่น “นักเรียนคิดว่าจะเป็นเช่นไร” หรือ “นักเรียนคิดว่าจะมีผลต่อชุมชนอย่างไร” โดยครูเป็นผู้ให้กำลังใจเพื่อให้นักเรียนได้คิดอย่างรอบคอบและมั่นใจในคำตอบที่คาดคะเน 10) กระตุ้น ส่งเสริมและให้คำปรึกษาในการคิดด้วยวิธีการคิดที่หลากหลาย เลือกวิธีการศึกษาที่สามารถทำได้ เลือกแหล่งข้อมูลที่เหมาะสมและจัดทำเค้าโครงของโครงการงาน ตลอดทั้งประสานงานเพื่ออำนวยความสะดวกและดูแลความปลอดภัยในการศึกษาตามขั้นตอนของโครงการงาน 11) ให้ความช่วยเหลือเมื่อต้องการ และให้คำแนะนำในกรณีที่นักเรียนมี

การศึกษาที่ กว้างขวาง เช่น อาจแนะนำแหล่งความรู้เพิ่มเติมตลอดทั้งจัดเวทีให้มีการแลกเปลี่ยน ความรู้ร่วมกันเป็นระยะ และ12) ให้คำปรึกษาในการเลือกวิธีการนำเสนอและจัดบรรยากาศในการ นำเสนอตลอดทั้งให้การเสริมแรง

เยาวพา เดเซคูปต์ (2544 : 10-11) กล่าวถึงบทบาทของครูในการช่วยนักเรียนใน การจัดทำโครงการไว้ดังนี้ 1) ร่วมวางแผนกับนักเรียนในการคิดหัวข้อการจัดทำโครงการตามความ สนใจและเป็นที่ปรึกษาแก่นักเรียนและผู้ปกครอง 2) จัดสภาพแวดล้อมและประสบการณ์เพิ่มเติม ให้แก่นักเรียน เช่น การเยี่ยมชมการทดลอง การพาไปทัศนศึกษา การปฏิบัติจริง ค้นคว้าจากห้องสมุด ศึกษาจากของจริงหรือ อินเทอร์เน็ต สัมภาษณ์ผู้รู้ เป็นต้น 3) จัดหาผู้ปกครองอาสาเพื่อทำหน้าที่เป็น Tutor ให้กับนักเรียน 4) แนะนำพ่อแม่ ผู้ปกครอง ในการจัดทำโครงการที่บ้าน 5) ให้นักเรียนนำเสนอ ความก้าวหน้าของงานเป็นระยะ 6) ให้นักเรียนนำเสนอโครงการที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว 7) จัดนิทรรศการ ร่วมกับนักเรียน และ8) มีส่วนร่วมกับนักเรียนในการประเมินโครงการ

อัลลิ่งเจอร์และคณะ (Allinger and others, 1998 : 8) ได้กล่าวถึงบทบาทของ ครูผู้สอนทำโครงการไว้ดังนี้ 1) กระตุ้นส่งเสริมให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นอยากทำโครงการ 2) ให้แนวคิดกว้าง ๆ และให้คำแนะนำที่เหมาะสมในการทำโครงการ 3) ขอความช่วยเหลือจากเจ้าหน้าที่ ห้องสมุดในการให้บริการค้นคว้าทางอินเทอร์เน็ต 4) ครูอาจแนะนำแหล่งอื่น ๆ เช่น หนังสือ วารสาร จุลสาร 5) อาจช่วยนักเรียนเลือกหัวข้อเรื่องและทบทวนเกณฑ์ต่าง ๆ ก่อนที่จะเริ่มโครงการ ซึ่งควร เป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจจริง ๆ และอยู่ในกรอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และ6) ไม่ จำเป็นต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องที่นักเรียนเลือกทำ ครูเป็นเพียงผู้แนะแนว ช่วยเหลือในทุกด้าน เช่น การให้กำลังใจ การดูแลการจัดทำรายงานให้สมบูรณ์และถูกต้อง และเตรียมการจัดการและแสดงผล งาน

บุรุษย์ ศิริมหาสาคร (2553 : 122-172) กล่าวถึงหน้าที่ของครูที่ปรึกษาโครงการไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อโครงการและการวางแผนทำโครงการ

เมื่อนักเรียนได้หัวข้อโครงการและมีครูที่ปรึกษาแล้ว อาจมีอาจารย์หรือบุคคลภายนอกที่มีความเชี่ยวชาญเป็นพิเศษในเรื่องนั้น ๆ โดยหลักการแล้วควรมีครูที่ปรึกษา 1-3 ท่านต่อ 1 โครงการ ซึ่งครูที่ปรึกษาควรปฏิบัติดังนี้

1. พิจารณาความเป็นไปได้ในหัวข้อเรื่อง โดยให้ผู้เรียนได้ทดลองทำก่อนลงมือ

ปฏิบัติจริง (Pre-Lab) ถ้าทดลองแล้วผู้เรียนทำไม่ได้ ควรแนะนำให้ผู้เรียนเปลี่ยนหัวข้อเรื่องหรือปรับเปลี่ยนวิธีการศึกษาใหม่

2. ช่วยเสนอแนะเพื่อขยายขอบเขตการศึกษาให้มีความสมบูรณ์โดยเฉพาะผู้เรียนระดับชั้นประถมศึกษา ซึ่งยังด้อยประสบการณ์ถ้าเค้าโครงที่เขียนมีขอบเขตแคบไป ให้ผู้เรียนขยายขอบเขตให้กว้างขึ้น และถ้าผู้เรียนเขียนเค้าโครงกว้างไป ก็เสนอแนะให้มีขอบเขตเฉพาะเรื่อง โดยใช้คำถามนำแทนการบอกโดยตรง เพื่อให้ผู้เรียนคิดด้วยตนเอง

3. แนะนำเอกสารและแหล่งค้นคว้าที่อยู่ใกล้ตัว คือ หนังสือเรียนที่เคยเรียนมาแล้วที่กำลังเรียนอยู่ในปัจจุบัน รวมทั้งหนังสือเสริมบทเรียนอื่น ๆ ในห้องสมุดของโรงเรียน ก่อนที่จะไปค้นคว้าที่อื่น เพื่อฝึกแสวงหาความรู้จากสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวให้แก่ผู้เรียน ในกรณีที่ห้องสมุดโรงเรียนมีเอกสารไม่เพียงพอต่อการทำโครงการ ครูที่ปรึกษาอาจพาผู้เรียนไปห้องสมุดของหน่วยงานอื่น หรือครูที่ปรึกษาเป็นผู้ค้นคว้าแล้วถ่ายเอกสารมาให้ผู้เรียน

4. เสนอแนะวิธีการวางแผนและการเขียนโครงร่างของโครงการซึ่งการวางแผนโครงการทดลองและสิ่งประดิษฐ์นั้นผู้เรียนต้องกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ถ้าเป็นโครงการประเภทสำรวจหรือประเภททฤษฎีไม่ต้องกำหนดตัวแปร ซึ่งครูที่ปรึกษาอาจนำตัวอย่างโครงร่างของโครงการประเภทต่าง ๆ มาให้ผู้เรียนได้ศึกษาเป็นแนวทาง

5. ตรวจสอบโครงร่างของโครงการในประเด็นสำคัญ ดังนี้

5.1 จุดมุ่งหมายเขียนได้ถูกต้องสอดคล้องกับเรื่องที่ทำการศึกษาหรือไม่

5.2 การวางแผนการศึกษา ในกรณีของโครงการทดลองหรือโครงการ

สิ่งประดิษฐ์ ควรพิจารณาเกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ ดังนี้ 1) มีตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมหรือไม่ 2) ตัวแปรที่กำหนดนั้นเหมาะสมหรือไม่ 3) ตัวแปรตามสามารถสังเกตหรือวัดได้หรือไม่ 4) เครื่องมือที่ใช้วัดเหมาะสมและสอดคล้องกับสิ่งที่วัดมากน้อยเพียงใด 5) การกำหนดตัวแปรควบคุมครบถ้วนหรือไม่ 6) ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาเหมาะสมหรือไม่ และ 7) การออกแบบตารางบันทึกผลการศึกษาชัดเจนมากน้อยเพียงใด

จากรายละเอียดดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น หากครูปรึกษาพิจารณาแล้วเห็นว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของโครงร่างที่ผู้เรียนเสนอมานั้นไม่เหมาะสม ให้ปรับปรุงแก้ไขโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนได้พิจารณาถึงสิ่งที่มองข้ามไปแทนการบอกให้ทำตาม เพื่อปลูกฝังให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการวางแผนต่อไป

ขั้นที่ 2 การปฏิบัติการโครงการ

เมื่อผู้เรียนนำเสนอโครงร่างของโครงการ และผ่านการแก้ไขเรียบร้อยแล้ว อาจารย์ที่ปรึกษาควรปฏิบัติดังนี้

1. จัดสถานที่สำหรับทำโครงการ และจัดหาเครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการทำโครงการให้แก่ผู้เรียน ถ้าเป็นเครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ใช้ในโรงเรียน ครูที่ปรึกษาควรมีเครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ต้องการใช้แล้วให้ผู้เรียนที่ทำโครงการเป็นผู้รับผิดชอบ ถ้าเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ไม่มีในโรงเรียน ครูที่ปรึกษาควรจัดหาและยืมจากแหล่งอื่น ในบางครั้งต้องมีการตัดแปลงเครื่องมือที่มีอยู่ในโรงเรียนนำมาใช้ทำโครงการ ครูที่ปรึกษาต้องให้คำแนะนำ และร่วมมือกับผู้เรียนในการจัดหาเครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้พร้อมก่อนที่จะดำเนินการทดลอง

2. ติดตามการปฏิบัติงานของผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากการทำโครงการของผู้เรียนส่วนใหญ่จะทำนอกเวลาเรียน เช่น ตอนเย็นหลังเลิกเรียน ช่วงปิดภาคเรียน หรือในวันหยุด ดังนั้นการเป็นที่ปรึกษาต้องมีเวลาคอยควบคุมดูแลการทำโครงการของผู้เรียน ถ้าครูที่ปรึกษามีเวลามากพอก็สามารถดูแลผู้เรียนในขณะที่ลงมือปฏิบัติจริง แต่ถ้าครูที่ปรึกษามีเวลาน้อยก็ใช้วิธีการติดตามผล โดยให้ผู้เรียนเสนอผลการศึกษาเป็นระยะ ๆ ต่อครูที่ปรึกษาอย่างน้อยสัปดาห์ละหนึ่งครั้งเพื่อดูความก้าวหน้าของโครงการ ถ้ามีปัญหาครูที่ปรึกษาจะได้ทราบและช่วยเหลือผู้เรียนและหาทางแก้ไข

3. ให้กำลังใจแก่ผู้เรียน ระหว่างที่ผู้เรียนทำโครงการอาจประสบปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ และอาจทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่าย ท้อถอย ครูที่ปรึกษาต้องเสริมสร้างกำลังใจให้แก่ผู้เรียน เช่น การดูแลอย่างใกล้ชิดขณะที่ผู้เรียนทำโครงการ เมื่อพบปัญหาก็แก้ไขได้ทันที่ ทำให้ผู้เรียนมีกำลังใจที่จะทำโครงการต่อไป

ขั้นที่ 3 การเขียนรายงานโครงการ

เมื่อผู้เรียนนำผลการศึกษามานำเสนอ อาจารย์ที่ปรึกษาควรปฏิบัติดังนี้

1. แนะนำวิธีจัดกระทำกับข้อมูล เช่น การออกแบบตารางการบันทึกข้อมูลในตาราง การนำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ย การแปลความหมายข้อมูล เป็นต้น

2. เสนอแนะวิธีการเขียนรายงานโครงการให้แก่ผู้เรียน โดยมีตัวอย่างรายงานโครงการให้ผู้เรียนประกอบการศึกษา

3. ตรวจสอบรายงานโครงการพร้อมกับแก้ไข ซึ่งการเขียนรายงานโครงการของผู้เรียน

นั้นอาจต้องแก้ไขมาก โดยเฉพาะผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่ครูที่ปรึกษาควรให้ผู้เรียนเขียนรายงานโครงการเพื่อให้ผู้เรียนได้ประสบการณ์ หลังจากนั้นอาจารย์ที่ปรึกษาก็ตรวจแก้ไข ข้อควรระวังอย่างยิ่งคือ ไม่ควรให้ผู้เรียนเสียเวลากับการเขียนรายงานโครงการมากนัก เพราะจะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่าย ควรแก้ไขเฉพาะความสมบูรณ์ การใช้ภาษาที่ถูกต้องชัดเจน และขั้นตอนถูกต้องตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น ส่วนเรื่องของสำนวนภาษาอาจไม่ถูกใจครูที่ปรึกษา แต่ถ้าอ่านแล้วเข้าใจสามารถสื่อความหมายได้ ครูผู้สอนก็ควรอนุโลม เพราะจุดเน้นของการทำโครงการ โดยเฉพาะผู้เรียนระดับประถมศึกษาจะเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากกว่าเอกสารรายงานโครงการ

ขั้นที่ 4 การนำเสนอโครงการ

หน้าที่ของครูที่ปรึกษากับการทำโครงการในขั้นการนำเสนอโครงการ ได้แก่ ดูแลความเรียบร้อยในการติดตั้งแผงอุปกรณ์ สร้างความมั่นใจให้แก่ผู้เรียน โดยอาจให้ผู้เรียนซักซ้อมการอธิบายโครงการก่อนการแสดงต่อหน้าผู้ชม หรือคณะกรรมการตัดสินโครงการ และให้กำลังใจผู้เรียน ในขณะที่ผู้เรียนนำเสนอโครงการโดยคอยดูอยู่ห่างๆ

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า ในทุกขั้นตอนของการจัดกิจกรรมโครงการบทบาทของครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์ คือเป็นผู้คอยกระตุ้นนักเรียนให้มีความสนใจที่จะทำโครงการ โดยการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ที่ช่วยให้ นักเรียนได้เผชิญกับปัญหาหรือสร้างแรงบันดาลใจในการทำโครงการให้แก่ผู้เรียน พิจารณาความเป็นไปได้ในหัวข้อเรื่อง ชี้แนะแหล่งความรู้ใกล้ตัว เสนอแนะวิธีการวางแผนและการเขียนโครงร่างของโครงการ แนะนำแนวทาง ให้คำปรึกษา จัดหาเครื่องมือ อุปกรณ์ ต่างๆ ที่จำเป็นต่อการทำโครงการให้แก่ผู้เรียน อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ติดตามการปฏิบัติงานของผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอ แนะนำวิธีจัดการกระทำกับข้อมูล เสนอแนะวิธีการเขียนรายงานโครงการให้แก่ผู้เรียน ตรวจรายงานโครงการพร้อมกับแก้ไข ประเมินผลงานและจัดกิจกรรมเพื่อให้ นักเรียนได้แสดงผลงาน สร้างความมั่นใจให้แก่ผู้เรียนในการนำเสนอผลงาน รวมถึงการให้กำลังใจและช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงการคณิตศาสตร์

3.6 การประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์

การประเมินผลโครงการเป็นกิจกรรมที่จำเป็นและมีความสำคัญในกระบวนการจัดแสดงโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่ง ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (ม.ป.ป. : 15-18) ได้เสนอแนวทางในการประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์ โดยใช้หลักเกณฑ์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี, สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, ซีระชัย บูรณ์โชติ, จิรพรรณ แสงหล้า และ คอลเลตต์ (Collette) แต่ปรับปรุงรายละเอียดแต่ละด้านเพื่อให้เหมาะสม กับสภาพ ของโรงเรียนและอาจารย์ผู้สอน โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณา 5 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ความเข้าใจ ในเรื่องที่ทำ 2) การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้การแก้ปัญหาทางการศึกษา 3) ความคิดสร้างสรรค์ 4) การเขียนรายงาน และ 5) การจัดแสดงโครงการและการอภิปรายปากเปล่า

จากหัวข้อเหล่านี้ กำหนดให้แต่ละด้านมีคะแนนเต็มเท่าๆ กันคือ 5 คะแนน รวม คะแนนเต็ม ทั้งหมด (5 ด้าน) 25 คะแนน มีการแบ่งเป็น 5 ระดับ คะแนนแต่ละระดับมี 1 ช่วงคะแนน และมีการ ตีความหมายผลงานเป็น 5 ระดับ ดังนี้ 1 หมายถึง ต้องปรับปรุง 2 หมายถึง พอใช้ 3 หมายถึง ดี 4 หมายถึง ดีมาก 5 หมายถึง ดีเยี่ยม

การประเมินผลโครงการเมื่อรวมทั้ง 5 ด้าน แล้วคิดเป็นคะแนนเก็บ 10 คะแนน ใช้เกณฑ์ดังนี้

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

รายละเอียดเกี่ยวกับเกณฑ์การพิจารณาประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์ มีหลักเกณฑ์ ด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ทำพิจารณาจาก
 - 1.1 การใช้ศัพท์เทคนิคได้ถูกต้องและเหมาะสม
 - 1.2 การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ถูกต้องและเหมาะสม
 - 1.3 มีความเข้าใจในหลักการสำคัญ ๆ ของเรื่องที่ทำ
 - 1.4 การค้นหาเอกสารอ้างอิงถูกต้องและเหมาะสม
 - 1.5 การได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการทำโครงการนอกเหนือจากที่เรียนหลักสูตรปกติ
2. การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้แก้ปัญหาทางการศึกษา พิจารณาจาก
 - 2.1 การสังเกตที่นำมาสู่ปัญหา
 - 2.2 มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลหรือข้อเท็จจริงต่าง ๆ เพื่อเป็นพื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่กำลัง

ศึกษาเหมาะสมและตั้งสมมุติฐานที่ถูกต้องชัดเจน

2.3 การออกแบบการทดลองหรือการประดิษฐ์มีความสอดคล้องกับปัญหา หรือสมมุติฐานเพียงใด

2.4 การวัดและการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ กระทำได้ครบถูกต้อง อุปกรณ์และ เครื่องมือที่เลือกใช้เหมาะสม การรวบรวมข้อมูลกระทำได้อย่างละเอียดถูกต้องตรงจุดประสงค์ที่ ต้องการศึกษา การบันทึกข้อมูลมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยและเหมาะสม

2.5 การแปลความหมายและการสรุปผลมีความสอดคล้องกับผลที่ได้ มาก-น้อย เพียงใด

3. ความคิดสร้างสรรค์ พิจารณาจาก

3.1 ปัญหาหรือเรื่องที่ทำมีความสำคัญและมีความแปลกใหม่เพียงใด

3.2 ได้มีการตัดแปลงเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมแนวความคิดที่แปลกใหม่ลงไป ในโครงการที่ทำ มาก-น้อย เพียงใด

3.3 มีการคิดและใช้วิธีการที่ใหม่ แปลกในการควบคุมหรือวัดตัวแปร หรือเก็บ รวบรวม ข้อมูลต่าง ๆ มาก-น้อย เพียงใด

3.4 การเลือกและนำวัสดุอุปกรณ์มาใช้ให้เกิดประโยชน์

3.5 ความสามารถในการเสนอแนะประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

4. การเขียนรายงาน พิจารณาจาก

4.1 ความถูกต้องของแบบฟอร์มครอบคลุมหัวข้อที่สำคัญ แบ่งหัวข้อชัดเจน

4.2 เสนอสาระในแต่ละหัวข้อถูกต้อง ชัดเจน รัดกุม เข้าใจง่าย

4.3 การแสดงหลักฐานการบันทึกข้อมูลอย่างเพียงพอ ต่อเนื่องและเป็นระเบียบ

4.4 การออกแบบการนำเสนอข้อมูลชัดเจน รัดกุมและเหมาะสม

4.5 การอภิปรายผลอย่างมีเหตุผลและสร้างสรรค์

5. การจัดแสดงโครงการและการอภิปรายปากเปล่า พิจารณาจาก

5.1 การจัดแสดงโครงการได้น่าสนใจ ตลอดจนการออกแบบและติดตั้งได้สวยงาม

5.2 การเขียนคำอธิบายในแผ่นโปสเตอร์ชัดเจน เข้าใจง่าย

5.3 การจัดแสดงวัสดุอุปกรณ์ครบถ้วน

5.4 การอภิปรายชัดเจนและใช้ภาษาได้ถูกต้อง

5.5 การตอบคำถามถูกต้องและคล่องแคล่ว

สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนทั้ง 5 ส่วน มีลักษณะการพิจารณาดังนี้

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

ส่วนสมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ อ้างถึงใน ยุพิน พิพิธกุล (2548 : 6-7) ได้เสนอวิธีประเมินโครงการคณิตศาสตร์ ซึ่งพิจารณาจาก 1) ความสำคัญของการจัดทำโครงการ 2) เนื้อหาของโครงการ และ 3) การนำเสนอโครงการ ซึ่งควรพิจารณา ด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ความสำคัญของการจัดทำโครงการ ควรพิจารณาดังนี้

- 1.1 เป็นงานเดี่ยวหรือกลุ่ม
- 1.2 นักเรียนริเริ่มเองหรือครูช่วยแนะแนวทาง
- 1.3 มีการทำงานเป็นกระบวนการกลุ่ม
- 1.4 มีการพัฒนาตนเอง
- 1.5 มีการพัฒนางาน
- 1.6 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
- 1.7 มีความสอดคล้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์
- 1.8 มีประโยชน์ในชีวิตจริง

2. เนื้อหาของโครงการ

- 2.1 ความถูกต้องของเนื้อหาคณิตศาสตร์
- 2.2 ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้เหมาะสม
- 2.3 มีข้อมูลข่าวสารที่เหมาะสม
- 2.4 มีการสรุปอย่างเหมาะสม
- 2.5 มีการขยายงานที่ต้องทำต่อเนื่องหรือไม่

3. การนำเสนอโครงการ

- 3.1 อาจเลือกแบบต่าง ๆ ตามความเหมาะสมของโครงการ
- 3.2 การบรรยายสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดี
- 3.3 การใช้ตาราง แผนภูมิแท่ง แผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิรูปร่างกลม ชัดเจน
- 3.4 การจัดนิทรรศการมีการบรรยายประกอบ สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน
- 3.5 การนำเสนอโดยหาค่าทางสถิติ ใช้ค่าสถิติได้ถูกต้อง
- 3.6 การนำเสนอโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ประกอบการบรรยาย
- 3.7 มีการสาธิตและบรรยายประกอบได้อย่างเหมาะสม

การประเมินโครงการอาจประเมินโดยให้คะแนน ดังนี้

ความสำคัญของการจัดทำโครงการ	20	คะแนน
เนื้อหาของโครงการ	40	คะแนน
การนำเสนอโครงการ	40	คะแนน
รวม	100	คะแนน

ตัวอย่างแบบประเมินโครงการของสมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
อ้างถึงในยุพิน พิพิธกุล (2548 : 7-9) มีลักษณะเป็นดังนี้

ตอนที่ 1 ความสำคัญของการจัดทำโครงการสำหรับใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน มีหัวข้อที่พิจารณาดังนี้

1. โครงการที่จัดทำเป็นงานเดี่ยวหรืองานกลุ่ม
2. การริเริ่มโครงการนักเรียนริเริ่มเองหรือครูช่วยแนะแนวทาง
3. มีการพัฒนาตนเองหรือไม่มี
4. มีการพัฒนางานหรือไม่มี
5. ความสัมพันธ์เกี่ยวกับเนื้อหาในบทเรียนมีความสอดคล้องหรือไม่สอดคล้อง
6. มีประโยชน์ที่ใช้ในชีวิตจริงหรือไม่มี

ตอนที่ 2 เนื้อหาโครงการและการนำเสนอโครงการ ให้ประเมินระดับความคิดเห็น ซึ่งมีหัวข้อที่พิจารณาดังนี้

เนื้อหาของโครงการ

1. ความถูกต้องทางคณิตศาสตร์
2. ความเหมาะสมในการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์

3. เลือกใช้ข้อมูลข่าวสารเหมาะสมตรงประเด็นปัญหา
4. มีการสรุปผลที่ชัดเจน
5. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

กระบวนการทำงาน

6. มีการวางแผนอย่างเป็นระบบ
7. มีการดำเนินงานตามแผน
8. มีการประเมินและปรับปรุงการดำเนินงาน

การนำเสนอโครงการ

9. การรายงานสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน
10. ความสมบูรณ์ของข้อมูล
11. ความเหมาะสมของรูปแบบที่ใช้นำเสนอ
12. ข้อเสนอโครงการบรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

การแปลผลการประเมิน

ตอนที่ 1 ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน

ตอนที่ 2 ใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้ เห็นด้วยมากที่สุด ให้ระดับคะแนน 5

เห็นด้วยมาก ให้ระดับคะแนน 4 เห็นด้วยปานกลาง ให้ระดับคะแนน 3

เห็นด้วยน้อย ให้ระดับคะแนน 2 เห็นด้วยน้อยที่สุด ให้ระดับคะแนน 1

ในกรณีที่ผู้ประเมินหลายคน ก็ให้หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต แล้วแปลผล ดังนี้

- | | |
|-------------------|----------------------------------------|
| 4.10 ขึ้นไป | หมายถึง โครงการอยู่ในเกณฑ์ดีมาก |
| 3.10-4.00 | หมายถึง โครงการอยู่ในเกณฑ์ดี |
| 2.10-3.00 | หมายถึง โครงการอยู่ในเกณฑ์พอใช้ |
| ต่ำกว่า 2.00 ลงมา | หมายถึง โครงการอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง |

เนื่องจากการปฏิบัติโครงการเป็นการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติจริงของผู้เรียน แนวทางการประเมินผลการปฏิบัติโครงการของผู้เรียน จึงถือได้ว่าเป็นการประเมินผลตามสภาพจริง เป็นวิธีการค้นหาความสามารถและความก้าวหน้าในการเรียนรู้ที่แท้จริงของผู้เรียน

นภัสสร สุทธิกุล (2553 : 30-32) กล่าวว่า การประเมินโครงการคณิตศาสตร์พิจารณาจาก (1) ความสำคัญของโครงการ (2) เนื้อหาของโครงการ และ (3) การนำเสนอโครงการโดยใช้แบบประเมินโครงการคณิตศาสตร์ของสมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ และเกณฑ์ให้คะแนนของการประกวดโครงการในงานศิลปหัตถกรรม โดยมีประเด็นการประเมิน ดังนี้

1. ความสำคัญของการจัดทำโครงการคณิตศาสตร์ พิจารณาจาก

- 1.1 เป็นงานเดี่ยวหรืองานกลุ่ม
- 1.2 ผู้เรียนริเริ่มคิดเองหรือที่ปรึกษาช่วยแนะแนวทาง
- 1.3 มีการทำงานเป็นกระบวนการกลุ่ม
- 1.4 มีการพัฒนาตนเอง
- 1.5 มีการพัฒนางาน
- 1.6 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
- 1.7 มีความสอดคล้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ในบทเรียน
- 1.8 มีประโยชน์ในชีวิตจริง

2. เนื้อหาของโครงการ พิจารณาจาก

- 2.1 ความถูกต้องของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์
- 2.2 ความเหมาะสมในการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์
- 2.3 เลือกใช้ข้อมูลข่าวสารเหมาะสมตรงประเด็นปัญหา
- 2.4 มีการสรุปที่ชัดเจน
- 2.5 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

3. กระบวนการทำงาน พิจารณาจาก

- 3.1 มีการวางแผนอย่างเป็นระบบ
- 3.2 มีการดำเนินงานตามแผน
- 3.3 มีการประเมินและปรับปรุงการดำเนินงาน

4. การนำเสนอโครงการ พิจารณาจาก

- 4.1 การรายงานสามารถสื่อความหมายได้ดี
- 4.2 ความสมบูรณ์ของข้อมูล

4.3 ความเหมาะสมของรูปแบบที่ใช้นำเสนอ

4.4 ข้อสรุปของโครงการบรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน (คะแนนเต็ม 100 คะแนน)

1. การเลือกหัวข้อโครงการ	5 คะแนน
2. ความสำคัญของโครงการ	10 คะแนน
3. จุดมุ่งหมายและสมมติฐาน (ถ้ามี)	10 คะแนน
4. เนื้อหาสอดคล้องและเหมาะสมถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์	20 คะแนน
5. วิธีดำเนินงานและผลที่ได้รับ	10 คะแนน
6. ขนาดแผนโครงการและการแสดงผลงานตามเกณฑ์มาตรฐาน	10 คะแนน
7. การนำเสนอปากเปล่าและการตอบข้อซักถาม	15 คะแนน
8. การเขียนรายงานโครงการถูกต้องตามรูปแบบ	10 คะแนน
9. การนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่า	5 คะแนน
10. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	5 คะแนน

เกณฑ์การตัดสิน ร้อยละ 80-100 ได้รับรางวัลระดับเหรียญทอง ร้อยละ 70-79 ได้รับรางวัลระดับเหรียญเงิน ร้อยละ 60-69 ได้รับรางวัลระดับเหรียญทองแดง ต่ำกว่าร้อยละ 60 ได้รับรางวัลชมเชย เว้นแต่กรรมการจะเห็นเป็นอย่างอื่น คณะกรรมการการแข่งขัน 3-5 คน ผลการตัดสินของคณะกรรมการถือเป็นสิ้นสุด

บุรุษย์ ศิริมหาสาร (2553 : 292-318) กล่าวว่า เนื่องจากการทำโครงการของผู้เรียนมีลักษณะการดำเนินงานคล้ายกับการทำโครงการของผู้ใหญ่ จึงสามารถประยุกต์ใช้แนวคิดตามทฤษฎีเชิงระบบ ซึ่งเป็นทฤษฎีทางการบริหารมาใช้ในการประเมินโครงการของผู้เรียนได้ การประเมินโครงการตามทฤษฎีเชิงระบบมิได้เน้นการประเมินผลสำเร็จ(Product) ของโครงการเพียงอย่างเดียว แต่จะประเมินให้ครอบคลุมการทำโครงการทั้ง 3 ระยะ คือ

1. Input : การประเมินก่อนทำโครงการ
2. Process: การประเมินระหว่างทำโครงการ
3. Output/Product: การประเมินผลสำเร็จของโครงการ

เมื่อนำทฤษฎีเชิงระบบมาวิเคราะห์ขั้นตอนการทำโครงการ ทำให้มองเห็นแนวทางในการประเมินโครงการทั้ง 3 ระยะได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ตารางวิเคราะห์ขั้นตอนการทำโครงการตามทฤษฎีเชิงระบบ

ทฤษฎีเชิงระบบ	ขั้นตอนการทำโครงการ	สิ่งที่ต้องประเมิน
Input : การประเมินก่อนทำ โครงการ	1. การคิดเลือกหัวข้อ โครงการ 2. การวางแผนทำโครงการ 2.1 การศึกษาเอกสารที่ เกี่ยวข้องกับการทำ โครงการ 2.2 การเขียนเค้าโครง ของโครงการ	- หัวข้อของโครงการ - ความรู้ความเข้าใจจาก การศึกษาเอกสารที่ เกี่ยวข้องกับการทำ โครงการ - โครงร่างของโครงการ (Proposal)
Process: การประเมินระหว่างทำ โครงการ	3. การดำเนินงาน (ปฏิบัติการโครงการ)	- วิธีการดำเนินงาน - ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ - วัสดุอุปกรณ์
Output/Product: การประเมินผลสำเร็จของ โครงการ	4. การเขียนรายงาน โครงการ 5. การนำเสนอโครงการ 6. การพัฒนาโครงการ ต่อเนื่อง	- เอกสารรายงาน โครงการ - วิธีการและสื่อที่ใช้ใน การนำเสนอโครงการ - หัวข้อโครงการที่จะทำ ในครั้งต่อไป

การประเมินผลโครงการควรประเมินให้ครบทั้ง 3 ระยะดังกล่าวซึ่งการดำเนินงานทุกขั้นตอนนั้นจะมีการนิเทศติดตามและประเมินผลอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ทราบถึงความก้าวหน้าของการทำงาน ใต้รู้ปัญหาหรือข้อบกพร่องต่าง ๆ ของผู้รับผิดชอบในแต่ละงานจะได้มีการปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องทันท่วงที

การประเมินโครงการตามทฤษฎีเชิงระบบมีรายละเอียดดังนี้

1. Input : การประเมินก่อนทำโครงการ

1.1 ขั้นตอนการทำโครงการที่ประเมิน คือ ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อโครงการ และขั้นที่ 2 การวางแผนทำโครงการ

1.2 จุดประสงค์การประเมิน เพื่อสำรวจความพร้อมของผู้เรียนว่ามีความรู้ ความเข้าใจ ในเรื่องการทำโครงการ และวิธีการทำโครงการมากน้อยเพียงใด มีการเตรียมความพร้อมเพื่อทำโครงการอย่างไร

1.3 สิ่งที่ประเมิน คือหัวข้อของโครงการ ความรู้ความเข้าใจจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง และโครงร่างของโครงการ

1.4 วิธีการประเมิน ได้แก่ การสังเกตความพร้อมของผู้เรียน การสัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับการหาหัวข้อโครงการ

1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน ได้แก่ แบบการเขียนโครงร่างของโครงการและแบบขออนุมัติโครงการ

1.6 ผู้ประเมิน การประเมินโดยครู เพื่อเน้นการให้ความช่วยเหลือมากกว่ามุ่งจับผิด ลงโทษหรือหักคะแนน และการประเมินโดยผู้เรียน เพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของตนเองให้มีความพร้อมมากขึ้น

2. Process: การประเมินระหว่างทำโครงการ

2.1 ขั้นตอนการทำโครงการที่ประเมิน คือ ขั้นที่ 3 การดำเนินงาน (ขั้นปฏิบัติการโครงการ)

2.2 จุดประสงค์ของการประเมิน

1) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการทำงาน เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการกลุ่มหรือการทำงานเป็นทีม และทักษะกระบวนการบริหารจัดการในการทำโครงการ

2) เพื่อนิเทศ กำกับ ติดตามผลการจัดทำโครงการให้เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้

2.3 สิ่งที่ประเมิน คือ วิธีการดำเนินงาน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และวัสดุอุปกรณ์

2.4 วิธีการประเมิน ได้แก่ การสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน การสัมภาษณ์ของผู้เรียนเกี่ยวกับการดำเนินโครงการ และการตรวจผลงานที่ทำสำเร็จแล้วเป็นระยะ

2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน ได้แก่ แบบประเมินกิจกรรมในชั้นเรียนและแบบประเมินความก้าวหน้าของการทำโครงการประจำสัปดาห์

3. Output/Product: การประเมินผลสำเร็จของโครงการ

3.1 ขั้นตอนการทำโครงการที่ประเมิน คือ ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ และขั้นที่ 6 การพัฒนาโครงการ

3.2 จุดประสงค์ของการประเมิน เพื่อประเมินผลสำเร็จของโครงการว่าบรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

3.3 สิ่งที่ประเมิน คือ เอกสารรายงานโครงการ วิธีการ และสื่อที่ใช้ในการนำเสนอโครงการ และการพัฒนาการทำโครงการหรือหัวข้อโครงการที่จะทำครั้งต่อไป

3.4 วิธีการประเมิน ได้แก่ การสังเกต การสัมภาษณ์ สอบถาม การตรวจสอบประกอบการนำเสนอโครงการ การตรวจแผนโครงการ การตรวจชมนิทรรศการโครงการ และแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ฟังหรือผู้ชมโครงการ

3.5 เครื่องมือที่ใช้ประเมิน ได้แก่ แบบสะท้อนตนเองของผู้เรียน แบบสะท้อนความคิดเห็นของเพื่อน แบบสะท้อนความคิดเห็นของผู้ปกครอง แบบประเมินผลโครงการของตนเอง แบบประเมินผลโครงการของครูผู้สอน และแบบสรุปผลการประเมินโครงการโดยครูผู้สอน

แบบประเมินผลโครงการที่ใช้ในการประเมินตามทฤษฎีเชิงระบบ 3 ระยะ

ทฤษฎีเชิงระบบ/ขั้นตอนการทำโครงการ	แบบประเมินโครงการ 3 ระยะ
ระยะที่ 1 ก่อนทำโครงการ ขั้นวางแผนการทำงาน (Input : Planning)	1. แบบประเมินเพื่อตัดสินใจโครงการ 2. แบบเสนอโครงร่างของโครงการ 3. แบบอนุมัติโครงการ
ระยะที่ 2 ระหว่างทำโครงการ ขั้นปฏิบัติการโครงการ(Process)	4. แบบประเมินกิจกรรมในชั้นเรียน 5. แบบประเมินผลความก้าวหน้าการทำโครงการประจำสัปดาห์
ระยะที่ 3 สิ้นสุดโครงการ ขั้นผลสำเร็จของโครงการ(Output/Product)	6. แบบสะท้อนตนเองของผู้เรียน 7. แบบสะท้อนความคิดเห็นของเพื่อน 8. แบบสะท้อนความคิดเห็นของผู้ปกครอง 9. แบบประเมินผลโครงการของตนเอง

ทฤษฎีเชิงระบบ/ขั้นตอนการทำโครงการ	แบบประเมินโครงการ 3 ระยะ
	10. แบบประเมินผลโครงการโดยครูผู้สอน 11. แบบสรุปผลการประเมินโครงการโดยครูผู้สอน

รายละเอียดของเกณฑ์ที่ใช้ประเมินผลโครงการโดยครูผู้สอน

1. ความรู้ ความเข้าใจ ในเรื่องที่ทำ

การพิจารณาตัดสินให้คะแนนในข้อนี้ ต้องคำนึงถึงระดับชั้นและอายุของผู้เรียนด้วย โดยพิจารณาในด้านต่าง ๆ ดังนี้ หัวข้อโครงการมีความเฉพาะเจาะจงและชัดเจนเพียงใด ได้ค้นหาเอกสารอ้างอิงได้เหมาะสมเพียงใด การรวบรวมข้อมูลกระทำได้อย่างถูกต้อง ตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษาเพียงใด และการได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการทำโครงการนี้ นอกเหนือจากที่เรียนตามหลักสูตรปกติมากน้อยเพียงใด

2. การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการทำโครงการ หรือเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการประดิษฐ์ คิดค้นถ้าเป็นโครงการประเภทการทดลองหรือสำรวจรวบรวมข้อมูล การประเมินให้พิจารณาในด้านต่าง ๆ ดังนี้ สมมติฐานมีความชัดเจนเพียงใด การออกแบบการทดลอง หรือวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลทำได้รัดกุมเพียงใด การวัดและการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ทำได้ดีเพียงใด การจัดกระทำและการนำเสนอข้อมูลทำได้เหมาะสมเพียงใด ได้มีการทดลองหรือเก็บรวบรวมข้อมูลมากเพียงพอที่จะให้ข้อสรุปที่เชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด การแปลผลและการสรุปผลมีความเหมาะสมและตั้งอยู่บนรากฐานของข้อมูลที่รวบรวมไว้เพียงใด และการบันทึกประจำวันเกี่ยวกับการทำโครงการ ทำให้เรียบร้อยและเหมาะสมเพียงใด

ถ้าเป็นโครงการประเภทสิ่งประดิษฐ์ ให้พิจารณาดังนี้ การกำหนดอุปกรณ์ และเครื่องมือ มีความเหมาะสมเพียงใด การออกแบบมีความเหมาะสมกับงานที่ใช้เพียงใด เช่น ขนาด รูปร่าง ตำแหน่งของปุ่มควบคุมต่าง ๆ เป็นต้น มีความคงทนถาวรเพียงใด คำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้งานเพียงใด การออกแบบคำนึงถึงการซ่อมบำรุงรักษามากน้อยเพียงใด เช่น ส่วนที่จำเป็นต้องถอดออกเปลี่ยนบ่อย ๆ อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมเพียงใด มีความประณีตเรียบร้อย สวยงาม จูงใจผู้ใช้เพียงใด และมีการใช้เทคโนโลยีทันสมัยเพียงใด

3. การเขียนรายงาน การจัดแสดงโครงงานและการอธิบายปากเปล่าให้พิจารณาต่าง ๆ
 ดังนี้ การเตรียมรายละเอียดลงในแบบฟอร์มทำได้ถูกต้องเพียงใด การเขียนรายงานครอบคลุมหัวข้อที่
 กำหนดเพียงใด มีความเหมาะสมของตาราง หรือกราฟ หรือรูปภาพที่ใช้ประกอบมากน้อยเพียงใด สื่อ
 ความหมายในเรื่องที่ได้ถูกต้องและสอดคล้องกันเพียงใด และการทำโครงงานได้แสดงให้เห็นถึง
 ความทุ่มเท อดทนและความตั้งใจจริงมากน้อยเพียงใด

4. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

การประเมินในหัวข้อนี้ จะต้องคำนึงถึงระดับผู้ทำโครงงาน คือความคิดริเริ่มหรือความ
 แปลกใหม่ในระดับผู้ทำโครงงานด้วยกัน ไม่ใช่ความแปลกใหม่ในระดับของผู้ประเมินโครงงาน โดย
 พิจารณาด้านต่าง ๆ ดังนี้ปัญหาหรือเรื่องที่มีความสำคัญและมีความแปลกใหม่เพียงใด มีวิธีการ
 ควบคุมตัวแปรหรือวัดตัวแปร หรือเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ได้แปลกใหม่เพียงใด และมีการออกแบบ
 ประดิษฐ์ ดัดแปลงหรือใช้วัสดุที่แปลกใหม่ในการทำโครงงานมากน้อยเพียงใด

การสรุปผลการประเมินโครงงาน คือ การนำคะแนนจากทุกส่วนของการประเมิน เริ่มตั้งแต่
 การวางแผนการทำงาน (10%) กระบวนการทำงาน (40%) ผลสำเร็จของงาน (20%) จิตพิสัย (10%)
 และการสอบทฤษฎี (ปรนัย/อัตนัย 20%) มาบันทึกในแบบสรุปผลการประเมินโครงงานเพื่อจัด
 คุณภาพของโครงงานโดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้ คะแนน 80-100 หมายถึง ดีมาก คะแนน 60-79
 หมายถึง ดี คะแนน 40-59 หมายถึง ปานกลาง คะแนน 20-39 หมายถึง พอใช้ และคะแนน
 1-19 หมายถึง ต้องแก้ไข

นอกจากนี้บรูซซี ศิริมหาสาคร (2553 : 318-323) กล่าวว่า การทำโครงงานเป็นกิจกรรมการ
 เรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนศักยภาพในทุกด้าน ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของ เบนจามิน เอส.บลูม
 (Benjamin S. Bloom) ซึ่งมีแนวคิดว่าการเรียนรู้ที่ดีต้องพัฒนาผู้เรียนทั้ง 3 ด้านมิใช่พัฒนาผู้เรียน
 เพียงด้านใดด้านหนึ่ง แล้วละเลยการพัฒนาในด้านอื่น ๆ ทำให้ขาดความสมดุลในการพัฒนา และเป็น
 ผลเสียแก่ผู้เรียนในที่สุด ครูควรเน้นการพัฒนาผู้เรียนทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive
 Domain) คือความสามารถทางสมอง ได้แก่ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การ
 สังเคราะห์ และการประเมินค่า ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) คือความสามารถในการ
 ใช้กล้ามเนื้อของร่างกายเพื่อปฏิบัติงาน ได้แก่ทักษะกระบวนการต่าง ๆ ที่เน้นการปฏิบัติจริงของ
 ผู้เรียน และด้านจิตพิสัย (Affective Domain) คือความรู้สึกนึกคิดในจิตใจ ได้แก่คุณธรรม จริยธรรม
 และเจตคติที่ดี

เมื่อการทำโครงการเป็นการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนทั้ง 3 พิสัยตามทฤษฎีของบลูม การประเมินผลโครงการจึงต้องประเมินให้ครอบคลุมทั้ง 3 พิสัยเพื่อให้สอดคล้องกันดังนี้

ด้านพุทธิพิสัย คือความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติงาน (ทฤษฎีค่าคะแนน 20%) ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการทำโครงการและความรู้ความเข้าใจที่ได้จากการทำโครงการ วิธีประเมิน ประเมินจากการสังเกต การสัมภาษณ์ สอบถาม การตรวจผลงานที่ทำ และการใช้แบบทดสอบความรู้ (อัตนัย/ปรนัย) เกี่ยวกับวิธีการทำโครงการ และความรู้ที่ได้จากการทำโครงการด้านทักษะพิสัย

ด้านทักษะพิสัย คือความสามารถในการปฏิบัติงาน ค่าคะแนน 70% ประกอบด้วยการวางแผนการทำงาน (Input) 10% กระบวนการทำงาน (Process) 40% และผลสำเร็จของงาน (Output) 20% วิธีประเมิน ประเมินจากการสังเกต การสัมภาษณ์ สอบถาม และการตรวจผลงาน

ด้านจิตพิสัย คือความรู้สึกที่ดีต่อการทำงาน (เจตคติ ค่าคะแนน 10%) เช่นมีเจตคติในการทำงานแบบวิทยาศาสตร์ ตัดสินใจด้วยเหตุผล วิธีการประเมิน ประเมินจากการสังเกต การสัมภาษณ์ สอบถาม

สรุปกรอบแนวคิดในการประเมินโครงการได้ดังนี้

1. ประเมินจากด้านพุทธิพิสัย 20% ประกอบด้วย ความรู้เกี่ยวกับการทำโครงการ 10% และความรู้ที่ค้นพบจากการทำโครงการ 10% ด้านทักษะพิสัย 70% ประกอบด้วย การวางแผนการทำงาน 10% กระบวนการทำงาน 40% และผลสำเร็จของงาน 20% และด้านจิตพิสัย 10% มาจากการทำงานที่มีจิตวิทยาศาสตร์ 10%
2. ประเมิน 3 ระยะ คือ ก่อนทำโครงการ ขณะทำโครงการ และหลังทำโครงการ
3. ประเมินจาก ผลงาน(รายงานโครงการหรือชิ้นงานที่ประดิษฐ์) แบบบันทึกต่าง ๆ (แบบสังเกต แบบสัมภาษณ์ ฯลฯ) แบบทดสอบความรู้ (อัตนัย/ปรนัย) แฟ้มผลงานโครงการ (Project Portfolio)
4. ประเมินโดย นักเรียน เพื่อนนักเรียน ครู ผู้ปกครองนักเรียน ผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ
5. ประเมินตามสภาพจริง ได้แก่ สังเกต สัมภาษณ์ ตรวจรายงานโครงการ ตรวจผลงานการประดิษฐ์ การทดสอบ (อัตนัย/ปรนัย) การนำเสนอโครงการ นิทรรศการ แฟ้มผลงานโครงการ

จากการศึกษาวิธีการประเมินโครงการ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบประเมินผลโครงการ คณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยปรับปรุงเพื่อความเหมาะสมในการประเมินความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์จากแบบประเมินโครงการคณิตศาสตร์ของ ชัยศักดิ์ สีลาจรัสกุล (ม.ป.ป. : 15-18) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2530 : 61-64) สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์(2530 : 13) วิมลศรี สุวรรณรัตน์ และ มาฆะ ทิพย์ศิริ (2547 : 10-24) และบุรุษย์ ศิริมหาสาคร (2553 : 292-318)

3.7 ประโยชน์และสิ่งที่ได้จากการทำโครงการคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์และสิ่งที่นักเรียนจะได้รับจากการทำโครงการคณิตศาสตร์ ดังนี้

ชัยศักดิ์ สีลาจรัสกุล (ม.ป.ป. : 5) กล่าวว่า การทำโครงการคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียน รู้จักการศึกษาค้นคว้าหาความจริงด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ ดังนั้นการเรียนการสอน โครงการคณิตศาสตร์จึงเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียน ได้พัฒนาการเรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัยและจิตพิสัย ตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรคณิตศาสตร์

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2541 : 1) กล่าวว่า การทำโครงการคณิตศาสตร์ไม่ใช่การเพิ่มเนื้อหาให้นักเรียน แต่จะเป็นการฝึกปฏิบัติงานที่ให้นักเรียนหาข้อสงสัย ตั้งสมมติฐานทดลองและสืบสวน แล้วรวบรวมข้อมูลมาเพื่อหาข้อสรุป เผยแพร่ หรือนำเสนอรายงานข้อค้นพบเหล่านั้นด้วยตนเอง เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดอย่างเป็นอิสระ มีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

จิราภรณ์ ศิริทวี (2542 : 35) กล่าวถึง สิ่งที่นักเรียนจะได้รับจากการศึกษาด้วยโครงการไว้ ได้แก่ ความรู้ในเนื้อหาวิชานั้น ๆ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ เจตคติที่ดีต่อการศึกษา และคุณสมบัติทางบวกอื่นๆ เช่น ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความเชื่อมั่นในตนเอง ความมีวินัย ความรับผิดชอบ การทำงานร่วมกับผู้อื่น ฯลฯ

ลัดดา ภูเกียรติ (2544 : 48) กล่าวว่า การเรียนรู้ในรูปแบบของโครงการเป็นการจัดโอกาสให้นักเรียนสามารถใช้ความรู้ความชำนาญ ทักษะที่มีอยู่รวมทั้งจุดเด่นของตนเองที่อาจไม่มีโอกาสได้แสดงออกในที่ไหนมาก่อนมาประยุกต์ใช้ได้อย่างเต็มที่ ส่งเสริมให้นักเรียนได้ตัดสินใจด้วยตนเอง มี

ส่วนร่วมในการคิดกิจกรรมในการสร้างความรู้แทนที่จะเป็นผู้รับเพียงอย่างเดียว ซึ่งไม่มีวันที่จะรับได้ทั้งหมด แต่ถ้าผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเองเขาจะจดจำสิ่งเหล่านั้นติดตัวไปตลอดชีวิตโดยไม่มีวันลืม

ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2544 : 5) กล่าวว่า การให้นักเรียนทำโครงการคณิตศาสตร์นอกจาก มุ่งฝึกให้นักเรียนได้คิดเป็นปฏิบัติได้จริงและแก้ปัญหาได้แล้ว ยังเป็นการประเมินความสามารถจริงของนักเรียนในองค์ความรู้ได้อีกด้วย เนื่องจากความสามารถ (Ability) นั้นเกิดจากการบูรณาการระหว่างความรู้ (Knowledge) ที่นักเรียนมีอยู่ในตัวกับทักษะ (Skill) ที่ได้รับการฝึกฝนและสะสมอยู่ในตัวนักเรียน

สมวงษ์ แปลงประสพโชค และคณะ (2545 : 4) กล่าวถึงประโยชน์ของการทำโครงการคณิตศาสตร์ว่าเป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ นำความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริงและแก้ปัญหา อันจะเป็นการเสริมสร้างเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังเป็นการฝึกให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและฝึกการทำงานเป็นกลุ่มฝึกความสามารถในการสื่อสารสิ่งที่ตนคิดและทำให้ผู้อื่นเข้าใจ

มานัส ทิพย์สัมฤทธิ์กุล (2550 : 6) กล่าวถึงประโยชน์ของการทำโครงการคณิตศาสตร์ว่า เป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนคิดและทำอย่างอิสระในประเด็นที่สนใจและถนัด โดยอาศัยความรู้ หลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ไปเชื่อมโยงกับประเด็นที่จะศึกษาและค้นคว้า ผู้เรียนได้เรียนรู้และจะรู้จักกระบวนการกลุ่ม กระบวนการทำงาน และ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ โดยสัมพันธ์กับศาสตร์ สาขาอื่น ๆ และสามารถใช้ใน ชีวิตจริง รู้จักแสวงหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เห็นประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ เป็นคนมีเหตุผล แก้ปัญหาได้ ตลอดจน มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ เพื่อเป้าหมายให้นักเรียนเป็นคนดี เป็นคนเก่ง และมีความสุขในการเรียน

นภัสสร สุทธิกุล (2553 : 16) ได้กล่าวถึงหลักการหรือประโยชน์ของการทำโครงการคณิตศาสตร์ไว้ว่าเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนสนใจที่จะหาคำตอบในข้อสงสัยหรือแก้ปัญหาโดยอาศัยพื้นฐานความรู้ประสบการณ์เดิมจากวิชาคณิตศาสตร์เชื่อมโยงกับวิชาอื่น ๆ ได้ด้วยตนเอง เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ลุ่มลึก การแสวงหาความรู้ ประสบการณ์ จากแหล่งความรู้ที่หลากหลายและความเป็นจริงตามธรรมชาติ เป็นการเรียนรู้ที่มีกระบวนการ มีระบบ ปฏิบัติเป็นขั้นตอน และแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการบูรณาการการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกับชีวิตจริง ผู้เรียนใช้ความสามารถหลายด้าน ผู้เรียนสามารถสรุปผลและเลือกรูปแบบนำเสนอผลงานด้วยตนเอง สามารถ

นำทักษะที่ได้รับไปใช้กับสถานการณ์อื่นได้ และข้อค้นพบ สามารถนำไปใช้อ้างอิง เพิ่มเติมกฎ ทฤษฎี ทางคณิตศาสตร์หรือเป็นทฤษฎีใหม่ทางคณิตศาสตร์หรือสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้

จากประโยชน์ของการทำโครงการคณิตศาสตร์ที่นักการศึกษาได้ให้ไว้สามารถสรุปได้ว่า การทำโครงการคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กระบวนการทำงานกลุ่ม สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ โดยสัมพันธ์กับศาสตร์ สาขาอื่น ๆ และสามารถใช้ในชีวิตจริง รู้จักแสวงหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์ เห็นประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ เป็นคนมีเหตุผล แก้ปัญหาได้ ตลอดจน มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้และจดจำสิ่งเหล่านั้น ติดตัวไปตลอดชีวิต

แนวคิดที่เกี่ยวกับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์

4.1 นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์

พิชاجر แปลงประสพโชค (2540 : 7) ให้ความหมายนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ไว้ว่าหมายถึงเด็กนักเรียนที่มีทักษะความคิดระดับสูงในทัศนะของบลูม มีความคิด วิเคราะห์ วิจัย สร้างสรรค์ และมีความสามารถสูงในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ยุพร ริมชลการ (2543 : 6) ให้ความหมายนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ไว้ว่า หมายถึงนักเรียนที่สอบผ่านเกณฑ์การคัดเลือกนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้วย เครื่องมือคัดเลือกที่ประกอบด้วย การเสนอชื่อ แบบทดสอบวัดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และ แบบทดสอบวัดความคิดระดับสูง

ศูนย์แห่งชาติเพื่อพัฒนาผู้ที่มีความสามารถพิเศษ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544:2) ได้กล่าวถึง ความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ว่า หมายถึง ความสามารถในการคิดเชิงนามธรรม การคิดให้เหตุผลเชิงอุปนัยและนิรนัย มีทักษะเชิงตัวเลขและการคำนวณที่ซับซ้อน การมองเห็นแบบแผน และความสัมพันธ์เชื่อมโยง มีความสามารถเชิงมิติสัมพันธ์รวมทั้งความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยใช้ตรรกะ โดยที่นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ มีลักษณะ ดังนี้คือ มีความสนใจด้านจำนวน ตัวเลข การคำนวณ และสัญลักษณ์อย่างต่อเนื่อง มีกลยุทธ์การคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างพลิกแพลง แยกย่อย สร้างสรรค์และสมเหตุสมผล มองความสัมพันธ์เชิงมิติได้ดี มีความถนัดทางคณิตศาสตร์ด้านใดด้านหนึ่งหรือหลายๆด้านรวมกันอย่างโดดเด่นมากกว่าเด็กในวัย

เดียวกัน รวมทั้งสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ได้หลายๆรูปแบบ มีการวิเคราะห์ มีกระบวนการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่และมีเอกลักษณ์เฉพาะตน

4.2 นักเรียนโรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)

ตามที่คณะรัฐมนตรี ในการประชุมเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2553 ได้อนุมัติให้กระทรวงศึกษาธิการดำเนินงานโครงการพัฒนาโรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัยทั้ง 12 โรงเรียน ให้เป็นโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค โดยมีภารกิจในการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ทั้งในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และตอนปลาย ในลักษณะของโรงเรียนประจำ เพื่อเป็นการกระจายโอกาสให้กับผู้มีความสามารถพิเศษที่กระจายอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศ ทั้งนี้โดยมีครอบครัวและสังคมให้การดูแลส่งเสริมให้เป็นคนที่สมบูรณ์ ทั้งด้านสติปัญญา ร่างกายจิตใจอารมณ์และสังคม เป็นคนดีมีคุณภาพควบคู่ไปกับความสามารถพิเศษที่มีอยู่ ตลอดจนสนับสนุนส่งเสริมให้นำความสามารถพิเศษนั้น ๆ ไปพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ๆ ให้กับสังคมและประเทศชาติ โดยนักเรียนที่จะเข้าศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายต้องผ่านกระบวนการในการคัดเลือก 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) มีผลการเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 วิชาคณิตศาสตร์ 3.00 ขึ้นไป 2) ผ่านการสอบคัดเลือกโดยใช้แบบทดสอบของโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ (องค์การมหาชน) และ 3) ผ่านการสอบคัดเลือกโดยใช้แบบทดสอบของกลุ่มโรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ซึ่งมีผู้เชี่ยวชาญในสาขาคณิตศาสตร์เป็นผู้คัดเลือกและปรับปรุงข้อสอบ จะถือได้ว่านักเรียนเป็นผู้ที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

นภัสสร สุทธิกุล (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพมงคลรังษี จังหวัดกาญจนบุรี” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาผลที่เกิดกับ นักเรียนหลังจากทำโครงงานคณิตศาสตร์ในเรื่องต่อไปนี้ 1) จำนวนและประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์ 2) คุณภาพของโครงงานคณิตศาสตร์ 3) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม 4) เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ 5) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา ค 014 คณิตศาสตร์4 และ 6) ความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน 6 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นการคิดและเลือกหัวข้อเรื่อง 2) ขั้น

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง 3) ขั้นตอนการเขียนเค้าโครงของโครงการงาน 4) ขั้นตอนการปฏิบัติโครงการงาน 5) ขั้นตอนการเขียนรายงาน และ 6) ขั้นตอนการแสดงผลงาน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 โรงเรียนเทพมงคลรังษี จังหวัดกาญจนบุรี ผลการวิจัยพบว่า 1) โครงการคณิตศาสตร์ที่นักเรียนกลุ่มทดลองจัดทำมีจำนวน 12 โครงการ แยกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ โครงการตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ และโครงการที่นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง 2) โครงการคณิตศาสตร์ที่นักเรียนกลุ่มทดลองจัดทำมีคุณภาพอยู่ในระดับดี 3) พฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียนกลุ่มทดลองอยู่ในระดับปานกลาง 4) เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง 5) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา ค 014 คณิตศาสตร์ 4 ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม และ 6) ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน กลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ราตรี ทองสามสี (2547:บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาผลการเรียนรู้เรื่อง โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยวิธีสอนแบบโครงการ” โดยมี วัตถุประสงค์ เพื่อ 1) พัฒนาและหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ 2) เปรียบเทียบผลการเรียนรู้เรื่อง โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 3) ศึกษาความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ และ 4) ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อวิธีสอนแบบโครงการ ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ 5 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นนำ 2) ขั้นกำหนดจุดมุ่งหมาย 3) ขั้นวางแผน 4) ขั้นดำเนินการตามแผน และ 5) ขั้นนำเสนอและประเมินผล โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนยอแซฟอุปถัมภ์ จังหวัดนครปฐม ผลการวิจัยพบว่า 1) แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยวิธีสอนแบบโครงการที่พัฒนาขึ้น จำนวน 5 แผน คือ 1.1) โจทย์ปัญหาการบวกและการลบ 1.2) โจทย์ปัญหาการคูณ 1.3) โจทย์ปัญหาการหาร 1.4) โจทย์ปัญหาการคูณและการหาร และ 1.5) โจทย์ปัญหาการบวกคูณและการหาร ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 87.36/83.06 2) ผลการเรียนรู้เรื่อง โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยวิธีสอนแบบโครงการก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยคะแนนหลังเรียนด้วยวิธีสอนแบบโครงการสูงกว่าก่อนเรียน 3) นักเรียนมีความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับคุณภาพพอใช้ นักเรียนสามารถตั้งชื่อเรื่อง เขียนวัตถุประสงค์ มีการดำเนินงานเป็นขั้นตอน สรุปผลและสามารถนำเสนอผลงานได้ และ 4) นักเรียนเห็นด้วยต่อวิธีสอนแบบโครงการอยู่ในระดับมากโดยมีความคิดเห็นว่าวิธีสอนแบบ โครงการช่วย

ส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ นักเรียนสามารถดำเนินงานตามขั้นตอนที่วางไว้ได้ ฝึกความเป็นผู้นำแสดงความคิดเห็นและสามารถนำเสนอข้อมูลได้ มีการบูรณาการความรู้และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงและเกิดความภาคภูมิใจในผลงานของตนเอง

ศักดิ์ดา ศรีผางค์ (2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยโครงการเรื่องสถิติเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาพฤติกรรมในการเรียนรู้จากการจัดทำโครงการ พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยโครงการเรื่องสถิติเบื้องต้น ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 หาดัชนีประสิทธิผลทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เปรียบเทียบความก้าวหน้าในการเรียนรู้และหาความคงทนในการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ 6 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นเผชิญปัญหา 2) ขั้นรวบรวมข้อมูล 3) ขั้นมีปฏิสัมพันธ์ 4) ขั้นลงมือปฏิบัติ 5) ขั้นสรุปผล และ 6) ขั้นนำเสนอผลงาน ผลการวิจัยพบว่า 1) พฤติกรรมการทำงานร่วมกัน นักเรียนมีการวางแผนการทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ การจัดทำโครงการและการนำเสนอโครงการทำได้ในระดับดี 2) พฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การเชื่อมโยงและความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ นักเรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้น 3) แผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ 77.72/75.73 ซึ่งสูงกว่า เกณฑ์ที่กำหนดไว้และมีค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ .644) นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ทั้งด้านความรู้และด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 20 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.01 และ 5) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนผ่านไป 14 วัน ทั้งด้านความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างจากเดิม

รุจิรัตน์ รุ่งหัวไผ่ (2549 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การศึกษาความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ โดยทำการศึกษาและเปรียบเทียบระดับความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังปฏิบัติการกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ 4 ขั้นตอน คือ 1) วางพื้นฐาน 2) เริ่มต้นโครงการ 3) ปฏิบัติโครงการ และ 4) เสนอผลการศึกษา โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนบ้านดงดินแดง อำเภอหนองม่วง จังหวัดลพบุรี ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรม

โครงการคณิตศาสตร์มีผลต่อความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในระดับดี ซึ่งมีความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ ร้อยละ 86.50 ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองร้อยละ 87.00 และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ร้อยละ 74.36 และการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ส่งผลให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีพัฒนาการด้านความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้น โดยภายหลังการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ระยะที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านสูงกว่าระยะที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วรรณวิไล หงส์ทอง (2551 : 175-182) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน” ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน 5 ขั้นตอน คือ 1) การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา 2) การวางแผน 3) การลงมือปฏิบัติ 4) การเขียนรายงาน และ 5) การนำเสนอผลงาน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนคลองตันไทร (สุข ก้อมอุทิศ) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 23 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้สาระเรขาคณิตก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยภาพรวมอยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าอยู่ในระดับสูงเรียงตามลำดับได้แก่ การสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การให้เหตุผลและการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ส่วนด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และการแก้ปัญหา อยู่ในระดับปานกลาง และความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานพบว่า โดยภาพรวมนักเรียนเห็นด้วยอยู่ในระดับมาก ทั้งสามด้านคือด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้และด้านบรรยากาศในการเรียนรู้เรียงตามลำดับ

จุไรรัตน์ ปิงผลพูล (2555 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาผลการเรียนรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน” 1) ผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนรู้แบบโครงงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน โดยภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับสูง เมื่อ

พิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า มีคุณภาพอยู่ในระดับสูงมากเรียงตามลำดับดังนี้ ด้านการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ และการให้เหตุผล ส่วนด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา และการเชื่อมโยงมีคุณภาพอยู่ในระดับสูง3) ความสามารถในการทำโครงการ คณิตศาสตร์ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบโครงการ โดยภาพรวมมีความสามารถอยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า มีความสามารถอยู่ในระดับสูงมากเรียงตามลำดับดังนี้ ด้านการวางแผน ทำโครงการ การลงมือทำโครงการ และการนำเสนอผลงาน ส่วนด้านการเขียนรายงาน และการเลือก หัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา มีความสามารถอยู่ในระดับสูง 4) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ โดยภาพรวมของนักเรียนพึงพอใจอยู่ในระดับมากทั้งสามด้าน ดังนี้ ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการร่วมปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ ตามลำดับ

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

คราจคิก และคณะ (Krajcik and other., 1994 : 483-497) ได้ศึกษารูปแบบการให้ความช่วยเหลือของครูมัธยมศึกษาตอนต้นในการทำโครงการของนักเรียนพบว่า การสอนโครงการได้มีการนำไปใช้จัดการเรียนรู้ในสภาพห้องเรียนที่แตกต่างกัน โดยนักเรียนจะเป็นผู้ดำเนินการศึกษา ค้นคว้า จากเรื่องที่ตนเองสนใจ ซึ่งส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับบทเรียนและดำเนินการค้นคว้าโดยการค้นคว้า ปรัชญาและใช้เทคโนโลยี ผู้สอนจำเป็นต้องช่วยเหลือนักเรียนอ่อนและต้องการประสานงานเพื่อขอความร่วมมือความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญทั้งด้านเนื้อหาและเทคโนโลยี เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาโครงการของนักเรียน สำหรับนักเรียนจะวางแผนโครงการตามความคิดและประสบการณ์ซึ่งจะมีการร่วมมือกันเองเมื่อประสบปัญหา หรือเมื่อโครงการมีความสัมพันธ์กับโครงการผู้อื่น ลักษณะของโครงการ ความร่วมมือการให้ความช่วยเหลือ การดำเนินงานและผลที่ได้รับจากโครงการเป็นการพัฒนาความคิดรวบยอดและมนุษย์สัมพันธ์ทางวิชาการของนักเรียนได้อย่างดี

เมเยอร์ และคณะ (Meyer and other, 1997 : 501) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความท้าทายในชั้นเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยมุ่งศึกษาแรงจูงใจของนักเรียน และกลวิธีในการเรียนที่ใช้โครงการเป็นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ 6 พบว่า พฤติกรรมการทำงานของนักเรียนมี 3 รูปแบบคือ ล้มเหลว ต้องปรับปรุงและปฏิบัติได้ โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มไม่กระตือรือร้นกับกลุ่มกระตือรือร้น ซึ่งกลุ่มกระตือรือร้นจะมีพฤติกรรมที่ยอมรับกับความล้มเหลว ได้ เพราะผู้เรียนมีการตั้ง

จุดประสงค์ในการเรียนรู้สูงกว่าความสามารถของตนเอง ซึ่งต้องใช้ข้อมูลในการสนับสนุนมาก ส่วนกลุ่มไม่กระตือรือร้นจะมีพฤติกรรมที่ไม่ยอมรับกับความล้มเหลว ทั้งที่ผู้เรียนตั้งจุดประสงค์ในการเรียนรู้ต่ำและมีการวิเคราะห์และประมวลผลน้อย

ทรูจิลโล (Trujillo, 1998 : Online อ้างถึงใน รุจิรัตน์ รุ่งหัวไผ่, 2549 : 46) ได้ทำการวิจัยเรื่องเจตคติของนักเรียนที่มีต่อโครงการคณิตศาสตร์ เพื่อตรวจสอบปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับ เจตคติของนักเรียนที่มีต่อโครงการคณิตศาสตร์ (เช่น ความวิตกกังวล ความสนใจ การนำเสนอ โครงการ ครู เพศ กรรมพันธุ์ เป็นต้น) เป็นการสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างนักเรียนจำนวน 304 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีเจตคติทางบวกต่อโครงการและความวิตกกังวลกับเจตคติของนักเรียนที่มีต่อโครงการมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวก เท่ากับ .12 ซึ่งผลการวิจัยทั้งสองแบบ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนในด้านผลการวิจัยเชิงคุณภาพนักเรียนจำนวน 61% มีเจตคติที่ดีต่อโครงการคณิตศาสตร์และมีความตั้งใจในการทำโครงการคณิตศาสตร์ นักเรียนจำนวน 40% มีความสุขและสนุกในการทำโครงการคณิตศาสตร์ นักเรียนจำนวนมากกว่า 50% กล่าวว่า เจตคติที่มีต่อโครงการเป็นผลมาจากครู กลุ่มเพื่อนและเนื้อหาของโครงการ

ฮาร์แกรฟ (Hargrave, 2004 : Abstract) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้ด้วยโครงการในชั้นเรียนของนักเรียนเกรด 6 ผลการศึกษาพบว่า การเรียนรู้ด้วยโครงการช่วยกระตุ้นความสำเร็จของนักเรียนได้เนื่องจากมีรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลาย และใช้ความสามารถในการทำให้สมบูรณ์ การเรียนรู้ด้วยโครงการช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันในการพัฒนาความคิดและการปรับปรุงงานที่ได้รับมอบหมาย โครงการเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้จากชีวิตจริง ซึ่งผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ของพวกเขาสู่โลกภายนอก สรุปได้ว่าการเรียนรู้ด้วยโครงการทำให้เกิดผล สำเร็จในด้านบวกกับผู้เรียน นักเรียนได้พัฒนาความต้องการที่จะเรียนรู้และเสนอปัญหาที่พวกเขาสนใจจะทำ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) และศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และการสนทนากลุ่ม (Focus Group) ของครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) โดยผู้วิจัยใช้วิธีการดำเนินการวิจัยลักษณะของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งมีรายละเอียดวิธีการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้ ขั้นตอนที่ 1 การวิจัย (R₁) คือ การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการของครูผู้สอนโครงการคณิตศาสตร์ ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนา (D₁) คือ การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์โดยการสังเคราะห์เอกสารและผู้เชี่ยวชาญ ขั้นตอนที่ 3 การวิจัย (R₂) คือ การนำวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ไปตรวจสอบประสิทธิภาพโดยครูผู้สอนโครงการคณิตศาสตร์ และขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา (D₂) คือ การประเมินผลและปรับปรุงวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

โดยศึกษาจากเอกสาร ตำรา บทความ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนความคิดเห็นจากครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ฯ และการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

พัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ฯ โดยการสังเคราะห์เอกสาร และความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งประกอบด้วยเอกสาร 2 ส่วน คือ เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเอกสารคู่มือครู เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ฯ และแบบประเมินเครื่องมือที่ใช้วิจัย

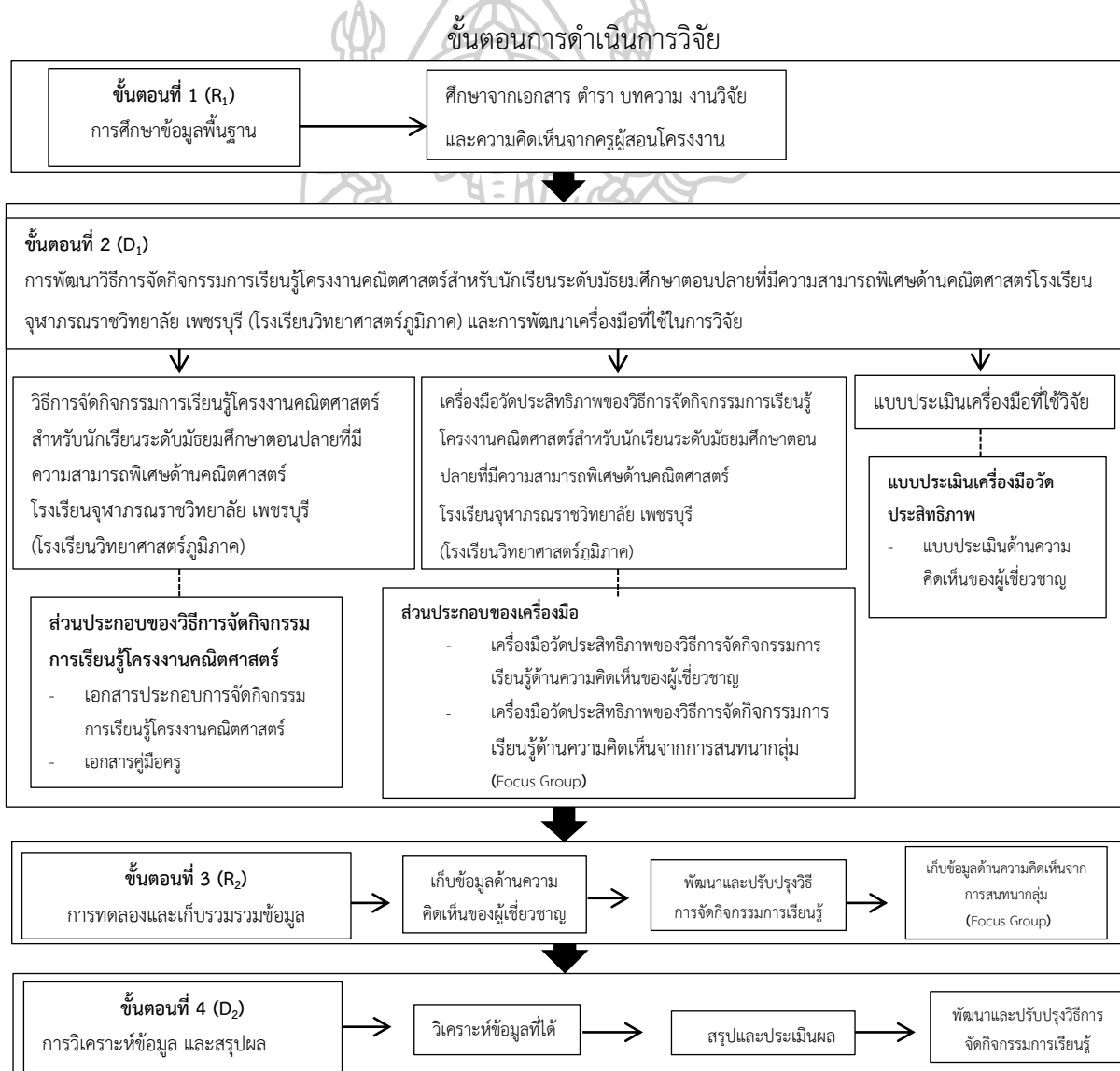
ขั้นตอนที่ 3 การทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

นำวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์ฯ และเครื่องมือที่ได้พัฒนาแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างครูผู้สอนโครงงานคณิตศาสตร์ แล้วเก็บข้อมูลที่ได้เพื่อนำไปวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล การประเมินผล ปรับปรุง และสรุปผล

นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ไปวิเคราะห์ตามจุดประสงค์การวิจัย ประเมินและสรุปผลการพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์ฯ

วิธีดำเนินการวิจัยการพัฒนาพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์ฯ ผู้วิจัยดำเนินการตามกรอบในการวิจัยแสดงได้ดังแผนภูมิที่ 2 และ 3



แผนภูมิที่ 2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1

การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

ศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา บทความ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนความคิดเห็นจาก ครูผู้สอนโครงการคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) เพื่อให้ได้ข้อมูลในการนำมาทำการพัฒนาวิธีการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) โดยศึกษาในหัวข้อต่อไปนี้

- 1.4 กระบวนการจัดการเรียนรู้และการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้
- 1.5 แนวคิดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการ
- 1.6 การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์
- 1.7 แนวคิดที่เกี่ยวกับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์
- 1.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 2

การพัฒนาวิธีการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ฯ และการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 การพัฒนาวิธีการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ฯ

วิธีการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) เป็นวิธีการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้กับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) โดยมีจุดประสงค์ เพื่อให้ครูผู้สอนโครงการหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์มีหลักการหรือวิธีการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ และสอดคล้องกับหลักสูตรโรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ซึ่งวิธีการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย เอกสาร 2 เล่ม คือ เอกสารประกอบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ และเอกสารคู่มือครู

1. เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์

1.1.1 ความหมายและจุดประสงค์ของโครงการคณิตศาสตร์

1.1.2 ประเภทของโครงการคณิตศาสตร์

1.1.3 ขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่
 ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อโครงการ ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ ขั้นที่ 3 การ
 ปฏิบัติการโครงการ ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ และขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ

1.2 ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อของโครงการคณิตศาสตร์ จำนวน
 10 กิจกรรม ซึ่งเป็นกิจกรรมที่จัดให้นักเรียนที่ทำกิจกรรมนอกเวลาเรียนเพื่อจุดประกายความสนใจ
 หรือแนวคิดในการทำโครงการคณิตศาสตร์ให้นักเรียน

1.3 ตัวอย่างบทความทางคณิตศาสตร์และแหล่งข้อมูลในการสืบค้น

1.4 ตัวอย่างโครงการคณิตศาสตร์

1.4.1 ตัวอย่างหัวข้อโครงการ

1.4.2 ตัวอย่างโครงร่างโครงการคณิตศาสตร์

1.4.3 ตัวอย่างรูปแบบการเขียนรายงานโครงการคณิตศาสตร์

1.4.4 ตัวอย่างการเขียนบทความวิชาการ

1.4.5 ตัวอย่างการสร้างสื่อในการนำเสนอโครงการได้แก่ การนำเสนอแบบ
 บรรยายโดยใช้โปรแกรม Microsoft PowerPoint และการนำเสนอแบบโปสเตอร์ โดยใช้โปรแกรม
 Microsoft PowerPoint และโปรแกรม Photoshop ในการออกแบบ

1.5 แนวทางในการประเมินผลการทำงานโครงการคณิตศาสตร์

2. เอกสารคู่มือครู ประกอบด้วย

2.1 จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน
 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์

2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์

2.2.1 ความหมายและจุดประสงค์ของโครงการคณิตศาสตร์

2.2.2 ประเภทของโครงการคณิตศาสตร์

2.3 กรอบแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ ซึ่งขั้นตอนการ

ทำโครงการคณิตศาสตร์และบทบาทของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อโครงการ ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ และขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ ในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการทั้ง 5 ขั้นตอนดังกล่าว ผู้วิจัยกำหนดกรอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นกิจกรรมที่นักเรียนทำงานจำนวน 1 - 3 คน ซึ่งไม่ได้กำหนดขอบเขตเนื้อหาความรู้เฉพาะระดับความรู้ที่นักเรียนเรียนในหลักสูตรขึ้นอยู่กับความสนใจของนักเรียนซึ่งอาจเป็นเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ระดับที่สูงกว่าระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ช่วงเวลานอกเวลาเรียนในการทำกิจกรรม

2.4 ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อของโครงการคณิตศาสตร์ จำนวน 10 กิจกรรม ซึ่งเป็นกิจกรรมที่จัดให้นักเรียนที่ทำกิจกรรมนอกเวลาเรียนเพื่อจุดประกายความสนใจหรือแนวคิดในการทำโครงการคณิตศาสตร์ให้นักเรียน จุดประสงค์ คำอธิบายแนวทางในการทำกิจกรรม แนวทางการตอบการปฏิบัติกิจกรรม สื่อที่ใช้การทำกิจกรรม และแบบประเมินการทำกิจกรรมของนักเรียน

2.5 ตัวอย่างบทความทางคณิตศาสตร์และแหล่งข้อมูลในการสืบค้น

2.6 ตัวอย่างโครงการคณิตศาสตร์

2.6.1 ตัวอย่างหัวข้อโครงการ

2.6.2 ตัวอย่างโครงร่างโครงการคณิตศาสตร์

2.6.3 ตัวอย่างรูปแบบการเขียนรายงานโครงการคณิตศาสตร์

2.6.4 ตัวอย่างการเขียนบทความวิชาการ

2.6.5 ตัวอย่างการสร้างสื่อในการนำเสนอโครงการได้แก่ การนำเสนอแบบ

บรรยายโดยใช้ โปรแกรม Microsoft PowerPoint และการนำเสนอแบบโปสเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Microsoft PowerPoint และโปรแกรม Photoshop ในการออกแบบ

2.7 เอกสารประเมินผลความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียน ประกอบด้วย แบบประเมินการนำเสนอโครงร่างโครงการ แบบประเมินระหว่างการทำโครงการ และแบบประเมินการนำเสนอโครงการ

ขั้นตอนการพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ฯ มีดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดจุดประสงค์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมุ่งเน้นให้ครูผู้สอนโครงการหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์มีหลักการหรือวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ และสอดคล้องกับหลักสูตรโรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)

ขั้นที่ 2 พัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์จากการสังเคราะห์เอกสารและความต้องการของครูผู้สอนโครงการคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย เพชรบุรี โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ และเอกสารคู่มือครู

ขั้นที่ 3 นำโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องแล้วนำข้อเสนอแนะที่ได้มาแก้ไขปรับปรุง

ขั้นที่ 4 นำโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้ว ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนโครงการคณิตศาสตร์ 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน 1 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ฯ แล้วนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย โดยถ้าคะแนนเฉลี่ยของความเหมาะสมมีค่าตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปและมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 และถ้าคะแนนเฉลี่ยของความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (สำเร็จบุญเรืองรัตน์. 2528: 63-64; อ้างอิงจาก Rovinelle; & Hambleton. 1977) แสดงว่าวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นที่ 5 นำข้อเสนอแนะที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาแก้ไขปรับปรุง

ขั้นที่ 6 นำวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ไปทดลองใช้เพื่อหาประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเก็บข้อมูลจากการสนทนากลุ่ม (Focus Group) โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ที่มีประสบการณ์สอนโครงการอย่างน้อย 1 ปีการศึกษา จำนวน 6 คน

จากนั้นนำผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลไปวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
โครงการคณิตศาสตร์ต่อไป

2.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
โครงการคณิตศาสตร์ฯ ประกอบด้วย 1) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
ด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และ 2) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
ด้านความคิดเห็นจากการสนทนากลุ่ม (Focus Group)

**1. เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านความคิดเห็นของ
ผู้เชี่ยวชาญ** ได้แก่ แบบประเมินโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับ
นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราช
วิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) โดยแบบประเมินประกอบด้วย 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ประเมินความเหมาะสมของโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการ
คณิตศาสตร์ โดยประเมินว่าองค์ประกอบต่าง ๆ ของวิธีการจัดกิจกรรม คือ จุดมุ่งหมายของการจัด
กิจกรรมการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดการประเมินผล เอกสารประกอบการจัด
กิจกรรมการเรียนรู้ และเอกสารคู่มือครู มีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด แบบประเมินมีสเกลการวัด
แบบอันดับ 5 อันดับ ตามเกณฑ์ดังนี้ 1 : เหมาะสมน้อยที่สุด 2 : เหมาะสมน้อย 3 : เหมาะสมปาน
กลาง 4 : เหมาะสมมาก และ 5 : เหมาะสมมากที่สุด

ตอนที่ 2 ประเมินความสอดคล้องของโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
โครงการคณิตศาสตร์ โดยประเมินว่าองค์ประกอบต่าง ๆ ของวิธีการจัดกิจกรรม คือ จุดมุ่งหมายของ
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดการประเมินผล เอกสารประกอบการจัด
กิจกรรมการเรียนรู้ และเอกสารคู่มือครู มีความสอดคล้องกันหรือไม่ แบบประเมินมีสเกลการวัดแบบ
แยกประเภท 3 ประเภท ดังนี้ -1 : ไม่สอดคล้อง 0 : ไม่แน่ใจ และ 1 : สอดคล้อง

ตอนที่ 3 สอบถามความคิดเห็นเพิ่มเติม

**2. เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านความคิดเห็นจาก
การสนทนากลุ่ม (Focus Group)** การสนทนากลุ่มเพื่อวัดประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการ
เรียนรู้โครงการเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยผู้วิจัยเตรียมการกำหนดประเด็นสนทนา

กลุ่มให้สอดคล้องและครอบคลุมทุกขั้นตอนของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการ เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเอกสารคู่มือครู จัดทำแบบบันทึกข้อมูลการสนทนากลุ่ม

ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือวัดประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ฯ มีดังนี้

1. การพัฒนาเครื่องมือวัดประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นที่ 1 นำแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับโครงร่างของหลักสูตรเรขาคณิตวิ
ยุตที่พัฒนาโดย จินตศิษฐ์ ละอองปักษิณ (2550: 162-170) และแบบประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับโครง
ร่างการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่พัฒนาโดยชมนาด เชื้อสุวรรณทวี (2555: 360-
383) มาปรับปรุงให้เป็นแบบประเมินโครงร่างของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬา
ภรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)

ขั้นที่ 2 นำแบบประเมินโครงร่างของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับ
นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณ์ราช
วิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบ

ขั้นที่ 3 แบบประเมินโครงร่างของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับ
นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณ์ราช
วิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คนประเมิน
ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน
คณิตศาสตร์ 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน 1 ท่าน

2. เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านความคิดเห็นจากการสนทนากลุ่ม (Focus Group)

ขั้นที่ 1 กำหนดประเด็นสนทนากลุ่มให้สอดคล้องและครอบคลุมทุกขั้นตอนของวิธีการจัด
กิจกรรมการเรียนรู้โครงการ รวมถึง เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเอกสารคู่มือ
ครู

ขั้นที่ 2 นำประเด็นสนทนากลุ่มและแบบบันทึกข้อมูลการสนทนากลุ่ม ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ตรวจสอบ

ขั้นตอนที่ 3

การทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลผสมผสานวิธี (Mixed Methods) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการเชิงปริมาณผสมกับวิธีการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ (มาเรียม นิลพันธุ์, 2555: 255) ผู้วิจัยดำเนินการดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ผู้วิจัยเก็บข้อมูลประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นที่ 2 ผู้วิจัยขอหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย เพื่อทำวิทยานิพนธ์จากบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อนำไปขอความอนุเคราะห์จากโรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)

ขั้นที่ 3 ผู้วิจัยนำวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ไปทดลองใช้เพื่อหาประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเก็บข้อมูลจากการสนทนากลุ่ม (Focus Group) โดยมีกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงเป็นครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ที่มีประสบการณ์สอนโครงการอย่างน้อย 1 ปีการศึกษา จำนวน 6 คน ซึ่งได้ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ขั้นตอนที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิจัย และสรุปผล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล

วิเคราะห์ข้อมูลจากประสิทธิภาพของการพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และการสนทนากลุ่ม (Focus Group) จากนั้นสรุปและประเมินผลการพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

4.2 สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยและพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา และศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา โดยมีวิธีการดำเนินงาน 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการของครูผู้สอนโครงการคณิตศาสตร์ ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์โดยการสังเคราะห์เอกสารและผู้เชี่ยวชาญ ขั้นตอนที่ 3 การนำวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ไปตรวจสอบประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน และวิธีการสนทนากลุ่มของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์ จำนวน 6 ท่าน และขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุงวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)

2.1 ด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ด้านความคิดเห็นของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์ กลุ่ม

สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรีโดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละตอน ดังนี้

**ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับ
มัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย
เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)**

ผลการพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับ
มัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย
เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ให้เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เสริมหลักสูตรของโรงเรียน
ประกอบด้วย เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเอกสารคู่มือครู โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

1.1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการ
คณิตศาสตร์

1.1.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์ได้แก่ ความหมายและ
จุดประสงค์ของโครงการคณิตศาสตร์ ประเภทของโครงการคณิตศาสตร์

1.1.3 ขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่
การคิดและเลือกหัวข้อโครงการ การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ การปฏิบัติการโครงการ การ
เขียนรายงานโครงการ และการนำเสนอโครงการ ตามลำดับ และเพิ่มเติมการพัฒนาต่อยอดโครงการ
เป็นกิจกรรมเสริมหลังจากขั้นตอนการนำเสนอโครงการเสร็จสิ้น

1.1.4 แนวทางในการประเมินผลการทำโครงการคณิตศาสตร์

1.1.5 กิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่โครงการคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย
กิจกรรมวิเคราะห์บทคัดย่อ/บทความโครงการคณิตศาสตร์ ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่
หัวข้อของโครงการคณิตศาสตร์ จำนวน 10 กิจกรรม กิจกรรม Workshop ส่งเสริมการคิดและการ
วางแผนการทำโครงการคณิตศาสตร์เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนและเลือกทำโครงการ
คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่จัดให้นักเรียนที่ทำกิจกรรมนอกเวลาเรียนเพื่อจุดประกายความสนใจ
หรือแนวคิดในการทำโครงการคณิตศาสตร์ให้แก่ นักเรียน

1.1.6 ตัวอย่างโครงการคณิตศาสตร์ ได้แก่ ตัวอย่างบทความทางคณิตศาสตร์
และแหล่งข้อมูลในการสืบค้นตัวอย่างหัวข้อโครงการ ตัวอย่างโครงร่างโครงการคณิตศาสตร์ ตัวอย่าง
รูปแบบการเขียนรายงานโครงการคณิตศาสตร์ ตัวอย่างการเขียนบทความวิชาการ ตัวอย่างการสร้าง

สื่อในการนำเสนอโครงการ ได้แก่ การนำเสนอแบบบรรยายโดยใช้ โปรแกรม Microsoft PowerPoint และการนำเสนอแบบโปสเตอร์

1.2 เอกสารคู่มือครู ประกอบด้วย

1.2.1 จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์

1.2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ความหมายและจุดประสงค์ของโครงการคณิตศาสตร์ และประเภทของโครงการคณิตศาสตร์

1.2.2 กรอบแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ ซึ่งขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์และบทบาทของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อโครงการ ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ และขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ ในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการทั้ง 5 ขั้นตอนดังกล่าว ผู้วิจัยกำหนดกรอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นกิจกรรมที่นักเรียนทำงานจำนวน 1 -3 คน ซึ่งไม่ได้กำหนดขอบเขตเนื้อหาความรู้เฉพาะระดับความรู้ที่นักเรียนเรียนในหลักสูตรขึ้นอยู่กับความสนใจของนักเรียนซึ่งอาจเป็นเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ระดับที่สูงกว่าระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ช่วงเวลานอกเวลาเรียนในการทำกิจกรรม

1.2.3 ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อของโครงการคณิตศาสตร์ จำนวน 10 กิจกรรม ซึ่งเป็นกิจกรรมที่จัดให้นักเรียนที่ทำกิจกรรมนอกเวลาเรียนเพื่อจุดประกายความสนใจหรือแนวคิดในการทำโครงการคณิตศาสตร์ให้แก่ นักเรียน จุดประสงค์ คำอธิบายแนวทางในการทำกิจกรรม แนวทางการตอบการปฏิบัติการ สื่อกิจการ ทำกิจกรรม และแบบประเมินการทำกิจกรรมของนักเรียน

1.2.4 ตัวอย่างโครงการคณิตศาสตร์ ได้แก่ ตัวอย่างบทความทางคณิตศาสตร์ และแหล่งข้อมูลในการสืบค้นตัวอย่างหัวข้อโครงการ ตัวอย่างโครงร่างโครงการคณิตศาสตร์ ตัวอย่างแบบการเขียนรายงานโครงการคณิตศาสตร์ ตัวอย่างการเขียนบทความวิชาการ ตัวอย่างการสร้างสื่อในการนำเสนอโครงการ ได้แก่ การนำเสนอแบบบรรยายโดยใช้ โปรแกรม Microsoft PowerPoint และการนำเสนอแบบโปสเตอร์

1.2.5 เอกสารประเมินผลความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของ

นักเรียน ประกอบด้วย แบบประเมินการนำเสนอโครงร่างโครงงาน แบบประเมินระหว่างการทำโครงงาน และแบบประเมินการนำเสนอโครงงาน

โดยเอกสารคู่มือครูมีส่วนประกอบเหมือนกับเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์ โดยเพิ่มเติมรายละเอียดบทบาทของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงงานคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนของการทำโครงงาน เฉลยแนวทางการกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อของโครงงานคณิตศาสตร์ จำนวน 10 กิจกรรม เอกสารประเมินความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วย แบบประเมินการนำเสนอโครงร่างโครงงาน แบบประเมินระหว่างการทำโครงงาน และแบบประเมินการนำเสนอโครงงาน และตัวอย่างกิจกรรม Workshop เปิดโลกโครงงานคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาประสิทธิผลของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)

ผลการศึกษาประสิทธิผลของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และความคิดเห็นของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงงานคณิตศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี

2.1 ด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ประสิทธิผลด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ได้จากการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้วย แบบประเมินโครงร่างของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) โดยพิจารณา 2 ด้านคือ ความเหมาะสมของโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และความสอดคล้องของโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ผลดังตารางแสดง 1 และ 2

2.1.1 ผลประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของโครงร่าง

วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์ฯ ได้ผลดังตาราง 1

ตารางที่ 1 ผลประเมินความเหมาะสมของโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์

ประเด็นการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD	แปลผล
1. จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับ			
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์	4.53	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์	4.49	0.54	เหมาะสมมาก
3. เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเอกสาร			
คู่มือครู	4.57	0.53	เหมาะสมมากที่สุด
4. การวัดและประเมินผลการทำกิจกรรมโครงงาน	4.46	0.58	เหมาะสมมาก
ภาพรวม	4.51	0.48	เหมาะสมมากที่สุด

จากตาราง 1 พบว่าโดยภาพรวมผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) มีความเหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.51, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าด้านเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเอกสารคู่มือครูมีความเหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.57) และผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นใกล้เคียงกันมากที่สุด (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53) เมื่อเทียบกับด้านอื่นๆ ส่วนด้านการวัดและประเมินผลการทำกิจกรรมโครงงานมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด (4.46) มีระดับความเหมาะสมมาก นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังได้แสดงความคิดเห็น ให้เพิ่มบทบาทหน้าที่ของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ และการสร้างรายละเอียดเกณฑ์การประเมินกิจกรรมในแต่ละช่วงให้มีความชัดเจนมากขึ้น

2.1.2 ผลประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความสอดคล้องของโครงร่าง

วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์ฯ ได้ผลดังตาราง 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความสอดคล้องของโครงสร้างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการ
คณิตศาสตร์

ประเด็นการประเมิน	IOC	แปลผล
1. จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับหลักสูตรโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี	1.00	สอดคล้อง
2. จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	สอดคล้อง
3. วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนนี้กับเวลา	0.67	สอดคล้อง
4. วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรียนรู้แต่ละขั้นตอนนี้กับเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	สอดคล้อง
5. วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนนี้กับเอกสารคู่มือครู	1.00	สอดคล้อง
6. วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนนี้กับการวัดและประเมินผล	1.00	สอดคล้อง

จากตาราง 2 พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าโครงสร้างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) มีจุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักสูตรโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรียนรู้แต่ละขั้นตอนนี้สอดคล้องกับเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนนี้สอดคล้องกับเอกสารคู่มือครู และวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนนี้สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล โดยผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าสอดคล้องเหมือนกันทั้งหมด (IOC เท่ากับ 1.00) นอกจากนี้จะเห็นว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนนี้สอดคล้องกับเวลา โดยผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าสอดคล้องแต่ไม่เหมือนกันทั้งหมด (IOC เท่ากับ 0.67)

2.2 ด้านความคิดเห็นของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี

ผลความคิดเห็นของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี ที่มีต่อวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการ

คณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ได้จากการสนทนากลุ่ม (Focus Group) แบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ

1. จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
โครงการคณิตศาสตร์
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์
3. เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเอกสารคู่มือครู
4. การวัดและประเมินผลการทำงานกิจกรรมโครงการ
โดยมีรายละเอียดผลความคิดเห็นในแต่ละด้าน ดังนี้

1. จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการ คณิตศาสตร์

จากการสนทนากลุ่มของครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้านจุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ ครูผู้สอนทุกท่านมีความคิดเห็นที่สอดคล้องกันดังตัวอย่างบทสนทนา

ครู A: “...จากการที่ดิฉันได้อ่านงาน แล้วนำเอกสารกิจกรรมไปตรวจสอบเทียบกับหลักสูตรพบว่าจุดประสงค์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับหลักสูตรของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค เป็นกิจกรรมที่เสริมหลักสูตรได้อย่างสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ในรายวิชา ว30291 การสืบเสาะและธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ ว30292 สัมมนาทางวิทยาศาสตร์ ว30294 โครงการวิทยาศาสตร์ โดยที่จุดประสงค์ที่มุ่งเน้นในด้านการทำโครงการคณิตศาสตร์ทุกข้อสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการในแต่ละขั้นตอนของรายวิชาโครงการในหลักสูตร...”

ครู B: “...จากการที่ดิฉันได้อ่านเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเทียบกับหลักสูตรของโรงเรียน ดิฉันมีความคิดเห็นว่าจุดประสงค์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการในแต่ละขั้นตอนโดยสามารถวัดผลจากแบบประเมินที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นในแต่ละช่วงของการทำกิจกรรมโครงการ...”

ครู C: “...ผมเห็นด้วยว่าจุดประสงค์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีแบบประเมินการทำกิจกรรมในแต่ละช่วงมี**ความสอดคล้องกัน** นอกจากนี้วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสมควรที่จะนำไปเผยแพร่ให้แก่กลุ่มโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัยทั้ง 12 แห่ง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคต่อไป...”

กล่าวโดยสรุปในด้านจุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ พบว่าครูผู้สอนทุกท่านมีความคิดเห็นที่สอดคล้องกันว่าจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับหลักสูตรของโรงเรียน และเหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ของโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์

จากการสนทนากลุ่มของครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ทั้ง 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อโครงการ ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ และขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ ครูผู้สอนทุกท่านมีความคิดเห็นที่สอดคล้องกันดังตัวอย่างบทสนทนาต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การคิดและการเลือกหัวข้อโครงการ

ครู A: “...ดิฉันมีความคิดเห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรมเชิงการปฏิบัติให้นักเรียนเห็นว่าคณิตศาสตร์อยู่ในปัญหาหลายๆอย่างในชีวิตประจำวัน **เพื่อกระตุ้นความคิดและแนวคิดให้นักเรียนเพื่อนำไปใช้คิดเป็นหัวข้อโครงการของตนเอง** มีการนำเสนอโครงการคณิตศาสตร์ในรูปแบบบูรณาการโครงการประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบายทางคณิตศาสตร์ และโครงการประเภทบูรณาการความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ เพื่อจุดประกายให้นักเรียนเห็นว่าโครงการแต่ละรูปแบบต้องทำอะไรและแบบใดเรียกว่าโครงการคณิตศาสตร์...”

ครู B: “...ดิฉันคิดว่าการคิดและเลือกหัวข้อโครงการเริ่มต้นจากปัญหาที่อยู่ใกล้ตัว ซึ่งนักเรียนอาจไม่เห็นภาพของปัญหาที่นำมาทำเป็นโครงการคณิตศาสตร์ได้ จากแนวทางวิธีการจัดกิจกรรมในขั้นตอนนี้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น พบว่า ได้มีการพัฒนากิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่

โครงการคณิตศาสตร์จำนวน 10 กิจกรรมมีทั้งที่มีระดับการคิดขั้นพื้นฐานและมีการคิดขั้นสูงซึ่งควรเลือกใช้เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียนและเวลาที่ใช้ โดยบางกิจกรรมสามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั่วโมงเรียนตามหลักสูตรวิชาการสืบเสาะและธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ได้ เช่น กิจกรรมวิเคราะห์บทคัดย่อ/บทความโครงการคณิตศาสตร์ ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อของโครงการคณิตศาสตร์ โดยเลือกกิจกรรมที่ใช้เวลาเหมาะสมกับเวลาในคาบเรียน ส่วนกิจกรรมใดใช้เวลานานในการทำกิจกรรมสามารถนำไปจัดเป็นกิจกรรมเสริมหลักสูตรที่ส่งเสริมเพื่อจุดประกายความคิดของนักเรียนการคิดหัวข้อโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้...”

ครู C: “...ผมมีความคิดเพิ่มเติมว่ากิจกรรมที่ระบุในเอกสาร เช่น การจัดกิจกรรมการฟังบรรยายพิเศษเพื่อจุดประกายความคิดการทำโครงการคณิตศาสตร์และนำนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไปศึกษาดูงานในงานการนำเสนอผลงานวิจัยหรือเวทีการประกวดโครงการต่างๆ เช่น วันนักประดิษฐ์ นักเรียนจะได้เห็นตัวอย่างการทำงานวิจัยที่หลากหลาย และมีกิจกรรมให้นักเรียนได้ทำขณะไปศึกษาดูงาน โดยกิจกรรมที่นำมาใช้กระตุ้นความสนใจของนักเรียนมีความน่าสนใจ มีการนำโครงการหรือกิจกรรมของรุ่นพี่มาเป็นตัวอย่าง ซึ่งเป็นการจูงใจให้นักเรียนสนใจโครงการคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้นซึ่งอาจส่งผลนักเรียนเลือกหัวข้อได้เหมาะสม อาจสอดแทรกกิจกรรมบูรณาการ STEM Education เพิ่มเติมเข้าไปในกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้มากขึ้นจากกิจกรรมเป็นการเสริมให้นักเรียนเห็นแนวทางเรื่องการทำโครงการคณิตศาสตร์ ทำให้ตัดสินใจเลือกหัวข้อโครงการอย่างเหมาะสมมากยิ่งขึ้น...”

ครู D: “...ผมคิดว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมในชั้นตอนนี้มีช่วงเวลาที่เริ่มต้นตั้งแต่เปิดภาคเรียนที่ 1 จนถึงช่วงต้นของภาคเรียนที่ 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมที่นักเรียนจะได้เริ่มรู้ทำความเข้าใจการทำโครงการคณิตศาสตร์ซึ่งในชั้นตอนนี้เป็นชั้นตอนที่สำคัญที่นักเรียนจะได้ค้นหาปัญหาหรือประเด็นที่ตนสนใจ และนำไปสู่การตัดสินใจเลือกทำโครงการคณิตศาสตร์และได้หัวข้อโครงการต่อไป อีกทั้งการที่นักเรียนที่มีความสนใจในการทำโครงการคณิตศาสตร์แล้วฝึกกระบวนการทำโครงการคณิตศาสตร์ผ่านการทำ mini-project ในสาขาคณิตศาสตร์นั้นจะช่วยให้เห็นภาพโดยรวมของการทำโครงการคณิตศาสตร์ได้ชัดเจนขึ้นนำไปสู่การค้นหาหัวข้อโครงการที่มีความเป็นไปได้ของการศึกษามากขึ้น...”

ครู E: “...ดิฉันมีความคิดเห็นว่า กิจกรรมที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรมที่หลากหลาย เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดอันสามารถนำไปสู่การคิดเริ่มต้นสู่โครงการคณิตศาสตร์ ในกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้รวบรวมประเด็นปัญหาที่สนใจเพื่อนำมาประเมินว่าจะทำโครงการในเรื่องใดจึงจะเหมาะสมที่สุดซึ่งในขั้นตอนนี้ นักเรียนเป็นผู้ประเมินร่วมกันกับสมาชิกในกลุ่ม ในเบื้องต้นจากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาร่วมกันพิจารณากับครูที่ปรึกษาโครงการเพื่อลงความเห็นในการเลือกหัวข้อโครงการต่อไป โดยขั้นตอนการได้มาซึ่งหัวข้อโครงการดังกล่าวน่าจะมีคุณภาพและเหมาะสมต่อการทำโครงการของนักเรียนอย่างรอบด้านมากที่สุดอันส่งผลในนักเรียนมีความรู้สึกเป็นเจ้าของงานที่แท้จริงและสามารถทำโครงการให้เสร็จและมีคุณภาพได้...”

ครู F: “...ดิฉันเห็นด้วยที่ในขั้นตอนนี้มีการให้นักเรียนได้ศึกษาบทความทางคณิตศาสตร์ซึ่งถือได้ว่าเป็นสิ่งที่ดีที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการอ่านและการวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการโดยเฉพาะ journal ทางคณิตศาสตร์ที่เป็นของต่างประเทศจะช่วยสร้างแรงบันดาลใจในการทำโครงการที่หลากหลายมากขึ้น โดยครูต้องเป็นผู้ช่วยสำคัญในการพิจารณาเลือกบทความที่เหมาะสมกับความสนใจและความสามารถของนักเรียนเพื่อให้เกิดประโยชน์จากการอ่านบทความสูงสุดควรฝึกให้นักเรียนได้วิเคราะห์และสังเคราะห์ความรู้หรือกระบวนการวิจัยนำไปใช้ในการวางแผนการปฏิบัติโครงการของตนเอง อีกทั้งควรเพิ่มแหล่งข้อมูลแหล่งในการสืบค้นบทความทางวิชาการลงในเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมและคู่มือครูเพื่อความสะดวกในการทำกิจกรรมยิ่งขึ้น นอกจากนี้ นักเรียนยังสามารถนำบทความที่ศึกษาในขั้นตอนนี้ไปใช้ในการเรียนรายวิชาสัมมนาทางวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 เป็นการช่วยให้นักเรียนลดภาระงานในขณะที่เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นช่วงเดียวกับขั้นตอนการปฏิบัติการโครงการ

ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ

ครู A: “...ดิฉันมีความคิดเห็นสอดคล้องกับเอกสารการจัดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นว่า การวางแผนการปฏิบัติการโครงการเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องค้นหาความรู้เพื่อออกแบบวางแผนการปฏิบัติโครงการ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญของครูที่ปรึกษาโครงการที่จะมีส่วนช่วยในการผลักดันให้นักเรียนออกแบบโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพและตรงตามกำหนดเวลา ครูที่ปรึกษาโครงการช่วยสนับสนุนนักเรียนโดยการหาแหล่งเรียนรู้ เช่น วารสารงานวิจัย ทั้งในและต่างประเทศเพื่อ

ประกอบการทำงานและรับฟังขั้นตอนหรือแผนการรวมทั้งพยายามใช้คำถามเพื่อนำให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอดในการวางแผนได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ควรย้าให้นักเรียนวางแผนการปฏิบัติงานให้ชัดเจน....”

ครู C: “...ผมมีคิดเห็นว่าในขั้นตอนนี้เป็นกิจกรรมที่มีส่วนช่วยให้นักเรียนได้คิดอย่างเป็นระบบ รู้จักวางแผนการทำงาน เพื่อให้งานบรรลุตามเวลาที่กำหนด โดยมีครูเป็นผู้ให้คำปรึกษาในการวางแผนการปฏิบัติงานซึ่งขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ได้มีการนำตัวอย่างการเขียนโครงร่างโครงการงานของนักเรียนให้นักเรียนได้ศึกษาและนำไปปรับใช้กับการเขียนโครงร่างโครงการงานของตนเอง โดยครูจะเป็นผู้คอยให้คำแนะนำเพื่อช่วยนักเรียนประเมินความเป็นไปได้ของโครงการในภาพรวมซึ่งเป็นวิธีการที่จะสามารถช่วยให้นักเรียนมีการวางแผนการทำโครงการที่ดีได้ และก่อนที่นักเรียนจะลงมือทำโครงการนักเรียนจะต้องผ่านการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการจากครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ซึ่งเป็นกรรมการสอบโครงร่างโครงการโดยเป็นการประเมินเพื่อให้คำแนะนำ เพิ่มเติมหรือลดขอบเขตการทำโครงการของนักเรียนให้มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยวิธีการในขั้นตอนการวางแผนการปฏิบัติการโครงการนี้เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่จะนำช่วยพัฒนาการทำโครงการของนักเรียนได้....”

ครู D: “...ผมคิดว่าขั้นตอนนี้เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับระเบียบวิธีการทำโครงการคณิตศาสตร์บนพื้นฐานความรู้ความเข้าใจด้านคณิตศาสตร์ของตนเอง นักเรียนมีความเข้าใจในงานของตนเองค่อนข้างชัดเจน ซึ่งจากขั้นตอนที่ 1 ส่งผลให้นักเรียนสามารถวางแผนการทำโครงการของตนเองได้เป็นอย่างดี ในอนาคตควรมีการเพิ่มเติมเรื่อง การจัดการความเสี่ยงในการทำโครงการให้กับนักเรียนด้วย เพื่อให้การวางแผนการทำงานของนักเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น และเห็นด้วยที่ส่งเสริมให้นักเรียนจดบันทึกข้อมูลต่างๆของโครงการลงในสมุดบันทึกโครงการ (logbook) เพื่อความเป็นระบบในการเก็บข้อมูล และเห็นด้วยกับมีกิจกรรมแนะนำครูที่ปรึกษาในสาขาคณิตศาสตร์ให้นักเรียนได้รู้จักว่าครูแต่ละท่านมีความถนัดด้านใดเพื่อให้นักเรียนได้เข้าไปนำเสนอหัวข้อปัญหาหรือโครงร่างโครงการคร่าวๆที่นักเรียนสนใจทำโครงการและขอให้ครูรับเป็นครูที่ปรึกษาโครงการแล้วจึงเริ่มกระบวนการในการเขียนโครงร่างโครงการที่สมบูรณ์ โดยอาจเพิ่มกิจกรรมสอบถามความต้องการของนักเรียนถึงการทำโครงการว่าต้องการให้ครูที่ปรึกษาโครงการ

เชี่ยวชาญการสอนในเรื่องใดหรือให้ความกระจ่างในเรื่องใด ซึ่งวิธีการนี้ครูที่ปรึกษาหรือครูผู้สอนจะ
ได้ประสานหาอาจารย์ที่ปรึกษาพิเศษโครงการให้แก่นักเรียนได้ตรงตามหัวข้อโครงการมากขึ้น....”

ครู E: “...ดิฉันมีความคิดเห็นที่สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นว่า ในขั้นตอน
นี้ควรมีการให้นักเรียนได้ศึกษาตัวอย่างการเขียนโครงร่างโครงการของรุ่นพี่เพื่อเป็นแนวทางในการ
เขียนโครงร่างของตนเองซึ่งควรได้รับการให้คำแนะนำและผ่านความเห็นชอบจากครูที่ปรึกษาก่อนที่
นักเรียนจะดำเนินการขอสอบพิจารณาหัวข้อโครงการต่อไป ซึ่งควรดำเนินการให้เสร็จสิ้นก่อนปิดภาค
เรียนที่ 2 ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อโครงร่างโครงการของนักเรียนผ่านการพิจารณาจาก
คณะกรรมการแล้วนักเรียนจะได้เริ่มลงมือปฏิบัติการโครงการทันทีหรืออาจนำคำแนะนำจาก
กรรมการไปพิจารณาขอบเขตของงานก่อนลงมือปฏิบัติการโครงการ ทั้งนี้ยังเห็นด้วยกับการที่ครูควร
ใช้เทคนิคการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนได้พิจารณาวางแผนการปฏิบัติการโครงการด้วยตนเองแทนที่
ครูจะเป็นผู้บอกทั้งหมด เพื่อนักเรียนจะได้ฝึกการวางแผนการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ....”

ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ

ครู A: “...ดิฉันเห็นด้วยกับการมีแนวทางการประเมินโดยสอบถามความก้าวหน้าโครงการซึ่งมี
ความเหมาะสมที่จะใช้เป็นการกระตุ้นนักเรียนทำให้นักเรียนสามารถแบ่งเวลาในการทำโครงการได้ดี
ยิ่งขึ้น เพิ่มโอกาสในการทำโครงการให้บรรลุเป้าหมายของตนเอง นอกจากนี้ควรมีการเพิ่มเติมปฏิทิน
การพบครูที่ปรึกษาโครงการให้ชัดเจนเพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสในการปรึกษาโครงการและควบคุมเวลา
ในการทำโครงการให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น และครูควรเป็นผู้ให้กำลังใจนักเรียนในการทำงานเนื่องจาก
อาจมีบางช่วงที่เกิดอุปสรรคในการทำโครงการ....”

ครู B: “...ดิฉันเห็นด้วยที่มีการจัดทำปฏิทินการปฏิบัติโครงการว่านักเรียนควรดำเนินการ
ในการทำโครงการแต่ละขั้นตอนให้เสร็จภายในช่วงเวลาใด เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนทำงาน เพราะ
นักเรียนบางคนไม่เกิดความกระตือรือร้นในการทำโครงการ ส่วนใหญ่จะเร่งทำในช่วงใกล้สอบจบ การ
กำหนดและตัดสินความก้าวหน้าเป็นระยะจะช่วยกระตุ้นนักเรียนได้มากขึ้น เมื่อพิจารณาจากแบบ
ประเมินในขั้นตอนนี้ที่พัฒนาขึ้นพบว่า มีข้อความประเมินที่ครอบคลุมแล้ว....”

ครู D: “...ในความคิดของผมคิดว่าขั้นตอนนี้นักเรียนต้องใช้ความรู้ความสามารถในการทำโครงการ มีการทดลอง ลองผิดลองถูก เป็นขั้นตอนที่เกิดปัญหาและอุปสรรคอยู่บ่อยครั้ง นักเรียนจะเกิดความท้อแท้ เหนื่อยล้าในขั้นตอนนี้มาก ครูที่ปรึกษาโครงการหรือครูท่านอื่นๆควรเป็นผู้ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา และช่วยผลักดันให้นักเรียนปฏิบัติการได้อย่างราบรื่น ดังนั้นครูที่ปรึกษาจึงมีส่วนสำคัญที่จะต้องพัฒนาตนเองและเรียนรู้จิตวิทยาในการพูดให้คำปรึกษาในด้านต่างๆของนักเรียนรวมถึงการให้กำลังใจกับนักเรียนในขณะที่ทำโครงการซึ่งสอดคล้องกับบทบาทหน้าที่ของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการที่ปรากฏในเอกสาร...”

ครู E: “...จากการที่ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะต้องนำเสนอความก้าวหน้าการทำโครงการ 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ก่อนสอบกลางภาค เป็นการติดตามความก้าวหน้าของงานและการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม และระยะที่ 2 ก่อนสอบปลายภาค เป็นการติดตามความก้าวหน้า ติดตามผล และเตรียมความพร้อมการนำเสนอเพื่อขออนุมัติผลการผ่านการทำโครงการ ซึ่งถือได้ว่าเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมอันเป็นการช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ปฏิบัติการโครงการได้ทันเวลาตามที่วางแผนไว้ อีกทั้งครูผู้สอนและครูที่ปรึกษาควรให้คำแนะนำวิธีการจัดกระทำกับข้อมูลแก่นักเรียน เช่น การออกแบบตารางบันทึกผล เป็นต้น...”

ครู F: “...ดิฉันมีความคิดเห็นเช่นเดียวกับได้อ่านเอกสารว่า ระหว่างที่นักเรียนปฏิบัติการโครงการครูที่ปรึกษาควรกระตุ้นการทำงานของนักเรียนเป็นระยะและคอยสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียนว่าได้มีการแบ่งหน้าที่การทำงานและสมาชิกในกลุ่มทุกคนมีส่วนร่วมในการทำงานตามแผนที่วางแผนไว้หรือไม่ นอกจากนี้ในช่วงท้ายของการปฏิบัติการโครงการครูที่ปรึกษาโครงการควรกระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆจัดให้เป็นระบบเพื่อเตรียมพร้อมสู่การดำเนินงานในขั้นตอนของการเขียนรายงานโครงการต่อไป โดยขั้นตอนนี้ครูควรให้ความรู้เบื้องต้นแก่นักเรียนว่าการเขียนรายงานโครงการมีส่วนประกอบอะไรบ้างเพื่อนักเรียนจะได้เตรียมรวบรวมข้อมูลให้เป็นระบบมากขึ้น...”

ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ

ครู B: “...เมื่อพิจารณาหลักการจัดกิจกรรมในขั้นการเขียนรายงานโครงการดิฉัน**มีคิดเห็นสอดคล้องกับเอกสาร**ที่ได้อ่านว่า การเขียนรายงานโครงการทำให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์สิ่งต่างๆที่ได้มาจากการทดลองและรวบรวมเพื่อใช้เป็นแหล่งข้อมูลในการเขียนรายงานพร้อมทั้งได้ฝึกการเขียนสื่อความต่างๆจากข้อมูลของตนเองให้ผู้อื่นได้เข้าใจตรงกันตามจุดมุ่งหมายที่ตนตั้งไว้ โดย**นักเรียนสามารถศึกษารูปแบบและหัวข้อต่างๆในการเขียนรายงานโครงการจากตัวอย่างของรุ่นพี่ โดยมีครูที่ปรึกษาคอยช่วยดูแล**ลั่นกรองข้อความต่างๆที่ใช้ในการเขียนรายงานให้ถูกต้องตามหลักภาษาไทยและรูปแบบที่กำหนด...”

ครู C: “...ผมคิดว่าจากแนวทางที่เขียนไว้ในเอกสารคู่มือครู **นักเรียนส่วนใหญ่จะสามารถเขียนรายงานโครงการได้อย่างถูกต้องตามหลักการเขียนรายงานในรูปแบบความเรียงขั้นสูง** เนื่องจากขั้นตอนที่ 1-3 ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในงานของตนเองได้เห็นตัวอย่างการเขียนรายงานที่ถูกต้องในเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นจนทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในการเขียนรายงานเชิงวิชาการมากขึ้น ควรเพิ่มเติมกิจกรรม workshop ฝึกปฏิบัติร่วมกันในการเขียนความเรียงขั้นสูง จากวิทยากร/ผู้เชี่ยวชาญด้านการเขียนเชิงวิชาการเพื่อเพิ่มเติมความรู้ให้กับนักเรียน...”

ครู D: “...การเขียนรายงานโครงการเป็นสิ่งที่เขียนตามการวางแผนและปฏิบัติการที่เกิดขึ้นจริง จึงสามารถทราบถึงอุปสรรค/ปัญหาระหว่างการปฏิบัติงาน รวมทั้งการค้นคว้าข้อมูลเชิงวิชาการไม่ใช่ขั้นตอนที่สำคัญมาก เพราะทำจริง คิดจริง การเขียนรายงานก็จะเกิดจากการเขียน/บอกในสิ่งที่คิดวางแผน ทำให้เป็นรูปธรรมขึ้น โดยระยะเวลาที่ใช้ในขั้นตอนนี้คือช่วงปลายภาคเรียนที่ 1 และต้นภาคเรียนที่ 2 ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่ง**เล่มรายงานควรเสร็จสมบูรณ์ก่อนมีการพิจารณาสอบจบโครงการก่อนสอบกลางภาคเรียนที่ 2 ตามที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ในวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้** เพราะก่อนที่นักเรียนจะนำเสนอโครงการในขั้นตอนต่อไปจะต้องมีการสรุปรวบรวมความคิด หลักการ กระบวนการทำงาน ผลที่จะได้จากการศึกษาไว้อย่างเป็นระบบก่อนที่จะนำเสนอในงานในขั้นตอนต่อไป...”

ครู E: “...ดิฉันเห็นด้วยกับแนวทางที่ระบุไว้ในเอกสารที่ได้อ่านเช่นกัน แต่ขอเพิ่มเติมว่า นักเรียนควรมีความรู้ในโปรแกรมต่างๆและมีความชำนาญในการใช้โปรแกรม เช่น การพิมพ์ สัญลักษณ์และสมการทางคณิตศาสตร์ นักเรียนต้องมีความรอบครอบและให้ความสำคัญกับ สัญลักษณ์และสมการทางคณิตศาสตร์ ครูจึงต้องมีการส่งเสริมให้นักเรียนได้ลองใช้โปรแกรมต่างๆให้เป็นตั้งแต่ก่อนเริ่มทำโครงงาน และรู้วิธีการรายงานโครงงานที่ถูกต้อง....”

ครู F: “....ดิฉันคิดว่าการเขียนรายงานโครงงานเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะสรุปผลการทำโครงงานซึ่งจำเป็นต้องใช้ทักษะการสื่อความหมาย ดังนั้นครูที่ปรึกษา/ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนมีความรู้ในการเขียนรายงานในการสื่อความหมายได้ถูกต้อง โดยเนื่องจากโครงงานอยู่ในรายวิชาของวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตร นักเรียนอาจสับสนกับรูปแบบการเขียนรายงานโครงงานเพราะบริบทของคณิตศาสตร์มีความแตกต่างจากวิทยาศาสตร์ ควรแยกการจัดการเรียนรู้การทำโครงงานคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ออกจากกันหรือใช้ตามแนวทางที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเป็นการเสริมหลักสูตร ในส่วนของการเขียนรายงานโครงงานนั้นจากตัวอย่างที่ปรากฏในเอกสารและคู่มือที่พัฒนาขึ้นเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นตัวอย่างในการเขียนรายงานโครงงานได้....”

ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงงาน

ครู A: “...จากเอกสารในขั้นตอนการนำเสนอโครงงานดิฉันคิดว่า การนำเสนอโครงงานของนักเรียนมีรูปแบบการนำเสนอที่ดีแล้ว คือมีการนำเสนอทั้งในรูปแบบบรรยายประกอบ PowerPoint และโปสเตอร์ แต่ควรมีการจัดกิจกรรมออกแบบ PowerPoint และโปสเตอร์ โดยครูที่มีความเชี่ยวชาญหรือเชิญวิทยากรภายนอกมาให้ความรู้เพิ่มเติมในการออกแบบ PowerPoint และโปสเตอร์ เพื่อให้ นักเรียนสามารถสร้างสื่อในการนำเสนอได้ดีขึ้น นอกจากนั้นในขั้นตอนนี้ นักเรียนยังได้ฝึกการเขียนบทความทางวิชาการเพื่อเผยแพร่ผลงานของตนซึ่งนับเป็นเรื่องที่สมควรสนับสนุนโดยตัวอย่างในเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีตัวอย่างของ PowerPoint โปสเตอร์ และการเขียนบทความทางวิชาการให้นักเรียนได้ศึกษาเป็นตัวอย่างในการทำคอนข้างชัดเจนอยู่แล้ว ผู้วิจัยควรเขียนอธิบายขั้นตอนการผลิตสื่อที่ใช้ในการนำเสนอเพื่อใช้เป็นแนวทางการปฏิบัติให้แก่ นักเรียนที่ชัดเจนขึ้น....”

ครู B: “...จากเอกสารดิฉัน**มีความคิดเห็นสอดคล้องว่า** การนำเสนอโครงการไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบใดควรเน้นย้ำให้นักเรียนนำเสนอถึงที่มาและความสำคัญของโครงการที่ทำให้นักเรียนเข้าใจการทำโครงการของตนเองจริงๆว่าทำเพื่ออะไรและได้ประโยชน์อะไรบ้าง เมื่อนักเรียนเข้าใจก็จะสามารถสื่อสารและนำเสนอได้ดี อีกทั้งควรให้นักเรียนขอความอนุเคราะห์จากครูวิชาภาษาอังกฤษในการตรวจสอบความถูกต้องของภาษาและไวยากรณ์ที่ใช้ PowerPoint และโปสเตอร์ รวมทั้งหากนักเรียนมีความพร้อมที่จะนำเสนอโครงการเป็นภาษาอังกฤษครูที่ปรึกษาควรสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือนักเรียนในการฝึกซ้อมและประสานงานกับครูผู้สอนภาษาอังกฤษในการเตรียมพร้อมการนำเสนอของนักเรียน...”

ครู C: “...เมื่อพิจารณาเอกสารที่เขียนไว้ในขั้นตอนการเขียนรายงานโครงการ**ผมมีความคิดเห็นในแนวทางเดียวกันว่า** ขั้นตอนนี้เป็นการสรุปทุกอย่างที่นักเรียนทำทั้งหมดออกมาเป็นคำพูดให้ผู้อื่นได้เข้าใจ เป็นขั้นตอนสำคัญว่าโครงการที่เราทำจะมีผู้ให้ความสนใจและเข้าใจงานของนักเรียนมากน้อยเพียงใด ครูควรแนะนำตัวอย่างการรายงานผลโครงการรูปแบบต่างๆให้นักเรียนได้เข้าใจและลงมือปฏิบัติรายงานผลหรือฝึกนักเรียนอ่านจับใจความและมานำเสนอหน้าชั้นเรียน นอกจากนี้ครูที่ปรึกษาควรฝึกบุคลิกภาพการนำเสนองานให้แก่นักเรียนเพื่อความให้นักเรียนเกิดความมั่นใจในการนำเสนอโครงการของตนเองทำให้เกิดความน่าติดตามการนำเสนอของนักเรียน และเพิ่มความน่าเชื่อถือในการนำเสนอของนักเรียน...”

ครู D: “...ผมคิดว่า การจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนของการนำเสนอโครงการควรให้มีการฝึกซ้อมพูดเพื่อให้นักเรียนกล้าแสดงออก หรือให้ดูการนำเสนอโครงการจากรุ่นพี่เป็นตัวอย่าง สิ่งสำคัญคือจะต้องทำให้ผู้อื่นเข้าใจในโครงการที่ทำ โดยครูผู้สอนวิชาโครงการจัดกิจกรรมโดยเน้นให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติการนำเสนอโครงการต่อสาธารณะ เช่น การจัดงาน Science Fair ของโรงเรียนซึ่งนักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน อีกทั้ง**การเชิญผู้เชี่ยวชาญจากภายนอกมาเป็นกรรมการในการตัดสินและวิพากษ์โครงการตามที่ระบุไว้ในเอกสารเป็นการฝึกการนำเสนอโครงการให้แก่นักเรียนในรูปแบบที่หลากหลายซึ่งนักเรียนจะได้รับประสบการณ์จากการนำเสนอ**งานให้แก่นักวิชาการฟังพร้อมทั้งได้รับคำแนะนำต่างๆจากกรรมการ**อันเป็นผลดีต่อการนำไปพัฒนาต่อยอดทั้งตัวนักเรียนและผลงานโครงการของนักเรียน...**”

ครู E: “...จากเอกสารพบว่าในขั้นนี้ได้มีการพัฒนาแบบประเมินการนำเสนอโครงการที่ หลากหลายมีทั้งครูผู้สอนและครูที่ปรึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ประเมินผลการนำเสนอ โครงการของนักเรียนในรูปแบบบรรยายประกอบสไลด์ PowerPoint จากนั้นได้เชิญผู้เชี่ยวชาญหรือ ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกเข้ามาประเมินและให้คำแนะนำแก่นักเรียนในงาน Science Fair ของ โรงเรียนทั้งในรูปแบบของการนำเสนอแบบบรรยาย ประกอบ PowerPoint และการนำเสนอแบบ โปสเตอร์ โดยในงาน Science Fair นักเรียนจะได้ฝึกนำเสนอโครงการให้แก่เพื่อนและรุ่นน้องซึ่งเป็น โอกาสที่ดีในการสื่อสารงานให้ผู้อื่นได้เข้าใจอย่างหลากหลาย นอกจากนี้ยังมีการประเมินการเขียน บทความทางวิชาการจากครูผู้สอนและครูที่ปรึกษาโครงการเป็นขั้นสุดท้ายนับได้ว่าเป็นการฝึก กระบวนการทำวิจัยที่เหมาะสม...”

ครู F: “...ดิฉันคิดว่า หลังจากทีนักเรียนได้นำเสนอโครงการและได้รับคำแนะนำจากทั้งครู และกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกแล้วควรมีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำคำแนะนำและความ คิดเห็นของนักเรียนไปพัฒนาต่อยอดโครงการให้เป็นรูปธรรมหรือสามารถนำไปใช้งานได้จริง จาก เอกสารคู่มือครูพบว่ามีการเขียนถึงการพัฒนาต่อยอดโครงการซึ่งเป็นจุดที่ควรส่งเสริมให้มี กิจกรรมที่เป็นรูปธรรมสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป...”

กล่าวโดยสรุปในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ พบว่าครูผู้สอนทุกท่านมี ความคิดเห็นที่สอดคล้องกันว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ทั้ง 5 ขั้นตอน มีความ เหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนที่มี ความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรีได้ อีกทั้งได้ให้ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในแต่ละขั้นตอนของการจัดกิจกรรมโดยสรุปได้ดังนี้ ขั้นที่ 1 การคิดและเลือก หัวข้อโครงการ ในด้านกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่โครงการคณิตศาสตร์จำนวน 10 กิจกรรมมี ทั้งที่มีระดับการคิดขั้นพื้นฐานและมีการคิดขั้นสูงซึ่งควรเลือกใช้เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน และเวลาที่ใช้ โดยบางกิจกรรมสามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในช่วงเรียนตาม หลักสูตรวิชาการสืบเสาะและธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยสอดแทรกกิจกรรมบูรณาการ STEM Education เพิ่มเติมเข้าไปในกิจกรรม เพื่อให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้แบบบูรณาการกับสาขาวิชาอื่นอัน ส่งผลให้นักเรียนมีมุมมองที่หลากหลายในการคิดหัวข้อโครงการคณิตศาสตร์ อีกทั้งควรเพิ่มข้อมูลแหล่ง ในการสืบค้นบทความทางวิชาการลงในเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมและคู่มือครูเพื่อความสะดวก

ในการทำกิจกรรมยิ่งขึ้น ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ ควรมีการเพิ่มเติมความรู้เรื่อง การจัดการความเสี่ยงของการทำโครงการให้กับนักเรียนด้วย เพื่อให้การวางแผนการทำงานของ นักเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ ควรเพิ่มเติมปฏิทินการพบครูที่ปรึกษา โครงการให้ชัดเจนเพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสในการปรึกษาโครงการและควบคุมเวลาในการทำโครงการให้ เหมาะสมมากขึ้น ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ นักเรียนควรมีความรู้ในโปรแกรมต่างๆทาง คณิตศาสตร์และให้ความสำคัญกับการพิมพ์สัญลักษณ์และสมการทางคณิตศาสตร์ ครูจึงต้องมีการ ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ใช้โปรแกรมต่างๆทางคณิตศาสตร์ให้เป็นตั้งแต่ก่อนเริ่มทำโครงการเรียนรู้ ระหว่างการทำโครงการตามความเหมาะสม และขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ ควรมีการจัดกิจกรรม ออกแบบ PowerPoint และโปสเตอร์ โดยครูที่มีความเชี่ยวชาญหรือเชิญวิทยากรภายนอกมาให้ ความรู้เพิ่มเติมในการออกแบบ PowerPoint และโปสเตอร์ เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างสื่อในการ นำเสนอได้ดีขึ้น อีกทั้งควรให้นักเรียนขอความอนุเคราะห์จากครูวิชาภาษาอังกฤษในการตรวจสอบ ความถูกต้องของภาษาและไวยากรณ์ที่ใช้ PowerPoint และโปสเตอร์ รวมทั้งหากนักเรียนมีความ พร้อมที่จะนำเสนอโครงการเป็นภาษาอังกฤษครูที่ปรึกษาควรสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือนักเรียน ในการฝึกซ้อมและประสานงานกับครูผู้สอนภาษาอังกฤษในการเตรียมพร้อมการนำเสนอของนักเรียน และหลังจากที่นักเรียนได้นำเสนอโครงการและได้รับคำแนะนำจากทั้งครูและกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ภายนอกแล้วควรมีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำคำแนะนำและความคิดเห็นของนักเรียนไปพัฒนา ต่อยอดโครงการให้เป็นรูปธรรมหรือสามารถนำไปใช้งานได้จริง

3. เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเอกสารคู่มือครู

จากการสนทนากลุ่มของครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้านเอกสารประกอบการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้และเอกสารคู่มือครู ครูผู้สอนทุกท่านมีความคิดเห็นที่สอดคล้องกันดังตัวอย่าง บทสนทนาต่อไปนี้

ครู A: “...จากการอ่านเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมและคู่มือครูที่พัฒนาขึ้นนั้น ดิฉันคิด **ว่าเป็นเอกสารที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการของโรงเรียนได้** โดยเฉพาะการจัดกิจกรรมในขั้นตอนการคิดหัวข้อโครงการนั้นครูควรเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนคิดและ ทำกิจกรรมอย่างเต็มที่เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวคิดและปัญหาของโครงการที่มาจากตัวเองอย่างแท้จริง อาจเพิ่มเติมข้อความชี้แนะแนวทางนี้ลงในคู่มือครูให้ครูผู้นำวิธีการที่พัฒนาขึ้นนำไปใช้อย่างมี

ประสิทธิภาพ และควรระบุคำชี้แจงลงในแต่ละกิจกรรมในเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
ว่าให้นักเรียนตอบคำถามทุกข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดประโยชน์แก่นักเรียนมากที่สุด....”

ครู B: “...ดิฉันมีความเห็นว่า เอกสารคู่มือครูและเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
ที่พัฒนาขึ้นได้มีการอธิบายขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการในแต่ละขั้นตอนได้เห็นภาพ
ของการนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียน ซึ่งควรเพิ่มเติมข้อมูลบทบาทหน้าที่ของ
นักเรียนลงในแต่ละขั้นตอนของการจัดกิจกรรมจะทำให้เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มี
ความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น....”

ครู C: “...ผมมีความคิดเห็นว่า ในส่วนของความเป็นมาและความสำคัญของการจัดกิจกรรมการ
เรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์ได้แก่ ความหมายและ
จุดประสงค์ของโครงการคณิตศาสตร์ ประเภทของโครงการคณิตศาสตร์นั้น ผู้วิจัยได้เรียบเรียงข้อมูล
ได้อย่างเข้าใจง่ายมีความเหมาะสมแล้ว ส่วนตัวอย่างโครงการคณิตศาสตร์ ได้แก่ ตัวอย่างบทความ
ทางคณิตศาสตร์และแหล่งข้อมูลในการสืบค้นตัวอย่างหัวข้อโครงการ ตัวอย่างโครงร่างโครงการ
คณิตศาสตร์ ตัวอย่างรูปแบบการเขียนรายงานโครงการคณิตศาสตร์ ตัวอย่างการเขียนบทความ
วิชาการ ตัวอย่างการสร้างสื่อในการนำเสนอโครงการ ได้แก่ การนำเสนอแบบบรรยายโดยใช้
โปรแกรม Microsoft PowerPoint และการนำเสนอแบบโปสเตอร์ มีความเหมาะสมแล้วและควร
เพิ่มเติมขั้นตอนในการทำสื่อในการนำเสนอให้มีขั้นตอนที่ละเอียดขึ้นจะช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้
ด้วยตนเองได้ดีขึ้น....”

ครู D: “....ผมคิดว่า แนวทางในการประเมินผลการทำโครงการคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้เขียน
ไว้ในเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และคู่มือครูมีความครอบคลุมแล้วโดยแบ่งการ
ประเมินออกเป็น 3 ระยะของกิจกรรมอย่างชัดเจน อีกทั้งยังมีการพัฒนาแบบประเมินออกมาเป็น
รูปธรรมชัดเจนในอนาคตควรพัฒนาเกณฑ์การประเมินให้มีความละเอียดขึ้นจะช่วยให้สามารถ
ประเมินความสามารถการทำโครงการของนักเรียนได้ละเอียดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น....”

ครู E: “...ดิฉันคิดว่า เอกสารในส่วนของกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่โครงการ **คณิตศาสตร์** ซึ่งประกอบด้วย กิจกรรมวิเคราะห์บทคัดย่อ/บทความโครงการคณิตศาสตร์ ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อของโครงการคณิตศาสตร์ จำนวน 10 กิจกรรม เป็นกิจกรรมที่จัดให้นักเรียนที่ทำกิจกรรมนอกเวลาเรียนเพื่อจุดประกายความสนใจหรือแนวคิดในการทำโครงการคณิตศาสตร์เป็นเอกสารที่ดีซึ่งเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการกระตุ้นความคิดการทำโครงการคณิตศาสตร์ให้แก่นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์ สมควรที่จะนำไปใช้ควบคู่กับรายวิชาในหลักสูตรที่ส่งเสริมการทำโครงการของโรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี เพียงแต่จำเป็นต้องเลือกกิจกรรมที่มีความเหมาะสมกับเวลาและความสามารถของนักเรียนในภาพรวม ส่วนกิจกรรมใดที่มีความซับซ้อนทางด้านคณิตศาสตร์ให้นำไปใช้เพิ่มพูนให้แก่เรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และเลือกทำโครงการคณิตศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนให้เปิดมุมมองและความคิดในการทำโครงการคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น....”

ครู F: “...ดิฉันมีความคิดเห็นว่า เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และคู่มือครูที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี เอกสารในส่วนของตัวอย่างการจัด Workshop ส่งเสริมการคิดและการวางแผนการทำโครงการคณิตศาสตร์เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนและเลือกทำโครงการคณิตศาสตร์นั้นหากแสดงตัวอย่างที่หลากหลายกว่านี้จะทำให้เป็นเอกสารแนะแนวทางในการจัดกิจกรรมที่สมบูรณ์มากขึ้น และควรเพิ่มเติมตัวอย่างโครงการที่มากขึ้นซึ่งอาจจัดทำตัวอย่างต่างๆขึ้นออนไลน์ให้นักเรียนสามารถเข้าสืบค้นได้สะดวก....”

กล่าวโดยสรุปในด้านเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเอกสารคู่มือครู พบว่าครูผู้สอนทุกท่านมีความคิดเห็นที่สอดคล้องในแนวทางเดียวกันว่าเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเอกสารคู่มือครูที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นแนวทางในการทำกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียน และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ให้แก่เรียนโรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี โดยมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมโดยเฉพาะการจัดกิจกรรมในขั้นตอนการคิดหัวข้อโครงการนั้นครูควรเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนคิดและทำกิจกรรมอย่างเต็มที่เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวคิดและปัญหาของโครงการที่มาจากตัวนักเรียนอย่างแท้จริง อาจเพิ่มเติมข้อความชี้แนะแนวทางนี้ลงในคู่มือ

ครูให้ครูผู้นำวิธีการที่พัฒนาขึ้นไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ และควรระบุคำชี้แจงลงในแต่ละกิจกรรม ในเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่าให้นักเรียนตอบคำถามทุกข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิด ประโยชน์แก่นักเรียนมากที่สุด ควรเพิ่มเติมข้อมูลบทบาทหน้าที่ของนักเรียนลงในแต่ละขั้นตอนของ การจัดกิจกรรมจะทำให้เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อีกทั้งควร เพิ่มเติมขั้นตอนในการทำสื่อในการนำเสนอให้มีขั้นตอนที่ละเอียดขึ้นจะทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ ด้วยตนเองได้ดีขึ้น ควรแสดงตัวอย่างที่หลากหลายกว่านี้จะทำให้เป็นเอกสารแนะแนวทางในการจัด กิจกรรมที่สมบูรณ์มากขึ้น และควรเพิ่มเติมตัวอย่างโครงงานที่มากขึ้นซึ่งอาจจัดทำตัวอย่างต่างๆขึ้น ออนไลน์ให้นักเรียนสามารถเข้าสืบค้นได้สะดวก และในอนาคตควรพัฒนาเกณฑ์การประเมินให้มีความ ละเอียดขึ้นจะช่วยให้สามารถประเมินความสามารถการทำโครงงานของนักเรียนได้ละเอียดและมี ประสิทธิภาพมากขึ้น

4. การวัดและประเมินผลการทำกิจกรรมโครงงาน

จากการสนทนากลุ่มของครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้านการวัดและ ประเมินผลการทำกิจกรรมโครงงาน ครูผู้สอนทุกท่านมีความคิดเห็นที่สอดคล้องกันดังตัวอย่างบท สนทนาต่อไปนี้

ครู A: “...จากการอ่านเอกสารดิฉันคิดว่า **การวัดและการประเมินผลการทำโครงงานที่ระบุ ไว้ในเอกสาร มีการประเมินผลอย่างต่อเนื่อง มีการกำกับติดตาม กำหนดปฏิทินการประเมินที่ ชัดเจน ทำให้ง่ายต่อการวางแผนการทำงานของนักเรียนเพราะมีช่วงเวลาที่ชัดเจน มีการ ประเมินผลเป็นช่วงๆ** เพื่อให้นักเรียนรู้ว่าเดินมาถูกทางหรือไม่ คณะกรรมการมีหลากหลายมุมมอง หลากหลายประสบการณ์ หลากหลายความรู้ย่อมเป็นเครื่องหมายที่บ่งบอกว่าโครงงานของนักเรียน ต้องได้รับการชี้แนะได้ถูกต้อง นักเรียนจึงสามารถนำไปปรับปรุง แก้ไข ก่อนเริ่มขั้นตอนที่ 2,3,4,... ต่อไป เราได้สร้างรากฐานให้มั่นคงก็สามารถจะเรียนรู้ให้สูงขึ้นๆบนฐานของความมั่นคง...”

ครู B: “...ดิฉันคิดว่า **การประเมินผลค่อนข้างชัดเจนและเหมาะสมในทุกขั้นตอน** ทำให้การ ประเมินผลในภาพรวมค่อนข้างทำได้ง่าย นักเรียนส่วนใหญ่มีความพร้อมในการประเมิน มีการเตรียม ตัวที่ดี ทำให้การแสดงผลงานด้านต่างๆมีความสมบูรณ์มากขึ้น...”

ครู C: “...เมื่อพิจารณาเอกสารในส่วนของการวัดและประเมินผลการทำกิจกรรมโครงการจะเห็นได้ว่าเป็นการประเมินผลที่เข้มข้นมากเพราะครูแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้มาร่วมกันประเมินจึงได้เห็นความคิด ทักษะคิด ต่างๆของครูแต่ละสาขาวิชาว่าคิดต่อโครงการในทิศทางใด เป็นส่วนช่วยให้นักเรียนมีความคิดที่กว้างขึ้นและมีแนวคิดในการต่อยอดโครงการมากขึ้น...”

ครู D: “...ผมมีความคิดเห็นว่า การประเมินผลความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมเพราะพิจารณาจากหลากหลายองค์ประกอบไม่ว่าจากการประเมินความก้าวหน้า หรือการนำเสนอแบบโปสเตอร์ และ แบบบรรยายจากสื่อ PowerPoint เป็นการประเมินที่ครอบคลุมทุกขั้นตอนของการทำโครงการ...”

ครู E: “...จากที่ได้อ่านเอกสารดิฉันคิดว่าการประเมินที่พัฒนาขึ้นเป็นการประเมินที่ใช้เกณฑ์หรือแนวทางการประเมินที่สอดคล้องกับบริบทของโครงการคณิตศาสตร์ ในอนาคตควรเพิ่มเติมรูปรีคในการให้คะแนนที่มีความละเอียดขึ้นเพื่อให้การประเมินมีคุณภาพมากขึ้น...”

ครู F: “...ดิฉันคิดว่า การประเมินผลของนักเรียนควรประเมินทุกขั้นตอนในการทำโครงการเพื่อทราบความก้าวหน้าในการทำโครงการของตนเองและครูที่ปรึกษาได้ทราบความก้าวหน้าเช่นกัน การประเมินครอบคลุมทุกจุดประสงค์และแบ่งช่วงเวลาชัดเจน การประเมินผลความสามารถการทำโครงการของนักเรียนมีความเหมาะสม สอดคล้องและเหมาะสมกับบริบทของวิชาคณิตศาสตร์...”

กล่าวโดยสรุปในด้านการวัดและประเมินผลการทำกิจกรรมโครงการพบว่าครูผู้สอนทุกท่านมีความคิดเห็นที่สอดคล้องในแนวทางเดียวกันว่า การวัดและประเมินผลการทำกิจกรรมโครงการที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นแนวทางในการการวัดและประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ครอบคลุมทุกระยะของการทำกิจกรรมโครงการของนักเรียน ทั้งนี้ได้มีข้อเสนอแนะให้เพิ่มเติมรูปรีคในการให้คะแนนที่มีความละเอียดขึ้นเพื่อให้การประเมินมีคุณภาพมากขึ้นในอนาคต

จากความคิดเห็นของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการงานคณิตศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี จากการสนทนากลุ่ม (Focus Group) พบว่าวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการงานคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ให้แก่นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี โดยมีความคิดเห็นว่าด้านจุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับหลักสูตรของโรงเรียน ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการงานคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมหลักสูตรและสามารถนำกิจกรรมการเรียนรู้ไปปรับใช้ในรายวิชาที่ส่งเสริมการทำโครงการตามหลักสูตรได้ เช่น กิจกรรมวิเคราะห์บทคัดย่อ/บทความโครงการงานคณิตศาสตร์ ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อของโครงการคณิตศาสตร์ โดยเลือกกิจกรรมที่ใช้เวลาที่เหมาะสมกับคาบเรียนในรายวิชาการสืบเสาะและธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น ด้านเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และ เอกสารคู่มือครู มีความเหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการทำโครงการงานคณิตศาสตร์ของนักเรียนและเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการงานคณิตศาสตร์ของครูได้ และด้านการวัดและประเมินผล มีการแบ่งระยะของการประเมินที่เหมาะสมและแบบประเมินที่สร้างขึ้นเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการประเมินผลความสามารถในการทำโครงการงานคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ อีกทั้งวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสมควรที่จะนำไปเผยแพร่ให้แก่กลุ่มโรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย ทั้ง 12 แห่ง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคต่อไป

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยและพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ดำเนินการวิจัยในลักษณะของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ (1) พัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) และ(2) ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) โดยมีวิธีการดำเนินงาน 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการของครูผู้สอนโครงการคณิตศาสตร์ ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์โดยการสังเคราะห์เอกสารและผู้เชี่ยวชาญ ขั้นตอนที่ 3 การนำวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ไปตรวจสอบประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ และวิธีการสนทนากลุ่มของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์ และขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุงวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) จำนวน 6 คน ที่ได้จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) ซึ่งใช้เกณฑ์ในการเลือกโดยเลือกจากครูที่มีประสบการณ์ในการเป็นที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์อย่างน้อย 1 ปีการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ประกอบด้วย เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ แบบประเมินโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ฯ และเครื่องมือวัดประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านความคิดเห็นจากการสนทนากลุ่ม (Focus Group)

วิเคราะห์ข้อมูลจากประสิทธิภาพของการพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยประสิทธิภาพที่ได้จากการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พิจารณาจาก 2 ด้าน ได้แก่ ด้านความเหมาะสม ถ้าได้คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 แสดงว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสม และด้านความสอดคล้อง (IOC) โดยถ้ามีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แสดงว่าวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้อง เกณฑ์การตัดสิน คือ ถ้าโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมและมีความสอดคล้อง แสดงว่าวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และประสิทธิภาพที่ได้จากความคิดเห็นของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์ จากการสนทนากลุ่ม (Focus Group) ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. ผู้วิจัยได้พัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ให้เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เสริมหลักสูตรของโรงเรียน ประกอบด้วย เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเอกสารคู่มือครู

2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)

2.1 ด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่าประเด็นต่างๆภาพรวมของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยตั้งแต่ 4.46 ถึง 4.57 (เฉลี่ย 4.51 มีความเหมาะสมมากที่สุด) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตั้งแต่ 0.53 ถึง 0.58 (เฉลี่ย 0.48) แสดงว่าโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอน

ปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) มีความเหมาะสมตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และพบว่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างประเด็นต่างๆขององค์ประกอบวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าตั้งแต่ 0.67 ถึง 1.00 แสดงว่าโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) มีความสอดคล้องตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ด้านความคิดเห็นของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี ซึ่งได้จากการจากการสนทนากลุ่ม (Focus Group) ความคิดเห็นของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี พบว่าครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์มีความเห็นว่าวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ให้แก่นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรีได้ โดยมีความคิดเห็นว่าด้านจุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับหลักสูตรของโรงเรียน ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมหลักสูตรและสามารถนำกิจกรรมการเรียนรู้ไปปรับใช้ในรายวิชาที่ส่งเสริมการทำโครงการตามหลักสูตรได้ เช่น กิจกรรมวิเคราะห์หีบห่อ/บทความโครงการคณิตศาสตร์ ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อของโครงการคณิตศาสตร์ โดยเลือกกิจกรรมที่ใช้เวลาที่เหมาะสมกับคาบเรียนในรายวิชาการสืบเสาะและธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น ด้านเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และ เอกสารคู่มือครู มีความเหมาะสมกับบริบทของโรงเรียน สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนและเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ของครูได้ และด้านการวัดและประเมินผล มีการแบ่งระยะของการประเมินที่เหมาะสมและแบบประเมินที่สร้างขึ้นเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการประเมินผลความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ อีกทั้งวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสมควรที่จะนำไปเผยแพร่ให้แก่กลุ่มโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย

ทั้ง 12 โรงเรียน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ของโรงเรียน
วิทยาศาสตร์ภูมิภาคต่อไป

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยเรื่อง การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับ
นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬารัตนราช-
วิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ซึ่งผู้วิจัยนำมาอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ผลจากการพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ฯ พบว่าสามารถเรียบ
เรียงวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ฯ ซึ่งรวบรวมอยู่ในเอกสารประกอบการจัดกิจกรรม
การเรียนรู้ และเอกสารคู่มือครูขึ้นได้นั้น ผลมาจากการสังเคราะห์เอกสาร ความคิดเห็นของครูกลุ่ม
สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย เพชรบุรี และประสบการณ์การเป็นครูที่
ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ของผู้วิจัยที่สอดคล้องกับ
ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งมีหลักการที่สำคัญว่า ในการเรียนรู้ผู้เรียน
จะต้องเป็นผู้กระทำ (Active) และสร้างความรู้ ของ อันเดอร์ฮิลล์ (Underhill, 1991), แกลสเซอร์ส
เฟล (Glaserfeld, 1995) และ ฟอสโนต (Fosnot, 1996) และสัมพันธ์กับแนวคิดของการเรียนรู้
ร่วมกัน (Collaborative Learning) ของ ทินซ์แมนน์ และคนอื่นๆ (Tinzmann and other, 1990),
อารีรักษ์ มีแจ้ง (2547) และเนาวนิตย์ สงคราม (2553) ที่เน้นบทบาทไปที่ผู้เรียน โดยผู้เรียนมีการจัด
กลุ่มการทำงานที่เกิดจากสมาชิกที่มีความสนใจในเรื่องเดียวกัน ขนาดของกลุ่มแต่ละกลุ่มอาจมีไม่
เท่ากัน มีการแลกเปลี่ยน แบ่งปันประสบการณ์ และความรู้ที่ตนมีกับสมาชิกในกลุ่ม ซึ่งผู้สอนมีส่วน
ร่วมในการสนทนาสนับสนุนความรู้ ลักษณะงานเป็นงานที่ต้องทำร่วมกัน สมาชิกในกลุ่มเห็นชอบและ
มีการวางแผนกิจกรรมร่วมกันและตรงกับสิ่งที่ตนสนใจ ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกใน
การสภาพการเรียนรู้และคอยให้ความช่วยเหลือ

2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ฯ ด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านความคิดเห็นของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์ พบว่าโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ฯ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ เมื่อเมื่อพิจารณารายด้านพบว่าด้านเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเอกสารคู่มือครูมีความเหมาะสมมากที่สุด เพราะได้รวบรวมจุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ การวัดและประเมินผลไว้ในเอกสารอย่างครบถ้วน สามารถศึกษาแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ได้ตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในเอกสารได้เข้าใจง่ายและคาดว่าจะสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการ สอดคล้องกับชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (ม.ป.ป.: 8-13) และวิมลศรี สุวรรณรัตน์ และมาฆะ ทิพย์ศรี (2551:23-27) ที่ มานัส ทิพย์สัมฤทธิ์กุล (2550: 7-9) และนภัสสร สุทธิกุล (2553: 22-27) กล่าวถึง การทำโครงการว่ามี 5 ขั้นตอนดังนี้ 1) การเลือกหัวเรื่องหรือปัญหา 2) การวางแผนในการทำ 3) การลงมือทำโครงการ 4) การเขียนรายงาน และ 5) การแสดงผลงาน โดยวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นล้วนแต่มีขั้นตอนทั้ง 5 ขั้นตอนที่สอดคล้องกันอีกทั้งได้จัดกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดเพื่อนำเข้าสู่โครงการคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสนใจมาทำโครงการคณิตศาสตร์ และมีกิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาต่อยอดโครงการของตนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ส่วนด้านการวัดและการประเมินผลการทำกิจกรรมนั้นเป็นการประเมินตามสภาพจริง โดยขั้นตอนการประเมินผลนั้น มีทั้งการประเมินก่อน ระหว่าง และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งสอดคล้องกับ พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, เพยาวี ยินดีสุข และราชน มีศรี (2549:100-101) ที่ระบุว่า การประเมินผลนั้นแบ่งออกเป็นการประเมินเพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่อง การประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน และการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนโดยรูปแบบที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีการประเมินทั้ง 3 ด้านตลอดการจัดกิจกรรม

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะที่สำคัญดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรเลือกใช้กิจกรรมจากชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อของโครงการคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับเวลาและความสามารถของนักเรียน และครูควรเป็นผู้กระตุ้นการคิดของนักเรียนเพื่อนำไปสู่โครงการคณิตศาสตร์จากการทำกิจกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ
2. ควรมีการทดลองใช้วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ในโรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัยทั้ง 12 โรงเรียน และโรงเรียนอื่นๆที่มีความเหมาะสม
3. ควรเพิ่มบทบาทหน้าที่ของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ และควรสร้างรายละเอียดเกณฑ์การประเมินกิจกรรมในแต่ละช่วงของการประเมินให้มีความชัดเจน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถระดับปกติ หรือช่วงชั้นอื่นๆโดยปรับให้เหมาะสมกับความสามารถและวัยของนักเรียน
2. ควรมีการวิจัยและติดตามผลระยะยาวเพื่อส่งเสริมความสามารถในการทำโครงการและการพัฒนาต่อยอดโครงการคณิตศาสตร์

รายการอ้างอิง

- Allinger, G. D., & other. (1999). *Mathematics Projects Handbook*. Virginia: NCTM.
- Brown, S. I., & Walter, M. I. (1983). *The art of problem posing*. Hillsdale, NJ: L. Erlbaum Associates.
- Cord, J. B. (1999). *Project-Based Learning*. New York: Holt Rinehart and Winston.
- Costa, A. L. (1985). The behaviors of intelligence. In A. L. Costa (Ed.). *Developing minds*, 66-68.
- Ennis, R. H. (1985). Goals for a critical thinking curriculum. In A. L. Costa (Ed.). *Developing minds*, 54-57.
- Fosnot, C. (1996). *Constructivism: Theory, perspectives, and practice*. NY: Teachers College Press.
- Glaserfeld, E. (1995). Introduction: Aspect of constructivism. In C. Fosnot (Ed.), *Constructivism. Theory, perspectives, and practice* (Teacher College Press), 3-7.
- Good, C. V. (1993). *Dictionary of Education*. New York: McGraw-Hill Book.
- Hargrave, & Odessa Starr. (2004). *Project-Based Learning in the classroom*.: M.A.E. Dissertation Pacific Lutheran University.
- Harnadek, A. E. (1986). *Critical thinking*. Midwest Publications.
- Holt, Rinehart, & Winston. (1965). *The Study of Human Interaction*. (Newcomb, T.M.; Turner, R.H.; Converse, P.E. Social Psychology), New York.
- Joyce, B. R., & Weil, M. (2000). *Personality and Learning Styles; Adapting to Individual Differences*. In *Models of Teaching* (6th ed., pp. 97-108): Allyn and Bacon.
- Krajcik J.S. , & others. (1994). A Collaborative Model for Helping Middle Grade Science Teachers Learn Project-Based Instruction. *Elementary School Journal*, 94(5), 483-497.
- Matthews, M. R. (1994). *Science teacher : The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- Meyer, D. K., & and others. (1997). Challenge in Mathematics Classroom Student Motivation and Strategies in Project-Based Learning. *Elementary School Journal*, 97(5).
- Michael, B. (2005). *Mathematics and Music: Relating Science to Arts*.

- Parnes, S. J. I. (1978). *Educación y creatividad*. In J. C. Gowan: G.
- PBL Guide Project-Based Learning A Resource for Instructors and Program Coordinators*. (2015). National Academy Foundation and Pearson Foundation.
- Polya, G. (1957). *How To Solve It. ” A New Aspect of Mathematical Method*. Garden City: New York: Doubleday and Company.
- Project-Based Learning: Inspiring Middle School Student to engage in Deep and Active Learning*. . (2009). NYC Department of Education.
- Reigeluth. (1983). *Instructional- design Theories and Models Volume II*. New York: Indiana University.
- Tamim, S. R., & Grant, M. M. (2013). *Definitions and Uses: Case Study of Teachers Implementing Project-based Learning*: Interdisciplinary Journal of Problem - based Learning Purdue University.
- Thomas, J. W. (1993). *A Review of Research on Project-Based Learning*. California: Autodesk Foundation California.
- Underhill, R. G. (1991). *Two layer of constructivist curricular interaction*. In E.von Glasersfeld (Ed), *Radical Constructivist in mathematics education*. Dordrecht, The Natherlands: Kluwer academic.
- Vygotsky, L. (1978). *Interaction between learning and development*: Readings on the development of children.
- William, W. (1993). *A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality*. . Washington: Washington Technology Center.
- กรมวิชาการ. (2540). 101โครงการคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2531). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- โครงการคณิตศาสตร์. (2551). กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).
- จิณดิษฐ์ ละออปกษิณ. (2550). การพัฒนาหลักสูตรเรขาคณิตวิยุค สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง. (ปริญญาานิพนธ์ศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,
- จิราภรณ์ ศิริทวี. (2542). โครงการทางเลือกใหม่ของการสร้างปัญญาชน. วารสารวิชาการ(2), 33-38.
- จุไรรัตน์ ปั้งผลพูน. (2555). การพัฒนาผลการเรียนรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงการ. (ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต)

- สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ บัณฑิตวิทยาลัย), มหาวิทยาลัยศิลปากร,
 ฉลอง ภิรมย์รัตน์. (2521). กระบวนการกลุ่ม. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยครูภูเก็ต.
- ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี. (2555). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถ ในการคิด
 ขั้นสูงและจิตตนิสัยของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). (สาขาวิชาหลักสูตรและ
 การสอน บัณฑิตวิทยาลัย), มหาวิทยาลัยศิลปากร,
- ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช. (2544). เอกสารแบบฝึกหัดโครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 3.
 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แม่ใจ.
- ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล, ม. ป. ป. (2555). โครงการคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- ชาติรี เกิดธรรม. (2547). เทคนิคการสอนแบบโครงการ. กรุงเทพมหานคร: ชมรมเด็ก.
- ทิตนา แคมมณี. (2545). 14 ศาสตร์การสอน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แคมมณี. (2553). ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพมหานคร:
 สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แคมมณี. (2554). รูปแบบการสอน: ทางเลือกที่หลากหลาย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
 มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แคมมณี และเยาวภา เดชะคุปต์. (2522). ประวัติความเป็นมาและทฤษฎีเกี่ยวกับกลุ่มสัมพันธ์ กลุ่มสัมพันธ์:
 ทฤษฎีและแนวปฏิบัติ เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร: บูรพาศิลป์การพิมพ์.
- ธีรชัย ปุระณโชติ. (2531). คู่มือสำหรับครูการสอนโครงการวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: บริษัทเคล็ดไทย จำกัด.
- นภัสสร สุทธิกุล. (2546). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการทำโครงการ
 คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพมงคลรังษี จังหวัดกาญจนบุรี. (วิทยานิพนธ์
 ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์), มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช,
- นภัสสร สุทธิกุล. (2553). การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโครงการคณิตศาสตร์. นนทบุรี: บุ๊คพอยท์.
- เนาวนิตย์ สงคราม. (2553). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงการและการเรียนรู้ร่วมกันเพื่อ การสร้างความรู้ที่
 เป็นนวัตกรรมสำหรับนิสิต นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์บัณฑิตในสถาบันอุดมศึกษา ของรัฐ. รายงานวิจัยสำนักงาน
 คณะกรรมการการอุดมศึกษา.
- บุษบา บุญชู. (2545). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์
 เรื่องบทประยุกต์ด้วยวิธีสอนแบบโครงการ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการ
 สอน), มหาวิทยาลัยนเรศวร,
- บุรชัย ศิริมหาสาร. (2547). การออกแบบหลักสูตรและกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการ. กรุงเทพมหานคร: บุ๊ค
 พอยท์.
- พรรณพิศ วานิชยก. (2528). การทำงานแบบกลุ่ม. สารานุกรม. 1 (กรกฎาคม – กันยายน 2528).
- พิชกร แปลงประสพโชค. (2539). เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนคณิตศาสตร์ หน้าที่ 8-15. นนทบุรี:
 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- พิชกร แปลงประสพโชค. (2540). การพัฒนาหลักสูตรพิเศษทางเรขาคณิตเสริมสำหรับนักเรียน มัธยมศึกษาตอนต้นที่
 มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์. (ปริญญาโทศึกษาศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิ

โรดม,

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ. (2549). การสอนคิดด้วยโครงการการเรียนการสอนแบบบูรณาการทักษะในศตวรรษที่

21. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ. (2556). โครงการงานวิทยาศาสตร์ : การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการเพื่อพัฒนาการ

คิด. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มนธิดา สีสะธณี. (2549). หนังสือส่งเสริมการพัฒนาการทำโครงการวิทยาศาสตร์ระดับโรงเรียน : โครงการงานวิทยาศาสตร์

แบบงานวิจัย. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (2555). โครงการ อบรมเรื่อง การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงการเป็นฐาน

(*Project Base Learning : PjBL*). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

มาฆะ ทิพย์ศิริ. (2545). คู่มือการจัดการเรียนรู้โครงการวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพ

วิชาการ.

มานัส ทิพย์สัมฤทธิ์กุล. (2550). กิจกรรมการเรียนรู้สู่โครงการคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: เป็นภาษาและศิลปะ.

มาเรียม นิลพันธุ์. (2557). วิธีวิจัยทางการศึกษา. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ยุทธ ไกยวรรณ. (2545). พื้นฐานการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.

ยุพร ริมชลการ. (2543). การพัฒนาหลักสูตรพีชคณิตสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีความสามารถพิเศษ

ทางคณิตศาสตร์. (ปริญญาานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ดุขภูมิจิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,

ยุพิน พิพิธกุล. (2544). โครงการคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: แม็ค.

ยุพิน พิพิธกุล. (2545). การเรียนการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: บพิธการพิมพ์จำกัด.

เยาวพา เดชะคุปต์. (2544). การทำโครงการในชั้นเด็กเล็ก. วารสารการศึกษาปฐมวัย(5), 9-13.

ราตรี ทองสามสี. (2547). การพัฒนาผลการเรียนรู้ เรื่องโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่3 โดย

วิธีสอนแบบโครงการ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ

บัณฑิตวิทยาลัย), มหาวิทยาลัยศิลปากร,

รุจิรัตน์ รุ่งหัวไผ่. (2549). การศึกษาความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์.

(ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,

ลัดดา ภูเกียรติ. (2544a). กิจกรรมการเรียนการสอนแบบโครงการ: ประมวลบทความนวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้สำหรับ

ครูยุคปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลัดดา ภูเกียรติ. (2544b). โครงการเพื่อการเรียนรู้หลักการและแนวทางการจัดกิจกรรม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรรณวิไล หงส์ทอง. (2551). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการ

จัดการเรียนรู้แบบโครงการ. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ มหาบัณฑิตสาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ บัณฑิต

วิทยาลัย), มหาวิทยาลัยศิลปากร,

วรรณิ แกมเกตุ. (2551). วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย.

วัชรา เล่าเรียนดี. (2552). เทคนิคและยุทธวิธีพัฒนาทักษะการคิดและการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ.

นครปฐม: ภาควิชาหลักสูตรและวิธีสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วัฒนา มัคคสมัน. (2554). การสอนแบบโครงงาน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิมลศรี สุวรรณรัตน์, & และมาฆะ ทิพย์ศิริ. (2547). โครงงานวิจัย. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

ศรีสะอาด, บ. (2553). การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น.

ศักดิ์ดา ศรีผางค์. (2547). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยโครงงานเรื่อง สถิติเบื้องต้น ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย),
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2530). คู่มือการทำและจัดแสดงโครงงานวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2531). คู่มือการทำและการจัดแสดงโครงงานวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). คู่มือการทำและจัดแสดงโครงงานวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี.

สมยศ นาวิกการ. (2523). การบริหาร. กรุงเทพมหานคร: ดวงกมล.

สมวงษ์ แปลงประสพโชค และคณะ. (2545). กรุงเทพมหานคร: Learn and Play MATHGROUP.

สมวงษ์ แปลงประสพโชค และคณะ. (2548). จุดประกายโครงงานคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์พิทักษ์การ
พิมพ์.

สมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรณ. (2545). การยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการประเมินตามสภาพจริง. เชียงใหม่.

สมศักดิ์ สีนุระเวชญ์ และคณะ. (2546). แบบฝึกหัดสาระการเรียนรู้พื้นฐานชุดปฏิรูปการเรียนรู้วิธีการเรียนรู้
คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์วัฒนา.

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2541). คู่มือโครงงานคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: บริษัท
การพิมพ์.

สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2530). การประกวดโครงงานและกิจกรรมวิทยาศาสตร์
ประจำปี 2530. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์พันธ์พิบลิชซิ่ง.

สำเร็จ บุญเรืองรัตน์. (2528). แบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์: ความเที่ยงและความตรง. วารสารการวัดผลการศึกษา, 7(20)
58-64.

สุพล วังสินธุ์. (2543). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สู่โครงงาน. วารสารวิชาการ, 3(11-15).

สุพิน ดิษฐสกุล. (2543). การเรียนรู้ด้วยวิธีทำโครงงาน. กรุงเทพมหานคร: วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์.

สุรางค์ สากร. (2531). การศึกษาวิเคราะห์โครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา พ.ศ. 2529 - 2531.

(วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

สุวรร กัญจนมยุร. (2545). โครงงานคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

สุวิทย์ มูลคำ, & และอรทัย มูลคำ. (2545). 21 วิธีจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์

แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

หลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2544 (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2557) (2557).

อัมพร ม้าคะนอง. (2553). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคะนอง. (2546). คณิตศาสตร์: การสอนและการเรียนรู้. กรุงเทพมหานคร.

อารีรักษ์ มีแจ่ม. (2547). การพัฒนารูปแบบการสอนกลวิธีการอ่านภาษาอังกฤษโดยใช้หลักการเรียนรู้ แบบร่วมงานเพื่อส่งเสริมผลการเรียนรู้การอ่านสำหรับนักศึกษา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญา ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

อุษณีย์ โพธิสุข. (2537). เอกสารประกอบการสอน วิธีสอนเด็กปัญญาเลิศ. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชา การศึกษาพิเศษ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

อุษณีย์ อนุรุทรวงศ์. (2555). การเสาะหา/คัดเลือกผู้มีความสามารถพิเศษ. กรุงเทพมหานคร: อินทร์ณน.





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย และประเมินผลการวิจัย
หนังสือเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย และประเมินผลการวิจัย
และหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

1. ดร. จุฬากรณ์ มาสันเทียะ ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษานักวิชาการอิสระ
2. อาจารย์ ดร. กลมรัตน์ กำจรกิตติคุณ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
อำเภอเมืองกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี รหัสไปรษณีย์ 71190
3. อาจารย์พีชานิกา เพชรสังข์ ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
อำเภอเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี รหัสไปรษณีย์ 76000

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินโครงสร้างวิธีการจัดการเรียนรู้อัตนศึกษาโครงการคณิตศาสตร์ฯ

1. อาจารย์ ดร. พรรณี เทพสุตร ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนโครงการคณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านลาดวิทยา
อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี 76150
2. อาจารย์สุชาติ เสมประวัตติ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
อำเภอเมืองกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี รหัสไปรษณีย์ 71190
3. อาจารย์ ดร. กฤษณา วรพิน ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
อำเภอเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี รหัสไปรษณีย์ 76000

รายนามครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการที่ร่วมสนทนากลุ่ม

1. นางสาวแสงเดือน บัวเจริญ ตำแหน่ง ครู คศ. 2 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี
2. นายศรัณย์ แสงนิลาวิวัฒน์ ตำแหน่ง ครู คศ. 2 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี
3. นางสาวพิชญ์สินี คงสุขคนธ์ ตำแหน่ง ครู คศ. 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี
4. นางสาวหทัยชนก เทียนทอง ตำแหน่ง ครู คศ. 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี
5. นางสาวพิชญานันท์ บุญแรม ตำแหน่ง ครู คศ. 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี
6. นายจิรคุณ เอิบอิม ตำแหน่ง ครูผู้ช่วย โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี



ที่ ศธ 6806 (นค) / 2331
คท

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสกลนคร
พระราชวังสนามจันทร์
อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

2 เมษายน 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ดร.จุฑาทกรณ์ มาสันเทียะ

ด้วย นายศักดิ์รินทร์ จันทร์นาค รหัสประจำตัว 57316307 นักศึกษาระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชา คณิตศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสกลนคร กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬารามราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) "

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสกลนคร มีความประสงค์ ขอเรียนเชิญท่านในฐานะผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัยให้กับนักศึกษาดังกล่าว เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ไชยศ ไพวิทยศิริธรรม)

รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ฝ่ายวิชาการและวิจัย

รักษาการแทน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย
นครปฐม โทร.034-218790



ที่ ศธ 6806 (นศ)/2932

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
พระราชวังสนามจันทร์
อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

2 เมษายน 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.กมลนันทน์ กำจรกิตติคุณ

ด้วย นายศักดิ์รินทร์ จันทร์นาค รหัสประจำตัว 57316307 นักศึกษาระดับปริญญาโท บัณฑิต
สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) "

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร มีความประสงค์ ขอเรียนเชิญท่านในฐานะผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัยให้กับนักศึกษาดังกล่าว เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพชิต ไพวิทยศิริธรรม)

รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ฝ่ายวิชาการและวิจัย

รักษาการแทน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย
นครปฐม โทร.034-218790



ที่ ศษ 6806 (นศ.) / 2335

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
พระราชวังสนามจันทร์
อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

2 เมษายน 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์พีชณิกา เพชรสังข์

ด้วย นายศักดิ์รินทร์ จันทน์นาค รหัสประจำตัว 57316307 นักศึกษาระดับปริญญาโท บัณฑิต
สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) "

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร มีความประสงค์ ขอเรียนเชิญท่านในฐานะผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัยให้กับนักศึกษาดังกล่าว เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ไชยยศ ไพวิทยศิริธรรม)

รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ฝ่ายวิชาการและวิจัย

รักษาการแทน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย
นครปฐม โทร.034-218790



ที่ ศธ 6806 (พ.ศ.) / 2330

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสกลนคร
พระราชวังสนามจันทร์
อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

2 เมษายน 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.พรณี เทพสุตร

ด้วย นายศักดิ์รินทร์ จันทร์นาค รหัสประจำตัว 57316307 นักศึกษาระดับปริญญาโทบัณฑิต
สาขาวิชา คณิตศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสกลนคร กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้าน
คณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) "

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสกลนคร มีความประสงค์ ขอเรียนเชิญท่านในฐานะผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้
ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัยให้กับนักศึกษาดังกล่าว เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ไสยศ ไพวิทยศิริธรรม)

รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ฝ่ายวิชาการและวิจัย

รักษาการแทน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย
นครปฐม โทร.034-218790



ที่ ศธ 6806 (สช) / 2333

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
พระราชวังสนามจันทร์
อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

2 เมษายน 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์สุชาติ เสมประวัตติ

ด้วย นายศักดิ์นรินทร์ จันทร์นาค รหัสประจำตัว 57316307 นักศึกษาระดับปริญญาโทบัณฑิต
สาขาวิชา คณิตศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้าน
คณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) "

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร มีความประสงค์ ขอเรียนเชิญท่านในฐานะผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้
ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัยให้กับนักศึกษาดังกล่าว เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ไชยยศ ไพวิทยศิริธรรม)

รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ฝ่ายวิชาการและวิจัย

รักษาการแทน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย
นครปฐม โทร.034-218790



ที่ ศธ 6806 (ทศ) / 2334

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
พระราชวังสนามจันทร์
อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

2 เมษายน 2561

เรื่อง ขออนุญาตเป็นผู้ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.กฤษฎา วรพิน

ด้วย นายศักดิ์รินทร์ จันทร์นาค รหัสประจำตัว 57316307 นักศึกษาระดับปริญญาโทบัณฑิต
สาขาวิชา คณิตศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้าน
คณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) "

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร มีความประสงค์ ขอรบกวนเรียนเชิญท่านในฐานะผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้
ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัยให้กับนักศึกษาดังกล่าว เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ไชยยศ ไพวิทยศิริธรรม)

รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ฝ่ายวิชาการและวิจัย

รักษาการแทน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย
นครปฐม โทร.034-218790



ที่ ศธ 6806 (ทอ) 2336

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
พระราชวังสนามจันทร์
อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

2 เมษายน 2561

เรื่อง ขอเชิญเข้าร่วมสนทนากลุ่ม

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนจุฬารัตน์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี

ด้วย นายศักดิ์รินทร์ จันทร์นาค รหัสประจำตัว 57316307 นักศึกษาระดับปริญญาโท บัณฑิต
สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬารัตน์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) " มีความประสงค์ ขอเชิญ ครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เข้าร่วมสนทนากลุ่ม ในวันที่ 18 เมษายน 2561 เวลา 09.00-11.30 น. ณ โรงเรียนจุฬารัตน์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร จึงขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดเข้าร่วมสนทนากลุ่มตามวันเวลาและสถานที่ดังกล่าวด้วย

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูริศ พิทยศิริธรรม)

รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ฝ่ายวิชาการและวิจัย

รักษาการแทน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

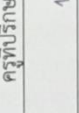
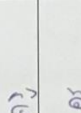
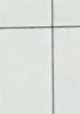
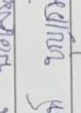


สำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย
นครปฐม โทร.034-218790

แบบลงทะเบียนเข้าร่วมการสนทนากลุ่ม

เรื่อง การพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้อิงโครงงานคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์
โรงเรียนจุฬารามราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)

THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICS PROJECTS INSTRUCTIONAL PROCEDURE FOR UPPER SECONDARY STUDENTS TALENTED IN MATHEMATICS
AT PRINCESS CHULABHORN SCIENCE HIGH SCHOOL PHETCHABURI

วันที่ 18 เมษายน 2561 ณ โรงเรียนจุฬารามราชวิทยาลัย เพชรบุรี

ที่	ชื่อ-นามสกุล	ตำแหน่ง	ประสบการณ์การสอน/โครงการ/ครูที่ปรึกษาโครงการ (ปี)	ลงชื่อ	หมายเหตุ
1	นายอภิรักษ์ วัฒนศิริ	ครู	10		
2	นายศิริ วัฒนศิริ	ครู	1		
3	นางสาววิมลศิริ วัฒนศิริ	ครู	5		
4	อ.ส. วัฒนศิริ	ครู	2		
5	นางสาววิมลศิริ วัฒนศิริ	ครู	2		
6	นางสาววิมลศิริ วัฒนศิริ	ครู	4		



ภาคผนวก ข
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตารางที่ 3 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบสำรวจรายการกับองค์ประกอบต่างๆของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็น
	1	2	3			
1. จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้						
1.1 ส่งเสริมให้นักเรียนได้เข้าใจเกี่ยวกับระเบียบวิธีการทำโครงการทางคณิตศาสตร์บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
1.2 ส่งเสริมให้นักเรียนได้ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ความสนใจหรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
1.3 ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
1.4 ส่งเสริมให้นักเรียนได้ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่นปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้และจำนวนครั้งของการสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างเพียงพอ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
1.5 ส่งเสริมให้นักเรียนได้จัดกระทำข้อมูลอย่างเป็นระบบโดยคำนึงถึงการรายงานผลที่มีระดับความถูกต้อง และนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
1.6 ส่งเสริมให้นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และ ประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

รายการประเมิน	ความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความ คิดเห็น
	1	2	3			
1.7 ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำผลของการสำรวจ ตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไป สร้างคำถามใหม่นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ ใหม่ และในชีวิตประจำวัน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
1.8 ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมรับผิดชอบการอธิบาย การลงความเห็น และการสรุปผลการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ที่นำเสนอต่อสาธารณชนด้วยความ ถูกต้อง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
1.9 ส่งเสริมให้นักเรียนได้บันทึกและอธิบายผลการ สำรวจ ตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐาน อ้างอิง หรือค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิง ที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิม อาจมีการ เปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่ เพิ่มเติม หรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการ ตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การ ยอมรับเป็นความรู้ใหม่	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
1.10 ส่งเสริมให้นักเรียนได้จัดแสดงผลงาน เขียน รายงานในรูปแบบความเรียงชั้นสูงและอธิบาย เกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการ ให้ผู้อื่นเข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการ						
2.1 เหมาะสมกับศักยภาพของนักเรียนที่มีความ สามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2.2 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2.3 ความเหมาะสมกับหลักสูตรโรงเรียน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2.4 เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของการจัด กิจกรรม การเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์แต่ละขั้นตอน ขั้นที่ 1 การคิดและการเลือกหัวข้อโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

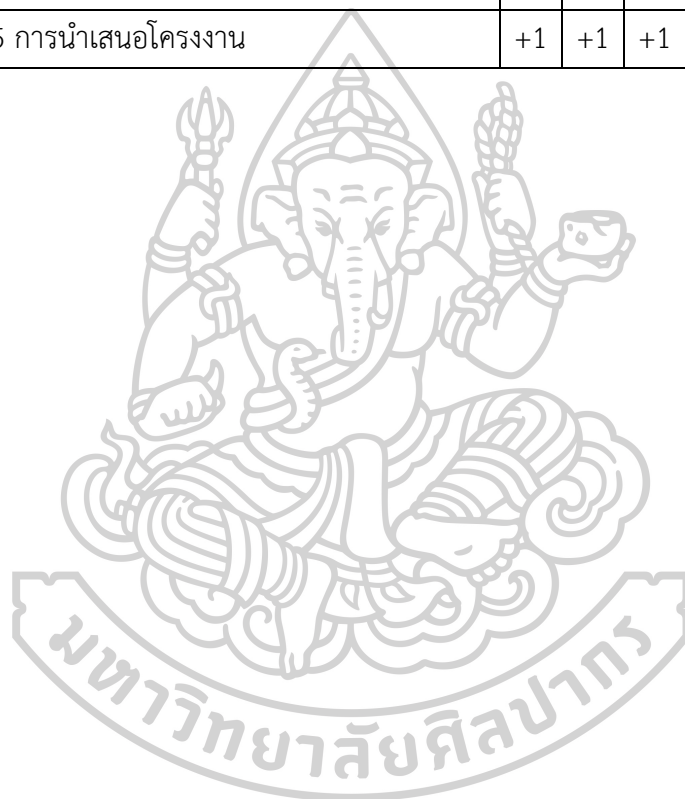
รายการประเมิน	ความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความ คิดเห็น
	1	2	3			
ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2.5 เหมาะสมกับเวลา แต่ละขั้นตอน						
ขั้นที่ 1 การคิดและการเลือกหัวข้อโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2.6 เหมาะสมในการนำไปปฏิบัติจริง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2.7 ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2.8 ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติจริง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2.9 ส่งเสริมให้นักเรียนได้ศึกษาหาความรู้ ตามความสามารถและความสนใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3. เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมและเอกสารคู่มือครู						
3.1 เหมาะสมกับศักยภาพของนักเรียนที่มีความสามารถ พิเศษด้านคณิตศาสตร์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3.2 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3.3 เหมาะสมกับศักยภาพของครูผู้สอน/ครูที่ปรึกษา โครงการคณิตศาสตร์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3.4 เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรม การเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3.5 เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละหัวข้อ						
3.5.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3.5.2 ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อ โครงการคณิตศาสตร์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

รายการประเมิน	ความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความ คิดเห็น
	1	2	3			
3.5.3 แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในแต่ละขั้นตอนและบทบาทของครูผู้สอน/ ครูที่ปรึกษา	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3.5.4 แบบประเมินผลโครงการในแต่ละระยะ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3.5.5 ตัวอย่างบทความทางคณิตศาสตร์และแหล่ง ในการสืบค้นข้อมูล	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3.5.6 ตัวอย่างหัวข้อโครงการคณิตศาสตร์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3.5.7 ตัวอย่างโครงร่างโครงการคณิตศาสตร์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3.5.8 ตัวอย่างรูปแบบการเขียนรายงานโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3.5.9 ตัวอย่างการเขียนบทความวิชาการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3.5.10 ตัวอย่างการสร้างสื่อในการนำเสนอโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3.6 เหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติจริง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3.7 การเรียบเรียงและการใช้ภาษามีความเหมาะสม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4. การวัดและประเมินผล						
4.1 เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรม การเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4.2 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4.3 เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน						
ชั้นที่ 1 การคิดและการเลือกหัวข้อโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ชั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ชั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ชั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ชั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4.4 เหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติจริง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ตารางที่ 4 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบสำรวจรายการกับองค์ประกอบต่างๆของการจัด
กิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

รายการประเมิน	ความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความ คิดเห็น
	1	2	3			
1. จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับหลักสูตร โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2. จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับวิธีการ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3. วิธีการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับเวลา						
ขั้นที่ 1 การคิดและการเลือกหัวข้อโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4. วิธีการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับเอกสาร ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้						
ขั้นที่ 1 การคิดและการเลือกหัวข้อโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
5. วิธีการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับเอกสารคู่มือครู						
ขั้นที่ 1 การคิดและการเลือกหัวข้อโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
6. วิธีการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับการวัดและ						

รายการประเมิน	ความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความ คิดเห็น
	1	2	3			
ประเมินผล						
ขั้นที่ 1 การคิดและการเลือกหัวข้อโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม





ภาคผนวก ค
ข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย

- ผลการประเมินโครงสร้างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์
โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)
- ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความสามารถในการทำโครงการ
คณิตศาสตร์



ตารางที่ 5 ผลการประเมินความเหมาะสมของโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงาน
คณิตศาสตร์

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			\bar{x}	S.D.	ความคิดเห็น
	1	2	3			
1. จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้						
1.1 ส่งเสริมให้นักเรียนได้เข้าใจเกี่ยวกับระเบียบวิธีการทำโครงงานทางคณิตศาสตร์บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมาก
1.2 ส่งเสริมให้นักเรียนได้ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ความสนใจหรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจ ตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
1.3 ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
1.4 ส่งเสริมให้นักเรียนได้ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่ ต้องพิจารณาปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่นปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้และจำนวนครั้งของการสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างเพียงพอ	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
1.5 ส่งเสริมให้นักเรียนได้จัดกระทำข้อมูลอย่างเป็นระบบโดยคำนึงถึงการรายงานผลที่มีระดับความถูกต้อง และนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
1.6 ส่งเสริมให้นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และ ประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			\bar{x}	S.D.	ความคิดเห็น
	1	2	3			
1.7 ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ ไปสร้างคำถามใหม่ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ และในชีวิตจริง	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
1.8 ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมรับผิดชอบการอธิบาย การลงความเห็น และการสรุปผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่นำเสนอต่อสาธารณชน ด้วยความถูกต้อง	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
1.9 ส่งเสริมให้นักเรียนได้บันทึกและอธิบายผลการสำรวจ ตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิง หรือค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิม อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติม หรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งทำทนายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
1.10 ส่งเสริมให้นักเรียนได้จัดแสดงผลงาน เขียนรายงานในรูปแบบความเรียงขั้นสูงและอธิบายเกี่ยวกับแนวคิดกระบวนการ และผลของโครงการให้ผู้อื่นเข้าใจ	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการ						
2.1 เหมาะสมกับศักยภาพของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
2.2 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
2.3 ความเหมาะสมกับหลักสูตรโรงเรียน	5	4	5	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์						
ชั้นที่ 1 การคิดและการเลือกหัวข้อโครงการ	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
ชั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
ชั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
ชั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			\bar{x}	S.D.	ความคิดเห็น
	1	2	3			
ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
2.5 เหมาะสมกับเวลา แต่ละขั้นตอน						
ขั้นที่ 1 การคิดและการเลือกหัวข้อโครงการ	5	5	3	4.33	1.154	เหมาะสมมาก
ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ	5	4	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
2.6 เหมาะสมในการนำไปปฏิบัติจริง	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
2.7 ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
2.8 ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสปฏิบัติจริง	5	5	5	5.00	0.000	เหมาะสมมากที่สุด
2.9 ส่งเสริมให้นักเรียนได้ศึกษาหาความรู้ตามความสามารถและความสนใจ	5	5	5	5.00	0.000	เหมาะสมมากที่สุด
3. เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเอกสารคู่มือครู						
3.1 เหมาะสมกับศักยภาพของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
3.2 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
3.3 เหมาะสมกับศักยภาพของครูผู้สอน/ครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
3.4 เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์	5	5	5	5.00	0.000	เหมาะสมมากที่สุด
3.5 เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้						
3.5.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
3.5.2 ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อโครงการคณิตศาสตร์	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
3.5.3 แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนและบทบาทของครูผู้สอน/ครูที่ปรึกษา	5	4	3	4.00	1.000	เหมาะสมมากที่สุด
3.5.4 แบบประเมินผลโครงการในแต่ละระยะ	5	5	5	5.00	0.000	เหมาะสมมากที่สุด
3.5.5 ตัวอย่างบทความทางคณิตศาสตร์และ	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			\bar{x}	S.D.	ความคิดเห็น
	1	2	3			
แหล่งในการสืบค้นข้อมูล						
3.5.6 ตัวอย่างหัวข้อโครงการคณิตศาสตร์	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
3.5.7 ตัวอย่างโครงร่างโครงการคณิตศาสตร์	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
3.5.8 ตัวอย่างรูปแบบการเขียนรายงาน	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
3.5.9 ตัวอย่างการเขียนบทความวิชาการ	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
3.5.10 ตัวอย่างการสร้างสื่อในการนำเสนอ	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
3.6 เหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติจริง	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
3.6 การเรียบเรียงและการใช้ภาษามีความเหมาะสม	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
4. การวัดและประเมินผล						
4.1 เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
4.2 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	4	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
4.3 เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ใน						
ชั้นที่ 1 การคิดและการเลือกหัวข้อ โครงการงาน	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
ชั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการงาน	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
ชั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการงาน	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
ชั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการงาน	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
ชั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการงาน	5	5	4	4.67	0.577	เหมาะสมมากที่สุด
4.4 เหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติจริง	5	4	4	4.33	0.577	เหมาะสมมาก
เฉลี่ยรวม				4.51	0.481	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 6 ผลการประเมินความเหมาะสมของโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงาน
คณิตศาสตร์ฯจากโปรแกรม SPSS

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
item1.1	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item1.2	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item1.3	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item1.4	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item1.5	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item1.6	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item1.7	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item1.8	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item1.9	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item1.10	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item2.1	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item2.2	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item2.3	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item2.4.1	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item2.4.2	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item2.4.3	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item2.4.4	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item2.4.5	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item2.5.1	3	3.00	5.00	4.3333	1.15470
item2.5.2	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item2.5.3	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item2.5.4	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
tem2.5.5	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item2.6	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item2.7	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item2.8	3	5.00	5.00	5.0000	.00000
item2.9	3	5.00	5.00	5.0000	.00000
item3.1	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item3.2	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item3.3	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item3.4	3	5.00	5.00	5.0000	.00000

item3.5.1	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item3.5.2	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item3.5.3	3	3.00	5.00	4.0000	1.00000
item3.5.4	3	5.00	5.00	5.0000	.00000
item3.5.5	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item3.5.6	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item3.5.7	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item3.5.8	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item3.5.9	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item3.5.10	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item3.6	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item3.7	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item4.1	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item4.2	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item4.3.1	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item4.3.2	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item4.3.3	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
item4.3.4	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item4.3.5	3	4.00	5.00	4.6667	.57735
item4.4	3	4.00	5.00	4.3333	.57735
Valid N (listwise)	3				

Descriptives

[DataSet0] C:\Users\com\Documents\ข้อมูลตอนที่1.sav

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
total	3	4.04	5.00	4.5098	.48069
Valid N (listwise)	3				

ตารางที่ 7 ผลการประเมินความสอดคล้องของโครงร่างวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการ
คณิตศาสตร์

รายการประเมิน	ความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็น
	1	2	3			
1. จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับหลักสูตร โรงเรียนจุฬารัตนวิทยาลัย เพชรบุรี	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2. จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับวิธีการ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3. วิธีการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับเวลา						
ขั้นที่ 1 การคิดและการเลือกหัวข้อโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4. วิธีการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับเอกสาร						
ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้						
ขั้นที่ 1 การคิดและการเลือกหัวข้อโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
5. วิธีการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับเอกสารคู่มือครู						
ขั้นที่ 1 การคิดและการเลือกหัวข้อโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
6. วิธีการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับการวัดและประเมินผล						
ขั้นที่ 1 การคิดและการเลือกหัวข้อโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม



ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความสามารถ
ในการทำโครงการคณิตศาสตร์

ตารางที่ 8 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินการตัดสินใจเลือกหัวข้อโครงการ
คณิตศาสตร์

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็น ของ ผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
1	ความถนัด ความสนใจในการทำงานตามโครงการนี้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2	ความต้องการ ประโยชน์ที่คิดว่าจะได้รับจาก โครงการนี้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3	ความรู้ ประสบการณ์เดิมที่สามารถนำมาใช้ใน โครงการนี้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4	ความพร้อมด้านเวลาในการทำโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
5	ความพร้อมด้านแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการสืบค้น	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
6	ความพร้อมของสมาชิกในกลุ่ม (ถ้าทำเป็นกลุ่ม)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
7	การสนับสนุนจากครูผู้สอน/ครูที่ปรึกษาโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ตารางที่ 9 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินโครงร่างโครงการคณิตศาสตร์

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็น ของ ผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
1	การกำหนดหัวข้อโครงการ (5 คะแนน)						
	- สอดคล้องกับเรื่องที่ศึกษา	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- สอดคล้องกับวัตถุประสงค์/ปัญหาของโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีความกะทัดรัด สื่อความหมายชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- น่าสนใจ กระตุ้นความคิดต่อผู้อื่นอย่างหลากหลาย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2	ความสำคัญและความเป็นมาของโครงการ (10 คะแนน)						
	- มาจากปัญหาและความสนใจของนักเรียน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- เป็นประเด็นปัญหาที่สะท้อน/เกี่ยวกับตัวเอง ชุมชน สังคม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ระบุความเป็นมา/เหตุผลการทำโครงการชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
	- มีเหตุผลที่ดีเพียงพอที่นำไปสู่การทำโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- นักเรียนได้ใช้ความรู้ ความคิด ทางคณิตศาสตร์ มีการอ้างหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทำโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3	วัตถุประสงค์/สมมติฐาน/ตัวแปร(ถ้ามี) (5 คะแนน)						
	- วัตถุประสงค์ของการทำโครงการชัดเจน มีความเป็นไปได้ในการดำเนินงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- วัตถุประสงค์สามารถวัดและประเมินได้จริงด้วยวิธีการ/เครื่องมือที่เป็นรูปธรรมเชื่อถือได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- สมมติฐาน และตัวแปร (ถ้ามี) มีความชัดเจน สอดคล้องกับปัญหา และวัตถุประสงค์ สามารถนำไปใช้วางแผนการศึกษาทดลองได้ชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีขอบเขตการศึกษาที่ชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4	เนื้อหาทางคณิตศาสตร์และเอกสารที่เกี่ยวข้อง (10 คะแนน)						
	- เนื้อหาถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์ เหมาะสม และสอดคล้องกับโครงการที่ทำ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีการเชื่อมโยงความรู้ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ครบถ้วน สมบูรณ์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีการอ้างหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีที่ถูกต้อง และเชื่อถือได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- เนื้อหาสาระมาจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- เอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้องมีความหลากหลาย และทันสมัย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีการจัดระบบของเนื้อหาได้กระชับ ชัดเจน เข้าใจง่าย นำไปใช้ได้สะดวก เพียงพอ และมีประสิทธิภาพ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
5	วิธีการดำเนินงานและการเก็บผลการศึกษา (10 คะแนน)						
	- ลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ความเป็นไปได้ของวิธีการที่ใช้ในโครงการที่จะได้ผลซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
	- อุปกรณ์ เครื่องมือ หรือโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้ในการศึกษามีความเหมาะสมกับโครงการงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ตารางดำเนินงานมีความชัดเจน และเป็นไปได้ตามกำหนดเวลา	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ความเข้าใจขั้นตอนการดำเนินงาน ข้อจำกัดของงาน และการมีส่วนร่วมในการทำงานของสมาชิกภายในกลุ่ม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
6	ความสมบูรณ์ของเอกสารโครงร่างโครงการงาน (5 คะแนน)						
	- มีชื่อโครงการภาษาไทย และภาษาอังกฤษ ชื่อผู้ทำโครงการที่ปรึกษาโครงการ ครบถ้วน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ใช้ภาษาไทยได้ถูกต้อง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ที่มาและความสำคัญได้สอดคล้องกับเรื่องที่ทำ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ระบุวัตถุประสงค์ ตัวแปร และสมมติฐาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ระบุอุปกรณ์ เครื่องมือ หรือโปรแกรมที่เลือกใช้ในการศึกษา	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- เขียนวิธีการดำเนินงานได้ชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- เขียนตารางเวลาการปฏิบัติงานได้ชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ระบุประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีเอกสารอ้างอิงและเชื่อถือได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- หน้าปก สารบัญ สารบัญตาราง สารบัญภาพ ครบถ้วน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
7	การนำเสนอ (5 คะแนน)						
	- นำเสนอครบถ้วน ครอบคลุมประเด็นสำคัญของโครงการด้วยความเข้าใจ จัดลำดับขั้นตอนการนำเสนอได้กระชับ ชัดเจนเป็นระบบเข้าใจง่าย น่าสนใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การมีส่วนร่วมของสมาชิกในการนำเสนอ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- สื่อที่ใช้ในการนำเสนอมีความเหมาะสม ชัดเจน เข้าใจง่ายนำเสนอได้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ใช้ภาษาไทยได้ถูกต้องตามหลักภาษาไทย เป็นธรรมชาติ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ตอบถามคำถามได้กระชับ ชัดเจน ตรงประเด็น	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ตารางที่ 10 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินการเข้าพบครูที่ปรึกษาในการทำโครง
ร่างโครงงาน

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็น ของ ผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
1	ที่มาและความสำคัญของการทำโครงงานมีความเป็นเหตุเป็นผลสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2	ลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานชัดเจน มีความเป็นไปได้ของวิธีการที่ใช้ในโครงงานที่จะได้ผลซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3	มีการเขียนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เอกสารอ้างอิงที่ถูกต้องและชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4	เขียนรายงานโครงร่างโครงงานถูกต้องตามรูปแบบ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
5	ความสม่ำเสมอในการเข้าพบครูที่ปรึกษาเพื่อซักถามปรึกษา	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
6	การรักษาเวลาในการเข้าพบครูที่ปรึกษา(นัดหมายล่วงหน้า มาตรฐานเวลา ใช้ระยะเวลาในการปรึกษาให้ได้ประโยชน์สูงสุด)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
7	ในการเข้าพบแต่ละครั้งมีความก้าวหน้าในการทำโครงงานให้เห็นอย่างชัดเจน (เช่น มีข้อมูลหรือเอกสารอ้างอิงการทำโครงงานเพิ่มเติม การเขียนโครงร่างมีความสมบูรณ์มากขึ้น)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
8	การเตรียมความพร้อมก่อนมาพบครูที่ปรึกษา (หัวข้อโครงร่าง ข้อมูลที่สืบค้นมา แนวทางในการทำโครงงาน)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
9	การมีมารยาท มีสัมมาคารวะ มีความตั้งใจในการเข้าพบครูที่ปรึกษา	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
10	สมาชิกภายในกลุ่มทุกคนมีส่วนร่วมในการทำงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ตารางที่ 11 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความก้าวหน้าของโครงการคณิตศาสตร์
ช่วงที่ 1

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
1	มีการกำหนดขอบเขตการทำงานที่ชัดเจนก่อนลงมือทำ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2	ดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ และมีแนวโน้มทำงานได้ต่อเนื่องตามแผนที่วางไว้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3	มีการค้นคว้าเพิ่มเติมในระหว่างที่ดำเนินงานตามแผนการศึกษาหรือทดลอง เพื่อปรับปรุงงานให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4	มีสมุดจดบันทึก (log book) เก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ เชื่อสัจย์ และสามารถตรวจสอบได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
5	มีการเก็บข้อมูลมากเพียงพอหรือทดลองซ้ำเพื่อยืนยันข้อมูล	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
6	ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ โปรแกรม หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการทำงานได้อย่างถูกต้องและคุ้มค่า	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
7	มีการจัดกระทำข้อมูลอย่างเป็นระบบ (เช่นการวัดค่าออกมาเป็นตัวเลข การบันทึกภาพ) และสื่อความหมาย (เช่น การจัดเรียงลำดับ การแยกประเภท ฯลฯ เพื่อให้ข้อมูลดูง่ายขึ้น)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
8	การมีส่วนร่วมในการทำงานของสมาชิกในกลุ่ม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
9	การนำเสนอผลการทำงานโดยภาพรวมสามารถสื่อสารได้ชัดเจนครบถ้วน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
10	การตอบคำถามชัดเจน แสดงถึงความเข้าใจในโครงการที่ทำ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ตารางที่ 12 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความก้าวหน้าของโครงการคณิตศาสตร์
ช่วงที่ 1 (การเข้าพบครูที่ปรึกษาโครงการ)

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็น ของ ผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
1	ดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ และมีแนวโน้มทำงานได้ ต่อเนื่องตามแผนที่วางไว้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2	มีการค้นคว้าเพิ่มเติมในระหว่างที่ดำเนินงานตาม แผนการทดลอง เพื่อปรับปรุงงานให้ได้ข้อมูลที่ น่าเชื่อถือ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3	มีสมุดจดบันทึก (log book) เก็บข้อมูลอย่างเป็น ระบบ เชื่อสัตย์ และสามารถตรวจสอบได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4	มีการจัดกระทำข้อมูลอย่างเป็นระบบ (เช่น การวัด ค่าออกมาเป็นตัวเลข การบันทึกภาพ) และสื่อ ความหมาย (เช่น การจัดเรียงลำดับ การแยก ประเภท ฯลฯ เพื่อให้ข้อมูลดูง่ายขึ้น)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
5	ความสม่ำเสมอในการเข้าพบครูที่ปรึกษาเพื่อซักถาม ปรึกษา หรือรายงานความก้าวหน้า	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
6	การรักษาเวลาในการเข้าพบครูที่ปรึกษา(นัดหมาย ล่วงหน้า มาตรฐานเวลา ใช้ระยะเวลาในการปรึกษาให้ ได้ประโยชน์สูงสุด)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
7	ในการเข้าพบแต่ละครั้งมีความก้าวหน้าในการทำ โครงการให้เห็นอย่างชัดเจน (เช่น มีข้อมูลหรือเอกสารอ้างอิงการทำโครงการ เพิ่มเติม การเขียนโครงร่างมีความสมบูรณ์มากขึ้น)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
8	การเตรียมความพร้อมก่อนมาพบครูที่ปรึกษา (หัวข้อโครงร่าง ข้อมูลที่สืบค้นหา แนวทางในการทำ โครงการ)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
9	การมีมารยาท มีสัมมาคารวะ มีความตั้งใจในการเข้า พบครูปรึกษา	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
10	สมาชิกภายในกลุ่มทุกคนมีส่วนร่วมในการทำงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ตารางที่ 13 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความก้าวหน้าของโครงการคณิตศาสตร์
ช่วงที่ 2

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็น ของ ผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
1	ดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ และมีแนวโน้มทำงานได้ ต่อเนื่องตามแผนที่วางไว้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2	มีการค้นคว้าเพิ่มเติมในระหว่างที่ดำเนินงานตาม แผนการศึกษาหรือทดลอง เพื่อปรับปรุงงานให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3	มีสมุดจดบันทึก (log book) เก็บข้อมูลอย่างเป็น ระบบ เชื่อสัจย์ และสามารถตรวจสอบได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4	มีการเก็บข้อมูลมากเพียงพอหรือทดลองซ้ำเพื่อ ยืนยันข้อมูล	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
5	ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ โปรแกรม หรือวิธีการทาง คณิตศาสตร์ในการทำงานได้อย่างถูกต้องและคุ้มค่า	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
6	มีการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็น ระบบ และถูกต้อง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
7	เลือกเครื่องมือ หรือวิธีการในการวิเคราะห์ผลได้ เหมาะสม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
8	ผลการทำโครงการบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
9	มีการอภิปรายผลการศึกษารอบคอบคลุม สมเหตุสมผล	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
10	การมีส่วนร่วมในการทำงานของสมาชิกในกลุ่ม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
11	การนำเสนอผลการทำงานโดยภาพรวมสามารถ สื่อสารได้ชัดเจน ครบถ้วน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
12	การตอบคำถามชัดเจน แสดงถึงความเข้าใจใน โครงการที่ทำ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ตารางที่ 14 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความก้าวหน้าของโครงการคณิตศาสตร์
ช่วงที่ 2 (การเข้าพบครูที่ปรึกษาโครงการ)

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
1	ดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ และมีแนวโน้มทำงานได้ต่อเนื่องตามแผนที่วางไว้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2	มีการค้นคว้าเพิ่มเติมในระหว่างที่ดำเนินงานตามแผนการทดลอง เพื่อปรับปรุงงานให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3	มีสมุดจดบันทึก (log book) เก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ ชัดสัต์ และสามารถตรวจสอบได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4	มีการเก็บข้อมูลมากเพียงพอหรือทดลองซ้ำเพื่อยืนยันข้อมูล	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
5	ความสม่ำเสมอในการเข้าพบครูที่ปรึกษาเพื่อซักถามปรึกษา หรือรายงานความก้าวหน้า	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
6	การรักษาเวลาในการเข้าพบครูที่ปรึกษา (นัดหมายล่วงหน้า มาตรงเวลา ใช้ระยะเวลาในการปรึกษาให้ได้ประโยชน์สูงสุด)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
7	ในการเข้าพบแต่ละครั้งมีความก้าวหน้าในการทำโครงการให้เห็นอย่างชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
8	การเตรียมความพร้อมก่อนมาพบครูที่ปรึกษา (แนวทางการรายงานผล สรุปผล และการอภิปรายผล)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
9	การมีมารยาท มีสัมมาคารวะ มีความตั้งใจในการเข้าพบครูปรึกษา	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
10	สมาชิกภายในกลุ่มทุกคนมีส่วนร่วมในการทำงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ตารางที่ 15 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินการสอบจบโครงการงานคณิตศาสตร์

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
1	การกำหนดหัวข้อโครงการงาน (5 คะแนน)						
	- สอดคล้องกับวัตถุประสงค์/ปัญหาของโครงการงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีความกะทัดรัดสื่อความหมายชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2	ความสำคัญและความเป็นมาของโครงการงาน (10 คะแนน)						
	- มาจากปัญหาและความสนใจของนักเรียน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- เป็นประเด็นปัญหาที่สะท้อน/เกี่ยวกับตัวเอง ชุมชน สังคม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ระบุความเป็นมาหรือเหตุผลการทำโครงการงานได้ ชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีความแปลกใหม่ริเริ่มสร้างสรรค์ ทันยุคสมัย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- นักเรียนได้ใช้ความรู้ ความคิด ทางคณิตศาสตร์ มี การอ้าง หลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ การทำโครงการงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทำ โครงการงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3	วัตถุประสงค์/สมมติฐาน/ตัวแปร(ถ้ามี) (5 คะแนน)						
	- วัตถุประสงค์ของการทำโครงการงานชัดเจน มีความ เป็นไปได้ในการดำเนินงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- วัตถุประสงค์สามารถวัดและประเมินได้จริงด้วย วิธีการ/เครื่องมือที่เป็นรูปธรรมเชื่อถือได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- สมมติฐาน และตัวแปร (ถ้ามี) มีความชัดเจน สอดคล้องกับปัญหา และวัตถุประสงค์ สามารถ นำไปใช้วางแผนการศึกษา ทดลองได้ชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีขอบเขตการศึกษาที่ชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4	เนื้อหาทางคณิตศาสตร์และเอกสารที่เกี่ยวข้อง (10 คะแนน)						
	- เนื้อหาถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์ เหมาะสม สอดคล้องกับโครงการงานที่ทำ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีการเชื่อมโยงความรู้ ทักษะกระบวนการทาง						

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็น ของ ผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
	คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ครบถ้วน สมบูรณ์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีการอ้างหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีที่ถูกต้อง และเชื่อถือได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- เนื้อหาสาระมาจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- เอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้องมีความหลากหลาย และทันสมัย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีการจัดระบบของเนื้อหาได้กระชับ ชัดเจน เข้าใจง่ายนำไปใช้ได้สะดวก เพียงพอ และมีประสิทธิภาพ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
5	วิธีการดำเนินงานและการเก็บผลการศึกษา (10 คะแนน)						
	- ลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ เชื่อสัตย์ และสามารถตรวจสอบได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีการเก็บข้อมูลมากเพียงพอหรือทดลองซ้ำเพื่อยืนยันข้อมูล	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การจัดกระทำและนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมครอบคลุมชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ประยุกต์ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์และสถิติอย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ผลการทำโครงการบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
6	ความสมบูรณ์ของเอกสารโครงร่างโครงการ (5 คะแนน)						
	- องค์ประกอบครบถ้วนตามรูปแบบการเขียนรายงาน (ปกนอก รongปก ปกใน บทคัดย่อภาษาไทย และภาษาอังกฤษ กิตติกรรมประกาศ สารบัญ บทนำ บทเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วัตถุประสงค์ และวิธีการทดลอง วิเคราะห์และสรุปผล บรรณานุกรม ภาคผนวก ประวัติผู้ทำโครงการ)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- นำเสนอสาระในแต่ละหัวข้อถูกต้อง ชัดเจน กระชับ รัดกุม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การใช้ภาษาถูกต้องชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ความถูกต้องชัดเจนของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ภาพ ตาราง กราฟในการนำเสนอข้อมูล	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็น ของ ผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
	- ความถูกต้องในการเขียนเอกสารอ้างอิง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
7	การนำเสนอแบบบรรยาย 10 นาที (10 คะแนน)						
	- นำเสนอข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วน ครอบคลุมประเด็นสำคัญของโครงการด้วยความเข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- จัดลำดับขั้นตอนการนำเสนอได้กระชับ ชัดเจน เป็นระบบเข้าใจง่าย น่าสนใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- สื่อที่ใช้ในการนำเสนอมีความเหมาะสม ชัดเจน เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ใช้ภาษาไทยได้ถูกต้องตามหลักภาษาไทย กระชับ ชัดเจนเข้าใจง่าย เป็นธรรมชาติ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- นำเสนอได้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- บุคลิกภาพ ท่วงท่าและการปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีความเชื่อมั่นในตนเอง กล้าพูด กล้าแสดงออก	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การมีส่วนร่วมของสมาชิกในการนำเสนอ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
8	การตอบข้อซักถาม (เน้นการซักถามในประเด็นเกี่ยวกับคณิตศาสตร์) 10 นาที (10 คะแนน)						
	- ตอบคำถามได้ถูกต้อง ตรงประเด็น คล่องแคล่ว และชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ใช้ภาษาถูกต้องเข้าใจง่าย ใช้คำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ถูกต้อง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การมีส่วนร่วมของสมาชิกในการตอบคำถาม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีปฏิภาณไหวพริบและสามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ใช้ความรู้จากการศึกษาประกอบการอธิบาย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
9	ประโยชน์ที่ได้รับ (10 คะแนน)						
	- นำความรู้ที่ได้รับไปใช้งานได้จริงทั้งเชิงทฤษฎี หรือเชิงปฏิบัติ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- นำไปพัฒนาต่อยอดเป็นโครงการหรือนวัตกรรมได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษา	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ตารางที่ 16 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินการนำเสนอโครงการคณิตศาสตร์แบบ
บรรยาย

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
1	การกำหนดหัวข้อโครงการ (5 คะแนน)						
	- สอดคล้องกับวัตถุประสงค์/ปัญหาของโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีความกะทัดรัดสื่อความหมายชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2	ความสำคัญและความเป็นมาของโครงการ (10 คะแนน)						
	- มาจากปัญหาและความสนใจของนักเรียน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- เป็นประเด็นปัญหาที่สะท้อน/เกี่ยวกับตัวเอง ชุมชน สังคม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ระบุความเป็นมาหรือเหตุผลการทำโครงการได้ ชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีความแปลกใหม่ริเริ่มสร้างสรรค์ ทันยุคสมัย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- นักเรียนได้ใช้ความรู้ ความคิด ทางคณิตศาสตร์ มี การอ้างหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ การทำโครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทำ โครงการ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3	วัตถุประสงค์/สมมติฐาน/ตัวแปร(ถ้ามี) (5 คะแนน)						
	- วัตถุประสงค์ของการทำโครงการชัดเจน มีความ เป็นไปได้ในการดำเนินงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- วัตถุประสงค์สามารถวัดและประเมินได้จริงด้วย วิธีการ/เครื่องมือที่เป็นรูปธรรมเชื่อถือได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- สมมติฐาน และตัวแปร (ถ้ามี) มีความชัดเจน สอดคล้องกับปัญหา และวัตถุประสงค์ สามารถ นำไปใช้วางแผนการศึกษาทดลองได้ชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีขอบเขตการศึกษาที่ชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4	เนื้อหาทางคณิตศาสตร์และเอกสารที่เกี่ยวข้อง (15 คะแนน)						
	- เนื้อหาถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์ เหมาะสม สอดคล้องกับโครงการที่ทำ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็น ของ ผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
	- มีการเชื่อมโยงความรู้ ทักษะกระบวนการทาง คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ครบถ้วน สมบูรณ์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีการอ้างหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีที่ถูกต้อง และเชื่อถือได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- เนื้อหาสาระมาจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- เอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้องมีความหลากหลาย และ ทันสมัย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีการจัดระบบของเนื้อหาได้กระชับ ชัดเจน เข้าใจ ง่ายนำไปใช้ได้สะดวก เพียงพอ และมีประสิทธิภาพ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
5	วิธีการดำเนินงานและผลที่ได้รับ (30 คะแนน)						
	- ลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ และ ตรวจสอบได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีการเก็บข้อมูลมากเพียงพอหรือทดลองซ้ำเพื่อ ยืนยันข้อมูล	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การจัดกระทำและนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสม ครอบคลุมชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ประยุกต์ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์และสถิติอย่าง เหมาะสม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ผลการทำโครงการบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การแปลความหมาย และการสรุปผลชัดเจน สมเหตุสมผล	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การอภิปรายผลการศึกษาย่างชัดเจน ครอบคลุม สมเหตุสมผลโดยอ้างอิงข้อมูลจากผลการศึกษาหรือ การทดลอง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	วิธีการดำเนินงานและผลที่ได้รับ (30 คะแนน)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
6	การนำเสนอแบบปากเปล่า 10 นาที (15 คะแนน)						
	- นำเสนอข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วน ครอบคลุม ประเด็นสำคัญของโครงการด้วยความเข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- จัดลำดับขั้นตอนการนำเสนอได้กระชับ ชัดเจน น่าสนใจเป็นระบบเข้าใจง่าย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็น ของ ผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
	- สื่อที่ใช้ในการนำเสนอมีความเหมาะสม ชัดเจน เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ใช้ภาษาไทยและภาษาอังกฤษได้ถูกต้อง เป็น ธรรมชาติ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ใช้คำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ถูกต้อง อธิบายเข้าใจ ง่าย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- นำเสนอได้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- บุคลิกภาพ ท่วงท่าและการปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีความเชื่อมั่นในตนเอง กล่าวพูด กล่าวแสดงออก	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การมีส่วนร่วมของสมาชิกในการนำเสนอ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
7	การตอบข้อซักถาม (เน้นการซักถามในประเด็นเกี่ยวกับคณิตศาสตร์) 10 นาที (10 คะแนน)						
	- ตอบคำถามได้ถูกต้อง ตรงประเด็น คล่องแคล่ว และชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ใช้ภาษาถูกต้องเข้าใจง่าย ใช้คำศัพท์ทาง คณิตศาสตร์ถูกต้อง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การมีส่วนร่วมของสมาชิกในการตอบคำถาม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีปฏิภาณไหวพริบและสามารถแก้ปัญหาเฉพาะ หน้าได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ใช้ความรู้จากการศึกษาประกอบการอธิบาย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
8	ประโยชน์ที่ได้รับ (10 คะแนน)						
	- นำความรู้ที่ได้รับไปใช้งานได้จริงทั้งเชิงทฤษฎี หรือ เชิงปฏิบัติ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- นำไปพัฒนาต่อยอดเป็นโครงการหรือนวัตกรรมได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อ การศึกษา	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ตารางที่ 17 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินการนำเสนอโครงการงานคณิตศาสตร์
แบบโปสเตอร์

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
1	การกำหนดหัวข้อโครงการงาน (5 คะแนน)						
	- สอดคล้องกับวัตถุประสงค์/ปัญหาของโครงการงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีความกะทัดรัดสื่อความหมายชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2	ความสำคัญและความเป็นมาของโครงการงาน (10 คะแนน)						
	- มาจากปัญหาและความสนใจของนักเรียน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- เป็นประเด็นปัญหาที่สะท้อน/เกี่ยวกับตัวเอง ชุมชน สังคม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ระบุความเป็นมาหรือเหตุผลการทำโครงการงานได้ ชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีความแปลกใหม่ริเริ่มสร้างสรรค์ ทันยุคสมัย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- นักเรียนได้ใช้ความรู้ ความคิด ทางคณิตศาสตร์ มี การอ้างหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ การทำโครงการงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทำ โครงการงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3	วัตถุประสงค์/สมมติฐาน/ตัวแปร (ถ้ามี) (5 คะแนน)						
	- วัตถุประสงค์ของการทำโครงการงานชัดเจน มีความ เป็นไปได้ในการดำเนินงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- วัตถุประสงค์สามารถวัดและประเมินได้จริงด้วย วิธีการ/เครื่องมือที่เป็นรูปธรรมเชื่อถือได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- สมมติฐาน และตัวแปร (ถ้ามี) มีความชัดเจน สอดคล้องกับปัญหา และวัตถุประสงค์ สามารถ นำไปใช้วางแผนการศึกษาทดลองได้ชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีขอบเขตการศึกษาที่ชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4	เนื้อหาทางคณิตศาสตร์และเอกสารที่เกี่ยวข้อง (10 คะแนน)						
	- เนื้อหาถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์ เหมาะสม สอดคล้องกับโครงการงานที่ทำ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็น ของ ผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
	- มีการเชื่อมโยงความรู้ ทักษะกระบวนการทาง คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ครบถ้วน สมบูรณ์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีการอ้างหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีที่ถูกต้อง และเชื่อถือได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- เนื้อหาสาระมาจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- เอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้องมีความหลากหลาย และ ทันสมัย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีการจัดระบบของเนื้อหาได้กระชับ ชัดเจน เข้าใจ ง่ายนำไปใช้ได้สะดวก เพียงพอ และมีประสิทธิภาพ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
5	วิธีการดำเนินงานและผลที่ได้รับ (30 คะแนน)						
	- ลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ และ ตรวจสอบได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีการเก็บข้อมูลมากเพียงพอหรือทดลองซ้ำเพื่อ ยืนยันข้อมูล	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การจัดกระทำและนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสม ครอบคลุมชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ประยุกต์ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์และสถิติอย่าง เหมาะสม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ผลการทำโครงการบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การแปลความหมาย และการสรุปผลชัดเจน สมเหตุสมผล	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การอภิปรายผลการศึกษอย่างชัดเจน ครอบคลุม สมเหตุสมผลโดยอ้างอิงข้อมูลจากผลการศึกษาหรือ การทดลอง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
6	การนำเสนอแบบโปสเตอร์ 10 นาที (20 คะแนน)						
	- โปสเตอร์มีข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วนครอบคลุมทุก ประเด็นสำคัญ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- สามารถใช้ข้อมูลจากโปสเตอร์ในการสื่อสาร นำเสนอได้เข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การจัดวางองค์ประกอบต่างๆภายในโปสเตอร์มี						

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
	ความสอดคล้องกับลำดับข้อมูลในการนำเสนอ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- แนวคิดในการออกแบบโปสเตอร์มีความสวยงามและน่าสนใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ใช้ภาษาไทยและภาษาอังกฤษได้ถูกต้อง เป็นธรรมชาติ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ใช้คำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ถูกต้อง อธิบายเข้าใจง่าย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- นำเสนอได้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- บุคลิกภาพ ท่วงท่าและการปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีความเชื่อมั่นในตนเอง กล่าวพูด กล่าวแสดงออก	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การมีส่วนร่วมของสมาชิกในการนำเสนอ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
7	การตอบข้อซักถาม (เน้นการซักถามในประเด็นเกี่ยวกับคณิตศาสตร์) 10 นาที (10 คะแนน)						
	- ตอบคำถามได้ถูกต้อง ตรงประเด็น คล่องแคล่วและชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ใช้ภาษาถูกต้องเข้าใจง่าย ใช้คำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ถูกต้อง	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- การมีส่วนร่วมของสมาชิกในการตอบคำถาม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- มีปฏิภาณไหวพริบและสามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- ใช้ความรู้จากการศึกษาประกอบการอธิบาย	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
8	ประโยชน์ที่ได้รับ (10 คะแนน)						
	- นำความรู้ที่ได้รับไปใช้งานได้จริงทั้งเชิงทฤษฎี หรือเชิงปฏิบัติ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- นำไปพัฒนาต่อยอดเป็นโครงการหรือนวัตกรรมได้	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
	- สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษา	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ตารางที่ 18 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินการเขียนรูปเล่มรายงานโครงการ
คณิตศาสตร์

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
1	องค์ประกอบรายงานครบถ้วน (ปกนอก รองปก ปกใน บทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ กิตติกรรมประกาศ สารบัญ บทนำ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง วิเคราะห์และสรุปผล บรรณานุกรม ภาคผนวก ประวัติผู้ทำโครงการ)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2	รายงานมีลักษณะตามรูปแบบที่กำหนด (ขนาดตัวอักษร การกั้นหน้า การจัดตำแหน่งหัวข้อ การจัดหน้า)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3	ความถูกต้องและความเป็นระเบียบในการนำเสนอข้อมูลในเล่ม (เช่น การให้ชื่อภาพ ชื่อตาราง การอ้างอิงภาพ ตาราง)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4	บทคัดย่อมีความกระชับ ชัดเจน สืบได้เข้าใจ (มีสัดส่วนของเนื้อหาที่เป็นวิธีการ ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง มากกว่าร้อยละ 70 ของเนื้อหาบทคัดย่อ)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
5	มีการขอบคุณผู้ที่ทำให้การช่วยเหลือ เช่น เอื้อเพื่อข้อมูลสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ในการทำงาน แหล่งทุน เป็นต้น อย่างครบถ้วน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
6	บทนำมีการระบุถึง ที่มาและความสำคัญของงาน วัตถุประสงค์ในการดำเนินงาน นิยามเชิงปฏิบัติการ และขอบเขตการทำงานอย่างชัดเจน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
7	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่อ้างอิง มีการเรียงลำดับหัวข้อต่างๆชัดเจน มีการขีดเลาเนื้อหาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ และไม่ซ้ำซ้อน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
8	การอ้างอิงของเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องถูกต้อง และสอดคล้องกับบรรณานุกรม	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
9	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องใช้ภาษาได้ถูกต้อง (ไวยากรณ์ การสะกดคำศัพท์เฉพาะ ความหมาย ความสละสลวยของภาษาที่ใช้)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
10	การเรียงเรียงการเขียนในส่วนของวัสดุอุปกรณ์และการดำเนินงานเป็นรูปแบบที่ง่ายต่อการอ่านเข้าใจ (เป็นลำดับขั้นตอน ไม่วกวน)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
11	มีการอ้างอิง หรือระบุถึงแหล่งที่มาของวัสดุ อุปกรณ์ วิธีการที่ใช้ในการทดลองหรือพิสูจน์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
12	ผลการศึกษาหรือผลการทดลองมีความครบถ้วน สอดคล้องกับส่วนของการดำเนินงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
13	ความชัดเจนในการนำเสนอผลการศึกษาในรูปแบบตาราง รูปภาพ มีความชัดเจน การบรรยายที่กระชับได้ใจความ	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
14	มีการอ้างอิงข้อมูลอื่นๆ ที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์ และอภิปรายผล	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
15	ความชัดเจน กระชับในการสรุปผล (สามารถระบุความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่ทำการศึกษา สามารถอธิบายหรือระบุข้อสรุปของการจัดทำโครงการ เป็นต้น)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ตารางที่ 19 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินการเขียนบทความทางวิชาการโครงการ

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
1	มีองค์ประกอบครบถ้วนตามรูปแบบที่กำหนด	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2	ตรงตามรูปแบบ (เช่นการจัดหน้า รูปแบบและขนาดตัวอักษร จำนวนหน้า)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3	ภาษาที่ใช้มีความกระชับ ชัดเจน อ่านได้ใจความ ไม่วกวน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4	การนำเสนอเนื้อหา มีความกระชับ สามารถแปลงข้อมูลให้นำเสนอได้ชัดเจน ใช้พื้นที่กระดาษอย่างคุ้มค่า (เช่น การใช้กราฟ ตาราง รูปภาพ เหมาะสมต่อการนำเสนอ)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็น ของ ผู้ผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
5	ความถูกต้อง ชัดเจนของภาพ ตาราง กราฟ ตัวอักษร สัญลักษณ์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
6	การอ้างอิงแหล่งที่มาข้อมูลสำคัญถูกต้อง ครบถ้วน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
7	การตรงต่อเวลาในการส่งงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม

ตารางที่ 20 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินการเขียนบทความทางวิชาการโครงการ
โดยครูที่ปรึกษา

ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความคิดเห็น ของ ผู้ผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3			
1	มีองค์ประกอบครบถ้วนตามรูปแบบที่กำหนด	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
2	ตรงตามรูปแบบ (เช่นการจัดหน้า รูปแบบและขนาด ตัวอักษร จำนวนหน้า)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
3	ภาษาที่ใช้มีความกระชับ ชัดเจน อ่านได้ใจความ ไม่ วกวน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
4	การนำเสนอเนื้อหาที่มีความกระชับ สามารถแปลงข้อมูล ให้นำเสนอได้ชัดเจน ใช้พื้นที่กระดาษอย่างคุ้มค่า (เช่น การใช้กราฟ ตาราง รูปภาพ เหมาะสมต่อการนำเสนอ)	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
5	ความถูกต้อง ชัดเจนของภาพ ตาราง กราฟ ตัวอักษร สัญลักษณ์	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
6	การอ้างอิงแหล่งที่มาข้อมูลสำคัญถูกต้อง ครบถ้วน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม
7	การตรงต่อเวลาในการส่งงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	เหมาะสม





เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
โครงการคณิตศาสตร์

ศักดิ์นรินทร์ จันทร์นาค

คำนำ

เอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์เล่มนี้ เรียบเรียงและ พัฒนาขึ้นจากประสบการณ์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์และการเป็นครูที่ปรึกษา โครงการคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย เพชรบุรี โดยเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือในการ ทำวิทยานิพนธ์ เรื่องการพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนที่มี ความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ ภูมิภาค) โดยเอกสารที่พัฒนาขึ้นใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องและส่งเสริม หลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ที่มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนให้เป็นนักประดิษฐ์ นักคิดค้น

เอกสารเล่มนี้ประกอบด้วย ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการคณิตศาสตร์ ประเภท ของโครงการคณิตศาสตร์ ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อโครงการ ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ และขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ อีกทั้งได้นำเสนอตัวอย่างโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนโรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย เพชรบุรี ที่ มีคุณภาพและประสบความสำเร็จจากการทำโครงการเพื่อเป็นตัวอย่างในการทำโครงการในขั้นตอน ต่างๆ และเป็นตัวอย่างแนวทางในการทำโครงการของนักเรียนต่อไป

ศักดิ์รินทร์ จันทร์นาค

สารบัญ

	หน้า
ความเป็นมาและความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์	1
ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงงานคณิตศาสตร์	4
ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน	4
ความหมายโครงงานคณิตศาสตร์	4
จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์	4
ประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์	6
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์	7
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)	
ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อโครงงาน	10
ขั้นที่ 2 การวางแผนทำโครงงาน	11
ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงงาน	13
ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงงาน	15
ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงงาน	19
การพัฒนาต่อยอดโครงงาน	22
การประเมินผลการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์	23
กิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่โครงงานคณิตศาสตร์	27
กิจกรรมวิเคราะห์บทความ/บทความโครงงานคณิตศาสตร์	28
ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อโครงงานคณิตศาสตร์	34
กิจกรรมที่ 1 การศึกษารูปแบบของหลังคา cover way ที่ประหยัดทุนและให้ประสิทธิภาพมากที่สุด	34
กิจกรรมที่ 2 การใช้โปรแกรม GSP ในการสร้างโลโก้	37
กิจกรรมที่ 3 การหาผลบวกที่มีค่าสูงสุดของลำดับย่อยที่ติดกัน	40
กิจกรรมที่ 4 การหาอัตราการกระจายตัวของน้ำมัน	43
กิจกรรมที่ 5 การศึกษาสมการความยาวของกระดาษทิชชู	47
กิจกรรมที่ 6 การศึกษาวิธีการนับเมล็ดข้าวโพดให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด	50
กิจกรรมที่ 7 รูปร่างที่เกิดขึ้นจากการยิงเลเซอร์โดยอาศัยปรากฏการณ์ทวินดอลล์	53
กิจกรรมที่ 8 การหารูปเรขาคณิตในตาราง $n \times n$	56
กิจกรรมที่ 9 การศึกษารูปทรงของล้อที่สัมพันธ์กับถนนแบบต่างๆ	59
กิจกรรมที่ 10 การหาสมการภาคตัดขวางและปริมาตรของไข่ไก่	62
ตัวอย่างหัวข้อโครงงานคณิตศาสตร์	65

	หน้า
ตัวอย่างการเขียนโครงร่างโครงการ	74
ตัวอย่างการเขียนบทคัดย่อ	87
ตัวอย่างสื่อในการนำเสนอโครงการคณิตศาสตร์แบบบรรยาย	89
ตัวอย่างโปสเตอร์ในการนำเสนอโครงการคณิตศาสตร์แบบโปสเตอร์	99
ตัวอย่างการเขียนบทความทางวิชาการโครงการ	104
ตัวอย่างการเขียนรายงานโครงการ	109
โครงการเรื่อง การศึกษาโลคัสของจุดสัมผัสกลางของเส้นโค้งบนระนาบ	109
โครงการเรื่อง การศึกษาสมการเชิงชี้ของการกระจายตัวของน้ำจากหัวสปริงเกอร์ชนิดใบพัด	155
แบบต่างๆ	
บรรณานุกรม	193



ตัวอย่างกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อโครงการคณิตศาสตร์

กิจกรรมที่ 5 การศึกษาสมการความยาวของกระดาษทิชชู

The studying of tissue's equation

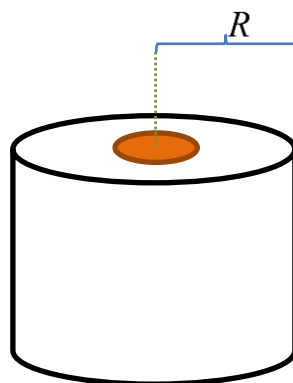
เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม 90 นาที

สถานการณ์ปัญหา

เนื่องจากการใช้ทิชชูของคนในปัจจุบัน คือ การที่ดึงทิชชูออกมาให้ตนเองรู้สึกเพียงพอโดยไม่ได้คำนึงถึงขนาดของการใช้ ดังนั้นการหยิบทิชชูแต่ละครั้งอาจทำให้เกิดการใช้ทิชชูที่มากจนเกินไป และเมื่อพิจารณาคนส่วนใหญ่การใช้ทิชชูที่มากเกินไปครั้งละเล็กน้อย อาจส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมของโลกได้



จากรูปข้างต้นการดึงทิชชูนั้นมีสองวิธี คือการดึงจากด้านในไปสู่ด้านนอกและการดึงจากด้านนอกเข้าสู่ด้านใน ทั้งนี้การดึงที่แตกต่างย่อมให้ปริมาณทิชชูที่แตกต่างเช่นกัน กล่าวคือ ถ้าจำนวนรอบในการดึงเท่ากัน การดึงทิชชูจากด้านนอกเข้าสู่ด้านในจะให้ปริมาณทิชชูที่มากกว่าการดึงทิชชูจากด้านในไปสู่ด้านนอก



จากรูปจะเห็นว่า รัศมีของทิวชู หรือ r มีความสัมพันธ์กับแกนทิวชูและจำนวนรอบที่ทิวชูปันรอบแกน ดังนี้ $R = \text{รัศมีของแกนทิวชู} + (\text{ความหนาของกระดาษทิวชู} \times \text{จำนวนรอบทั้งหมดที่ทิวชูปันรอบแกน})$

ให้นักเรียนเลือกว่าจะศึกษาการดึงกระดาษทิวชูแบบใด โดยให้นักเรียนหาสมการของความยาวของกระดาษทิวชูที่ดึงออกมา x รอบ พร้อมทั้งอธิบายแนวคิดหรือหลักการอย่างละเอียดและวาดรูปประกอบ

อุปกรณ์

กระดาษทิวชู 1 ม้วน

ไม้บรรทัด 1 อัน

ตลับเมตร 1 อัน

ดินสอ 1 แท่ง

เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ 1 อัน

กระดาษสำหรับทด 2-3 แผ่น

เลือกวิธีการดึงทิวชู

แนวคิดและหลักการอย่างละเอียด

.....

.....

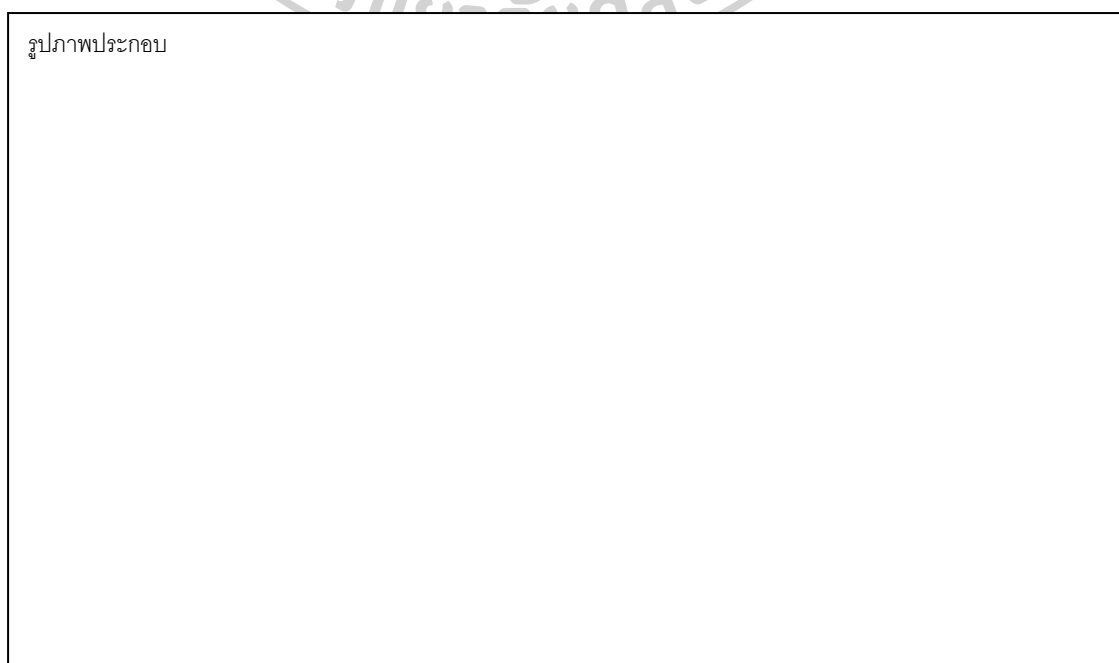
.....

.....

.....

.....

รูปภาพประกอบ



สรุปผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางการนำความรู้และทักษะที่ได้จากกิจกรรมไปพัฒนาเป็นโครงงานคณิตศาสตร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



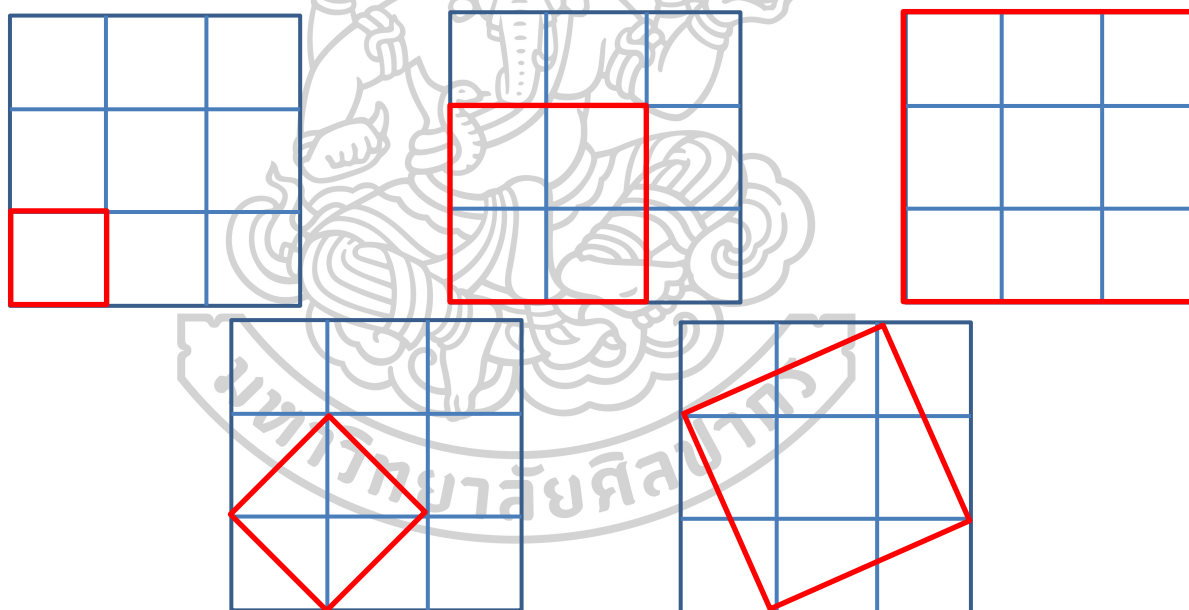
กิจกรรมที่ 8 การหารูปเรขาคณิตในตาราง $n \times n$

Geometric on square table

เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม 90 นาที

สถานการณ์ปัญหา

กำหนดให้มีตารางหมากรุกขนาด $n \times n$ ถ้าลากเส้นเชื่อมจุด k จุดจะได้รูปร่างทางเรขาคณิตรูปต่างๆมากมายซึ่งจะสามารถหาได้ว่ามีรูปร่างที่แตกต่างกันกี่รูปร่าง หรือมีขนาดที่แตกต่างกันกี่ขนาด เช่น กำหนดตารางหมากรุกขนาด 3×3 ถ้าลากเส้นเชื่อมจุด 3 จุดจะได้รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีขนาดแตกต่างกันกี่ขนาด



วิธีคิด

จากภาพข้างต้นจะได้ว่ามีรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสทั้งหมด 5 ขนาด

ให้นักเรียนหาคำตอบของคำถามต่อไปนี้

- กำหนดตารางหมากรุกขนาด 3×3 ถ้าลากเส้นเชื่อมจุด 4 จุดจะได้รูปเรขาคณิตที่แตกต่างกันกี่รูปแบบ

แนวคิด/หลักการอย่างละเอียด :

.....

.....

.....

2. กำหนดตารางหมากรุกขนาด 4×4 ถ้าลากเส้นเชื่อมจุด 3 จุดจะได้รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่มีขนาดแตกต่างกันกี่แบบ และแต่ละแบบมีกี่รูป

แนวคิด/หลักการอย่างละเอียด :

.....

.....

.....

3. กำหนดตารางหมากรุกขนาด 5×5 ถ้าลากเส้นเชื่อมจุด 4 จุดจะได้รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่แตกต่างกันกี่แบบ และแต่ละแบบมีกี่รูป

แนวคิด/หลักการอย่างละเอียด :

.....

.....

.....

4. กำหนดตารางหมากรุกขนาด 6×6 ถ้าลากเส้นเชื่อมจุด 4 จุดจะได้รูปสี่เหลี่ยมรูปว่าวที่แตกต่างกันกี่รูป

แนวคิด/หลักการอย่างละเอียด :

.....

.....

.....

สรุปผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

แนวทางการนำความรู้และทักษะที่ได้จากกิจกรรมไปพัฒนาเป็นโครงงานคณิตศาสตร์

.....

.....

.....



คู่มือประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โครงการคณิตศาสตร์



ศิกตินรินทร์ จันทน์นาค

คำนำ

คู่มือประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์เล่มนี้ เรียบเรียงและพัฒนาขึ้นจากประสบการณ์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์และการเป็นครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี โดยเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ เรื่องการพัฒนาวิธีการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) โดยคู่มือที่พัฒนาขึ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องและส่งเสริมหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ที่มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนให้เป็นนักประดิษฐ์ นักคิดค้น นักวิจัย แต่เนื่องจากครูจำนวนมากยังไม่เข้าใจแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์และคิดว่าเป็นเรื่องยาก และกระตุ้นหรือให้คำปรึกษาในการทำโครงการแก่นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ได้เท่าที่ควร

คู่มือเล่มนี้ประกอบด้วย ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการคณิตศาสตร์ ประเภทของโครงการคณิตศาสตร์ ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ และบทบาทของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อโครงการ ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ และขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ นอกจากนี้ได้พัฒนาการประเมินผลกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนของการทำโครงการเพื่อนำไปใช้ในการประเมินผลความสามารถในการทำโครงการของนักเรียน อีกทั้งได้นำเสนอตัวอย่างโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนโรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี ที่มีคุณภาพและประสบความสำเร็จจากการทำโครงการเพื่อเป็นตัวอย่างในการทำโครงการในขั้นตอนต่างๆ และเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการให้แก่นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ตามบริบทของโรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี และกลุ่มโรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย ทั้ง 12 แห่งที่มีบริบทของหลักสูตรในแนวทางเดียวกัน

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือเล่มนี้จะเป็นคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่ประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ทั้งครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี กลุ่มโรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) และโรงเรียนทั่วไปที่สามารถนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละโรงเรียนได้ ถ้าคู่มือเล่มนี้มีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ศักดิ์รินทร์ จันทร์นาค

สารบัญ

	หน้า
ความเป็นมาและความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์	1
ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงงานคณิตศาสตร์	5
ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน	5
ความหมายโครงงานคณิตศาสตร์	5
จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์	5
ประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์	7
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) และบทบาทของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงงาน	9
ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อโครงงาน	11
ขั้นที่ 2 การวางแผนทำโครงงาน	12
ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงงาน	16
ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงงาน	18
ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงงาน	23
การพัฒนาต่อยอดโครงงาน	26
การประเมินผลการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์	27
กิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่โครงงานคณิตศาสตร์	49
กิจกรรมวิเคราะห์บทคัดย่อ/บทความโครงงานคณิตศาสตร์	50
ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อโครงงานคณิตศาสตร์	56
เฉลยกิจกรรมที่ 1 การศึกษารูปแบบของหลังคา cover way ที่ประหยัดทุนและให้ ประสิทธิภาพมากที่สุด	56
เฉลยกิจกรรมที่ 2 การใช้โปรแกรม GSP ในการสร้างโลโก้	59
เฉลยกิจกรรมที่ 3 การหาผลบวกที่มีค่าสูงสุดของลำดับย่อยที่ติดกัน	62
เฉลยกิจกรรมที่ 4 การหาอัตราการกระจายตัวของน้ำมัน	65
เฉลยกิจกรรมที่ 5 การศึกษาสมการความยาวของกระดาศษทชชช	69
เฉลยกิจกรรมที่ 6 การศึกษาวิธีการนับเมล็ดข้าวโพดให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด	72
เฉลยกิจกรรมที่ 7 รูปร่างที่เกิดขึ้นจากการยิงเลเซอร์โดยอาศัยปรากฏการณ์ทวินดอลล์	75
เฉลยกิจกรรมที่ 8 การหารูปเรขาคณิตในตาราง $n \times n$	78
เฉลยกิจกรรมที่ 9 การศึกษารูปทรงของล้อที่สัมพันธ์กับถนนแบบต่างๆ	80
เฉลยกิจกรรมที่ 10 การหาสมการภาคตัดขวางและปริมาตรของไข่ไก่	83

	หน้า
ตัวอย่างกิจกรรม Workshop“เปิดโลกโครงการคณิตศาสตร์”	86
ตัวอย่างหัวข้อโครงการคณิตศาสตร์	87
ตัวอย่างการเขียนโครงร่างโครงการ	96
ตัวอย่างการเขียนบทคัดย่อ	109
ตัวอย่างสื่อในการนำเสนอโครงการคณิตศาสตร์แบบบรรยาย	111
ตัวอย่างโปสเตอร์ในการนำเสนอโครงการคณิตศาสตร์แบบโปสเตอร์	121
ตัวอย่างการเขียนบทความทางวิชาการโครงการ	126
ตัวอย่างการเขียนรายงานโครงการ	131
โครงการเรื่อง การศึกษาโลศของจุดสัมผัสกลางของเส้นโค้งบนระนาบ	131
โครงการเรื่อง การศึกษาสมการเชิงขั้วของการกระจายตัวของน้ำจากหัวสปริงเกอร์ชนิดใบพัด	178
แบบต่างๆ	
บรรณานุกรม	215



1. ความเป็นมาและความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์

ตามที่คณะรัฐมนตรี ในการประชุมเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2553 อนุมัติให้กระทรวงศึกษาธิการดำเนินงานโครงการพัฒนาโรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัยทั้ง 12 โรงเรียน ให้เป็นโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค มีภารกิจในการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ทั้งในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และตอนปลาย ในลักษณะของโรงเรียนประจำ เพื่อเป็นการกระจายโอกาสให้กับผู้มีความสามารถพิเศษที่กระจายอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศ โดยมีครอบครัวและสังคมให้การดูแลส่งเสริมให้เป็นคนที่สมบูรณ์ ทั้งด้านสติปัญญา ร่างกายจิตใจอารมณ์และสังคม เป็นคนดีมีคุณภาพควบคู่ไปกับการความสามารถพิเศษที่มีอยู่ ตลอดจนสนับสนุนส่งเสริมให้นำความสามารถพิเศษนั้นๆ ไปพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ๆ ให้กับสังคม และประเทศชาติ

การจัดการศึกษาให้แก่ผู้มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ อันเป็นการพัฒนากำลังคนที่จะทำหน้าที่เป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์ นักคิดค้น ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีศักยภาพสูงระดับนานาชาติซึ่งประเทศไทยยังขาดแคลนอยู่มาก ทำให้มีผลงานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นใช้เองน้อยมากเมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ ผลที่ตามมาคือการเสียค่าใช้จ่ายมหาศาลในการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในประเทศ เพื่อให้ประเทศชาติสามารถดำรงอยู่และแข่งขันได้ในประชาคมโลก เป็นสังคมผู้ผลิตที่มีมูลค่าเพิ่มแทนการเป็นสังคมผู้บริโภค จึงมีความจำเป็นอย่างสูงสุดและรีบด่วนที่สุดที่ประเทศชาติต้องสร้างนักวิจัย และนักประดิษฐ์คิดค้นที่มีความสามารถสูงในปริมาณที่เพียงพอซึ่งจะต้องสร้างมาตั้งแต่เยาว์วัย ดังนั้นการจัดการศึกษาให้แก่ผู้มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์จึงไม่ใช่เป็นเพียงการดำเนินการเพื่อให้บุคคลได้รับโอกาสตามสิทธิเท่านั้น แต่ยังเป็นการตอบสนองความต้องการของประเทศชาติ เป็นการสร้างขุมกำลังทางวิชาการในด้านนี้อย่างเป็นรูปธรรม เยาวชนที่มีศักยภาพพิเศษเหล่านี้เมื่อได้รับการบ่มเพาะจนเกิดการพัฒนายกระดับสูงสุดแล้วภายภาคหน้าก็จะสามารถค้นคิดสิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่สังคมและประเทศชาติได้อย่างมหาศาล เป็นการสร้างสังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ สังคมแห่งคุณภาพและแข่งขัน และสังคมที่ยั่งยืนพอเพียงมีความสมานฉันท์เอื้ออาทรต่อกัน

หลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2554 (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2557) มีจุดเน้นที่สำคัญในการส่งเสริมการประดิษฐ์คิดค้น ความคิดริเริ่ม

สร้างสรรค์และการทำงาน การพัฒนาทักษะการใช้ภาษาอังกฤษ และทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศให้มีศักยภาพระดับเดียวกันกับนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำของนานาชาติ ได้จัดโครงสร้างให้มีลักษณะที่ยืดหยุ่น เป็นหลักสูตรรายบุคคล(Customized Curriculum) จัดรายวิชาและกิจกรรมที่หลากหลายให้นักเรียนได้เลือกตามศักยภาพ ความถนัดและความสนใจ การจัดรายวิชาและกิจกรรมที่หลากหลายให้นักเรียนผู้มีศักยภาพสูงด้านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้เลือกเรียน มีวัตถุประสงค์หลักสำคัญดังนี้

- 1) เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสสำรวจความถนัดและความสนใจของตนเอง
- 2) เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาตนเองอย่างเต็มศักยภาพในด้านที่ตนเองรัก ถนัด และสนใจ
- 3) เพื่อให้นักเรียนได้เห็นความหลากหลาย เห็นคุณค่าและเห็นความสำคัญของ

คณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพ

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน ตามหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคมุ่งเน้นเพื่อพัฒนานักเรียนให้มีสมรรถนะหรือความสามารถด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร มีความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษา สามารถถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม มีความสามารถในการเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผล และความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่จะมีต่อตนเองและสังคม

- 2) ความสามารถในการคิด มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา มีความสามารถในการแก้ปัญหาและเผชิญปัญหาได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม บนพื้นฐานของหลักเหตุผล หลักคุณธรรมบนข้อมูลสารสนเทศต่างๆ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่างๆในสังคม สามารถแสวงหาความรู้และประยุกต์ความรู้เพื่อใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา มีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเองสังคมและสิ่งแวดล้อม

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต มีความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง มีทักษะในการดำรงชีวิตทักษะการทำงาน และทักษะในการอยู่ร่วมกันในสังคม ทักษะการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล สามารถจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม สามารถปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคม และสภาพแวดล้อม และรู้จักหลีกเลี่ยงการแสดงพฤติกรรม ไม่พึงประสงค์ที่จะส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี มีความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีด้านต่างๆ อย่างเหมาะสม ทั้งเพื่อการเรียนรู้ การสื่อสารการทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ ถูกต้องเหมาะสมและมีคุณธรรม

6) ความสามารถในการทำงานเป็นทีม มีความสามารถในการเป็นทั้งผู้นำและผู้ตามที่ดี รู้จักบทบาทและหน้าที่ของตนเอง สามารถปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ใหม่ๆ และสิ่งแวดล้อมใหม่ๆ ได้ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ รู้จักสังเกตคนรอบข้างและเพื่อนร่วมงาน รู้จักใช้จุดดีและจุดแข็งของแต่ละคนให้เป็นประโยชน์ สามารถบริหารความขัดแย้งได้ มีจิตวิทยาในการทำงานร่วมกับคนอื่น

7) ความสามารถในการใช้ภาษาอังกฤษ สามารถใช้ภาษาอังกฤษในการค้นคว้าหาความรู้ การเรียนการประชุมสัมมนา การเจรจาต่อรองและการทำงานร่วมกับชาวต่างชาติได้อย่างคล่องแคล่ว มีประสิทธิภาพสมวัยทั้งด้านการพูดการอ่าน และการเขียน

8) ความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบของปัญหาหรือสร้างองค์ความรู้ หรือประดิษฐ์คิดค้นสิ่งต่างๆ ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างชำนาญและสร้างสรรค์

การพัฒนากำลังคนที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่จะทำหน้าที่เป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์ นักคิดค้น ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีศักยภาพสูงระดับนานาชาติ ในอนาคตต้องอาศัยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สนับสนุนให้นักเรียนได้มีการฝึกทักษะในการทำงานวิจัย ดังจุดเน้นที่สำคัญของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ได้แก่ การส่งเสริมการประดิษฐ์คิดค้นความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และการทำโครงการ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาโครงการมุ่งให้นักเรียนได้ศึกษาวิเคราะห์กระบวนการวิจัยทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับ การตั้งคำถามหรือการระบุปัญหา การสำรวจตรวจสอบโดยการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ การสืบค้นข้อมูล การตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง การตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้ การวางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม การวิเคราะห์เชื่อมโยง ความสัมพันธ์ของ

ตัวแปรต่างๆโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมในการทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ ด้วยความมุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบและซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิชาการที่ได้ผลถูกต้องและเชื่อถือได้ สามารถสื่อสารความคิด ความรู้ จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต มีจิตวิทยาศาสตร์และตระหนักในคุณค่าของความรู้และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้ รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อข้อมูล และเครื่องมือที่อยู่ในเวลาสั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

การทำโครงการคณิตศาสตร์เป็นโครงการสาขาหนึ่งที่นักเรียนให้ความสนใจศึกษา เป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนฝึกคิดและศึกษาอย่างอิสระในประเด็นที่สนใจและถนัด โดยอาศัยความรู้ หลักการแนวคิด หรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ไปเชื่อมโยงกับประเด็นที่จะศึกษาและค้นคว้า ภายใต้อการให้คำแนะนำ คำปรึกษาช่วยเหลือและดูแลจากครูที่ปรึกษา เพื่อตอบสนองการเรียนรู้ของนักเรียนตามความเหมาะสมและความต้องการของนักเรียน นักเรียนเรียนรู้ กระบวนการกลุ่ม กระบวนการการทำงาน และ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้โดยสัมพันธ์กับศาสตร์สาขาอื่นๆ และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริง รู้จักแสวงหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เห็นประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ เป็นคนมีเหตุผลแก้ปัญหาได้ ตลอดจน มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) นั้นมีได้แยกออกเป็นรายวิชาโครงการคณิตศาสตร์อย่างชัดเจน แต่จัดเป็นกิจกรรมการเรียนรู้เสริมรายวิชาโครงการวิทยาศาสตร์ ว30294 ตามโครงสร้างหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคระดับมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2554 (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2557) โดยมีครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นผู้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยรวมในช่วงต้นก่อนที่นักเรียนจะเลือกศึกษาโครงการในสาขาที่ตนสนใจ จากสาขาวิทยาศาสตร์ สาขาคณิตศาสตร์ และสาขาการงานอาชีพและเทคโนโลยี หากนักเรียนสนใจศึกษาในสาขาใดจะนำหัวข้อที่ตนสนใจเสนอครูประจำสาขาเพื่อพิจารณารับเป็นครูที่ปรึกษาโครงการให้แก่ นักเรียน จากนั้นนักเรียนเข้าสู่กระบวนการจัดทำโครงร่างโครงการเพื่อเสนอ

คณะกรรมการในสาขาต่างๆ เพื่อพิจารณา เมื่อผ่านการพิจารณาแล้วนักเรียนจะได้เริ่มลงมือศึกษา
โครงการและมีการรายงานความก้าวหน้าเป็นระยะ กระทั่งนักเรียนศึกษาโครงการเสร็จจึงมีการตั้ง
คณะกรรมการพิจารณาผลการศึกษาโครงการของนักเรียนต่อไป

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจึงนับได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์นั้น สอดคล้อง
กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ สนับสนุนให้นักเรียนได้มีการฝึกทักษะในการ
ทำงานวิจัย และจุดเน้นสำคัญของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการจึง
สมควรศึกษาหลักการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง สามารถนำไปใช้
ในการจัดการเรียนรู้และเป็นที่ครูปรึกษาโครงการให้แก่แก่นักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์

2.1 ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในปัจจุบันมุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพของนักเรียน โดยให้นักเรียน
เรียนรู้จากการปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อที่สามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้ที่
คงทน ดังนั้นผู้สอนจะต้องเลือกใช้เทคนิคหรือวิธีการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญที่มีหลากหลาย
รูปแบบ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการเป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่เน้นให้นักเรียน
ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองฝึกให้นักเรียนได้รู้จักคิดวิเคราะห์ รู้จักแก้ปัญหา และสามารถวางแผน การ
ทำงานอย่างเป็นระบบ รู้จักบูรณาการความรู้ต่างๆเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่รวมถึงการปลูกฝัง
คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ฝึกให้นักเรียน รู้จักประเมินผลงานและ
ปรับปรุงงาน ตลอดจนสามารถนำความรู้และประสบการณ์ไปใช้ในชีวิตจริงและอยู่ในสังคมได้อย่างมี
ความสุข[2]

2.2 ความหมายโครงการคณิตศาสตร์

โครงการคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและมีอิสระในการศึกษา
ค้นคว้าเรื่องใดเรื่องหนึ่งตามความถนัด มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ในประเด็นที่ตนเองสนใจ
อยากรู้อยากเข้าใจเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องและชัดเจน หรือเป็นประเด็นปัญหาที่สามารถนำความรู้

ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์แก้ปัญหาได้หรือเชื่อมโยงกับกลุ่มสาระอื่นเพื่อนำไปใช้ในชีวิตจริง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รู้จักแสวงหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เห็นประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ เป็นคนมีเหตุผล แก้ปัญหาได้ ตลอดจน มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ เพื่อเป้าหมายให้นักเรียนเป็นคนดี เป็นคนเก่ง และมีความสุขในการเรียน การทำโครงการคณิตศาสตร์ อาจจะทำเป็นงานเดี่ยวหรืองานกลุ่มก็ได้ หากทำเป็นกลุ่มจะใช้กระบวนการกลุ่มที่มีการตั้งจุดประสงค์ร่วมกัน วางแผนร่วมกัน ดำเนินงานและรับผิดชอบร่วมกันตลอดจนประเมินผลร่วมกันภายใต้การแนะนำดูแลของครูที่ปรึกษา และ/ ผู้ทรงคุณวุฒิจนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ [3], [4], [9]

2.3 จุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์

การทำโครงการคณิตศาสตร์มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าหรือวิจัยทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเพิ่มพูนความรู้ตามความถนัดและความสนใจของตน ฝึกให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง คิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น นำความรู้คณิตศาสตร์ไปประยุกต์เชื่อมโยงกับชีวิตจริงหรือออกแบบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ได้ มีความตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของวิชาคณิตศาสตร์ ตลอดจนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีทักษะกระบวนการและความสามารถทางคณิตศาสตร์ ได้แสดงออกซึ่งความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ นำเสนอผลงานของตนเองได้อย่างมีความหมาย พัฒนาความรับผิดชอบและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากจุดเน้นที่สำคัญของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ได้แก่ การส่งเสริมการประดิษฐ์ คิดค้น ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และการทำโครงการ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย เพชรบุรี ซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เสริมหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคให้มีความรอบด้านมากขึ้น จึงกำหนดจุดมุ่งหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องและเติมเต็มกับรายวิชาโครงการวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับระเบียบวิธีการทำโครงการทางคณิตศาสตร์บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

2. นักเรียนตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ หรือความสนใจจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้
3. นักเรียนสร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ
4. นักเรียนค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่นปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้และจำนวนครั้งของการสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างเพียงพอ
5. นักเรียนจัดกระทำข้อมูลอย่างเป็นระบบโดยคำนึงถึงการรายงานผลที่มีระดับความถูกต้อง และนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม
6. นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูล แปรความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้
7. นักเรียนนำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้างคำถามใหม่นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ และในชีวิตจริง
8. นักเรียนมีส่วนร่วมรับผิดชอบการอธิบาย การลงความเห็น และการสรุปผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่นำเสนอต่อสาธารณชนด้วยความถูกต้อง
9. นักเรียนบันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิง หรือค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิม อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติม หรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่
10. นักเรียนจัดแสดงผลงาน เขียนรายงานในรูปแบบความเรียงชั้นสูง และอธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

2.4 ประเภทของโครงการงานคณิตศาสตร์

โครงการงานทางคณิตศาสตร์จำแนกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. โครงการงานประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบายทางคณิตศาสตร์ (Theoretical Projects)
2. โครงการงานประเภทบูรณาการความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นประเภทย่อยได้ 3 ประเภทดังนี้
 - 2.1 โครงการงานประเภทศึกษาค้นคว้าและสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูล (Documentation & Survey Projects)
 - 2.2 โครงการงานประเภททดลอง (Experimental Projects)
 - 2.3 โครงการงานประเภทการพัฒนาหรือการประดิษฐ์ (Development Projects)
3. โครงการงานประเภทบูรณาการโครงการงานประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบายทางคณิตศาสตร์ และโครงการงานประเภทบูรณาการความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้

1. โครงการงานประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบายทางคณิตศาสตร์ (Theoretical Projects)

โครงการงานประเภทนี้เป็นโครงการงานที่ผู้ทำจะต้องเสนอแนวคิดใหม่ ๆ ในการอธิบายเรื่องใด เรื่องหนึ่งอย่างมีเหตุผล มีหลักการทางคณิตศาสตร์หรือทฤษฎีสนับสนุนหรือเป็นการอธิบายปรากฏการณ์เก่าในแนวใหม่อาจเสนอในรูปคำอธิบาย สูตรหรือสมการ โดยมีข้อมูลหรือทฤษฎีอื่นสนับสนุน การทำโครงการงานประเภทนี้ผู้ทำจะต้องมีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างดีและต้องศึกษาค้นคว้าเรื่องราวที่เกี่ยวข้องอย่างมากจึงจะสามารถสร้างคำอธิบายหรือทฤษฎีได้ [3]

2. โครงการงานประเภทบูรณาการความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นประเภทย่อยได้ 3 ประเภทดังนี้

2.1 โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภทสำรวจข้อมูล (Documentation & Survey Projects)

โครงการงานประเภทนี้เป็นกิจกรรมการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาความรู้ที่มีอยู่หรือเป็นอยู่ในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยใช้วิธีการสำรวจและรวบรวมข้อมูลแล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาจัดกระทำ เช่น จำแนกเป็นหมวดหมู่แล้ว นำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ ตามความเหมาะสม [3]

2.2 โครงการงานประเภททดลอง (Experimental Projects)

โครงการงานประเภทนี้เป็นการศึกษาหาคำตอบของปัญหาใดปัญหาหนึ่งโดยการออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองเพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการทราบ หรือเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ขั้นตอนของการทำโครงการงานประเภทนี้ประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง ซึ่งจะต้องมีการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ที่อาจส่งผลต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษา แล้วดำเนินการทดลองโดยจัดกระทำกับตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นเพื่อดูผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตาม การแปลผลและการสรุปผลการทดลอง [3]

2.3 โครงการงานประเภทการพัฒนาหรือการประดิษฐ์ (Development Projects)

โครงการงานประเภทนี้อาจเป็นการพัฒนาหรือประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้ หรือ อุปกรณ์ ต่างๆ ให้ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยการประยุกต์ทฤษฎีหรือหลักการทางคณิตศาสตร์ อาจเป็นการประดิษฐ์สิ่งใหม่ที่ยังไม่เคยมีมาก่อนหรือการปรับปรุงอุปกรณ์หรือ สิ่งประดิษฐ์ที่มีอยู่แล้วให้ใช้งานได้ดีกว่าเดิม รวมทั้งอาจเป็นการนำเสนอหรือปรับสร้าง แบบจำลองทางความคิดเพื่อแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง [3]

3. โครงการงานประเภทบูรณาการโครงการงานประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบายทางคณิตศาสตร์ และโครงการงานประเภทบูรณาการความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้

เนื่องจากปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสนใจในการศึกษาเป็นโครงการงานคณิตศาสตร์นั้น มักพบว่าไม่สามารถแยกแยะระหว่างทฤษฎีหรือการอธิบายทางคณิตศาสตร์ และการบูรณาการความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ ออกจากกันได้อย่างชัดเจน ยังคงมีความสัมพันธ์ที่สวຍงานหากนักเรียนที่สนใจทำโครงการงานได้นำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการหาคำตอบหรือแก้ปัญหาเรื่องใกล้เคียงได้ และสามารถสร้างทฤษฎีหรือคำอธิบายทางคณิตศาสตร์จากปัญหานั้นๆ ได้ จึงนับได้ว่าโครงการงานคณิตศาสตร์ประเภทบูรณาการโครงการงานประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบายทางคณิตศาสตร์ และโครงการงานประเภทบูรณาการความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้นั้นเป็นโครงการงานคณิตศาสตร์ที่เป็นการเรียนรู้จากการทำโครงการงานที่มีความหมายและคุ้มค่ากว่าโครงการงานประเภทอื่น

3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) และบทบาทของครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาโครงการ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการทำโครงการวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ประกอบด้วย

ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ว30291 การสืบเสาะและธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ ภาคเรียนที่ 2 ว30294 โครงการวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ชั่วโมง/สัปดาห์

ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ว30292 สัมมนาทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ชั่วโมง/สัปดาห์ ว30293 ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม จำนวน 2 ชั่วโมง/สัปดาห์ ว30294 โครงการวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ชั่วโมง/สัปดาห์ ภาคเรียนที่ 2 ว30294 โครงการวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ชั่วโมง/สัปดาห์

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์และบทบาทของครูที่ปรึกษาสำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน [7] ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อโครงการ

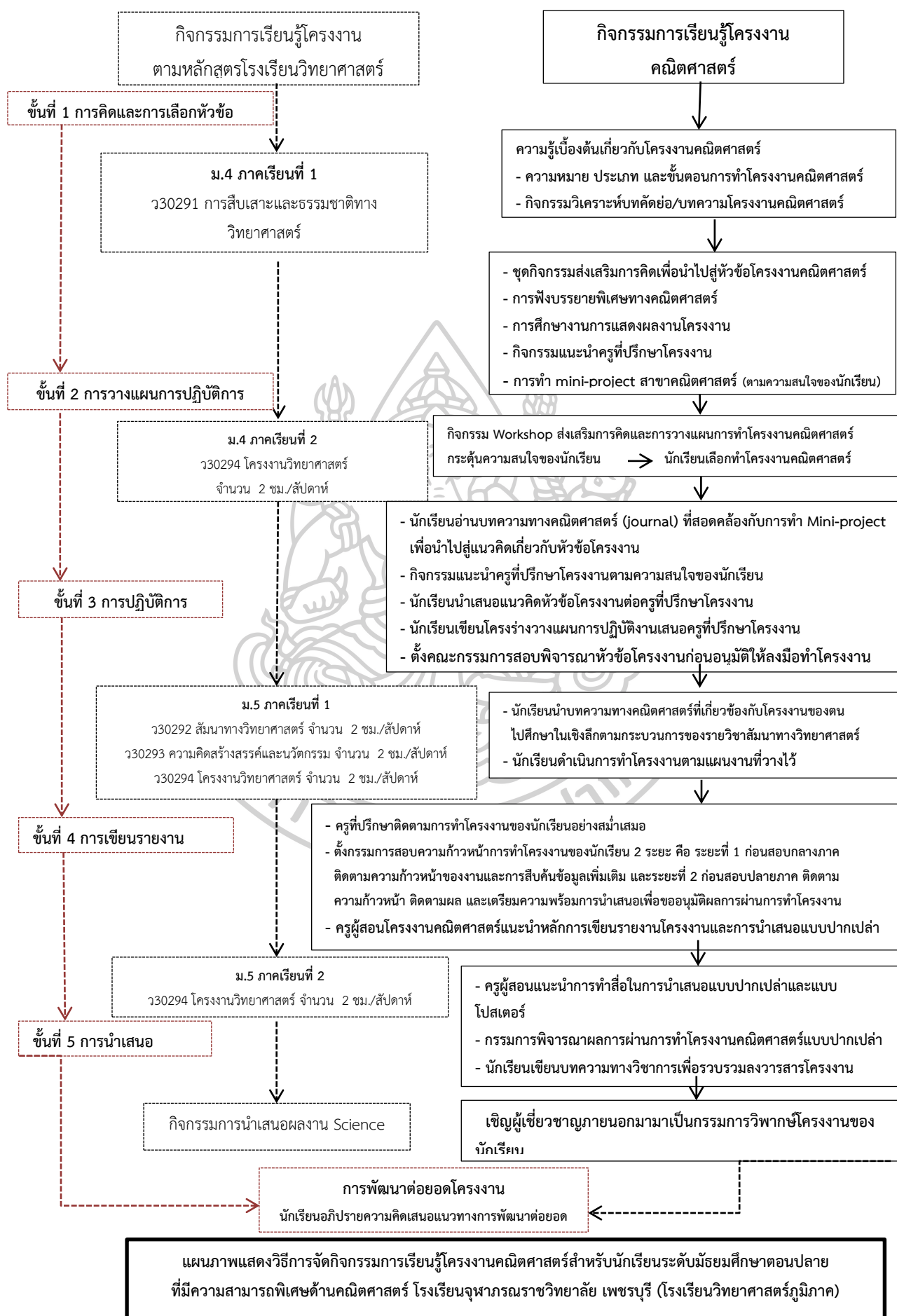
ขั้นที่ 2 การวางแผนการปฏิบัติการโครงการ

ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ

ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ

ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการทำโครงการวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค แต่ละขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์และบทบาทของครูที่ปรึกษาสำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น สามารถพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้โครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์ โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) ได้วางแผนภาพต่อไปนี้



ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อโครงการ

การทำโครงการเริ่มต้นจากปัญหา หรือความสนใจใคร่รู้ของนักเรียนซึ่งจะต้องสำรวจตนเองว่า มีความสงสัยและอยากค้นคว้าหาคำตอบเกี่ยวกับเรื่องใด ทำไมจึงอยากรู้เรื่องนั้นซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด และยากที่สุด หัวข้อหรือปัญหาที่จะศึกษานั้นควรให้นักเรียนเป็นผู้คิดและเลือกด้วยตนเอง โดยที่หัวข้อเรื่องของโครงการควรมีความเฉพาะเจาะจงและชัดเจนมุ่งชัดว่าจะศึกษาสิ่งใดหรือตัวแปรใด ควรเป็นเรื่องที่ใกล้ตัว และแปลกใหม่ ซึ่งแสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ซึ่งมาจากการที่นักเรียนได้รับการกระตุ้นความสนใจจากครูและแหล่งความรู้ต่างๆ สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตจริงหรือเป็นประเด็นศึกษาทางคณิตศาสตร์ที่ลึกซึ้งเหมาะสมกับวัยของนักเรียน ข้อควรคำนึงเกี่ยวกับการคัดเลือกหัวเรื่องที่จะทำโครงการคณิตศาสตร์ ได้แก่

1. เหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน
2. เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน
3. ระยะเวลาที่ใช้ทำโครงการ
4. มีแหล่งความรู้หรือเอกสารเพียงพอที่จะค้นคว้า
5. มีอาจารย์หรือผู้ทรงคุณวุฒิเป็นที่ปรึกษา
6. วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้
7. ความปลอดภัย
8. งบประมาณเพียงพอ

การจัดกิจกรรมเพื่อกระตุ้นหรือสร้างความสนใจให้นักเรียนเกิดความสนใจ สงสัย มีความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียนเองในเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ครูสอนในห้องเรียนหรือนอกห้องเรียน หรือจากสิ่งแวดล้อมใกล้ตัว และสามารถคิดกำหนดหัวข้อโครงการได้นั้นประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ใน ตามลำดับดังนี้

มัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1

1. จัดให้มีบรรยายความรู้พื้นฐานการทำโครงการโดยครูผู้สอนหรือวิทยากรภายนอก
2. จัดให้มีบรรยายจุดประกายความคิดการทำโครงการคณิตศาสตร์โดยครูผู้สอนหรือวิทยากรภายนอก
3. การศึกษาตัวอย่างบทคัดย่อหรือบทความโครงการคณิตศาสตร์โดยนำมาวิเคราะห์ว่า

ผู้จัดทำมีแนวคิดหลักการใดในการทำโครงการเพื่อเป็นแนวทางหรือเปิดมุมมองในการคิดหัวข้อโครงการของนักเรียน

4. จัดศึกษาดูงานนอกสถานที่หรือการไปชมงานแสดงโครงการต่าง ๆ
5. นักเรียนได้ฝึกคิดแก้สถานการณ์ปัญหาปลายเปิดโดยนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา จากชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อโครงการคณิตศาสตร์
6. กิจกรรมแนะนำครูที่ปรึกษาโครงการสาขาคณิตศาสตร์
7. นักเรียนฝึกตั้งสถานการณ์ปัญหาใกล้ตัวโดยนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา (การทำ Mini - project) ซึ่งเป็นการฝึกเรียนรู้กระบวนการการทำโครงการคณิตศาสตร์ ใช้เวลาในการศึกษา 2-3 สัปดาห์

มัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2

1. กิจกรรม Workshop ส่งเสริมการคิดและการวางแผนการทำโครงการคณิตศาสตร์เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนและเลือกทำโครงการคณิตศาสตร์
2. นักเรียนที่เลือกทำโครงการคณิตศาสตร์ศึกษาบทความทางคณิตศาสตร์ (journal) ที่สอดคล้องกับหัวข้อในการทำ Mini - project ในภาคเรียนที่ 1 โดยวิเคราะห์บทความในประเด็นที่มาและความสำคัญ จุดประสงค์ สมมติฐาน ขั้นตอนการศึกษา ผลจากการศึกษาและสรุปผลการศึกษาเพื่อนำไปสู่แนวคิดเกี่ยวกับหัวข้อโครงการคณิตศาสตร์ จากนั้นนำเสนอในรูปแบบสัมมนาทางคณิตศาสตร์
3. กิจกรรมแนะนำครูที่ปรึกษาโครงการสาขาคณิตศาสตร์ตามหัวข้อความสนใจของนักเรียน
4. นักเรียนรวบรวมข้อมูลที่สนใจหรือเป็นประเด็นปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ มากำหนดเป็นหัวข้อเรื่องที่จะทำโครงการ ซึ่งอาจมีมากกว่า 1 เรื่องก็ได้มาพิจารณาความเป็นไปได้ของเรื่องที่จะทำให้เหลือเพียง 1 เรื่อง โดยใช้แบบประเมินเพื่อตัดสินใจเลือกโครงการซึ่งพิจารณาจากหัวข้อเรื่องที่มีความเฉพาะเจาะจง ไม่กว้างหรือยากเกินไป ใช้เวลาหรืองบประมาณที่เหมาะสมมีข้อมูลหรือแหล่งข้อมูลให้ค้นคว้าอย่างพอเพียง โดยพิจารณาความเหมาะสมในการทำโครงการร่วมกับสมาชิกในกลุ่มและครูที่ปรึกษาโครงการ

บทบาทของครูที่ปรึกษาในขั้นตอนการคิดและเลือกหัวข้อโครงการ

การเลือกหัวข้อหรือปัญหาที่จะศึกษาจะต้องเป็นเรื่องที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน และมีแนวทางที่จะหาคำตอบได้ ประสบการณ์ของนักเรียนจะช่วยให้เกิดแนวคิดและเกิดความคิดสร้างสรรค์ขึ้นได้ ดังนั้นระยะเริ่มต้นจึงเป็นระยะสำคัญ ซึ่งครูที่ปรึกษาจะต้องให้ความช่วยเหลือเป็นพิเศษ โดยอาจทำได้ดังนี้

1. กระตุ้นหรือเร้าความสนใจของนักเรียนเกี่ยวกับการทำโครงการคณิตศาสตร์โดยจัดกิจกรรมต่างๆ ที่จะช่วยให้นักเรียนสัมผัสกับปัญหาเพื่อที่นักเรียนจะได้มองเห็นปัญหา
2. แนะนำวิธีการทำโครงการและเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา
3. จัดหาเอกสารและแนะนำแหล่งค้นคว้าเพื่อให้นักเรียนสำรวจความสนใจและศึกษาเพิ่มเติม
4. จัดให้มีบรรยายโดยวิทยากรในเรื่องที่นักเรียนสนใจหรือจัดศึกษานอกสถานที่
5. แนะนำในการวางเค้าโครงย่อของโครงการและประเมินความเป็นไปได้ของโครงการที่นักเรียนต้องการศึกษา

ขั้นที่ 2 การวางแผนทำโครงการ

การวางแผนในการทำโครงการ หมายถึงรวมถึงการเขียนเค้าโครงของโครงการเพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างรัดกุมและรอบคอบ เป็นการสร้างแผนที่ความคิด เป็นการนำเอาภาพของงาน และภาพความสำเร็จของโครงการที่วิเคราะห์ไว้มาจัดทำรายละเอียด เพื่อแสดงแนวคิด แผนการทำงาน และขั้นตอนของการทำโครงการ ซึ่งอาจต้องใช้การระดมสมองถ้าเป็นการทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อให้ผู้ร่วมงานและผู้เกี่ยวข้องทุกคนได้มองเห็นภาระงานตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น รวมทั้งได้ทราบถึงบทบาทและระยะเวลาในการดำเนินงาน เมื่อเกิดความชัดเจนแล้ว จึงนำมาเขียนเป็นเค้าโครงของโครงการ โดยทั่วไปเค้าโครงของโครงการจะประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ ได้แก่

ชื่อโครงการ ผู้ทำ ครูที่ปรึกษา ที่มาและความสำคัญ จุดประสงค์ของการศึกษา สมมุติฐาน (ถ้ามี) วิธีดำเนินงาน แผนปฏิบัติงาน ผลที่คาดว่าจะได้รับ และเอกสารอ้างอิง แล้วนำเค้าโครงงานเสนอที่ปรึกษาเพื่อให้ความเห็นชอบในการทำโครงการต่อไป

ขั้นตอนการวางแผนทำโครงการ มัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ประกอบด้วย

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

เมื่อได้หัวข้อโครงการแล้วจะต้องศึกษาค้นคว้าเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและเชิงลึกในการทำโครงการว่า เรื่องที่เราจะทำมีผู้เคยทำไว้แล้วหรือไม่ ผลเป็นอย่างไร ถ้าเราจะทำเรื่องใหม่ จะมีวิธีดำเนินการอย่างไร การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ทำให้มองเห็นแนวทางในการออกแบบโครงการ เริ่มตั้งแต่การตั้งชื่อเรื่อง การกำหนดจุดประสงค์ การตั้งสมมติฐาน กลุ่มเป้าหมาย กลวิธีทางสถิติ วิธีการดำเนินการ สถานที่ ระยะเวลาและผลที่คาดว่าจะได้รับ

2. เขียนโครงร่างของโครงการ

เมื่อศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องแล้ว นักเรียนจะมองเห็นแนวทางในการทำโครงการอยู่ในสมองนักเรียนต้องทำความเข้าใจกระจ่างและเป็นรูปธรรม ด้วยการเขียนเป็นลายลักษณ์อักษร เรียกว่า โครงร่างของโครงการ วิธีการเขียนโครงร่างของโครงการ ประกอบด้วย

- 1) ชื่อโครงการ คือปัญหาที่สนใจอยากศึกษา เขียนด้วยข้อความที่สั้น กะทัดรัดชัดเจน สื่อความหมายได้ตรงกับสิ่งที่นักเรียนกำลังศึกษา และมีความเฉพาะเจาะจงว่าจะศึกษาอะไร
- 2) ชื่อผู้ทำโครงการ อาจเป็นบุคคล หรือเป็นกลุ่ม ซึ่งไม่ควรเกิน 3 คนต่อ 1 กลุ่ม
- 3) ชื่อครูที่ปรึกษาโครงการ และ/หรืออาจารย์มหาวิทยาลัย ผู้ทรงคุณวุฒิในท้องถิ่น ทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาดูแลการทำโครงการของนักเรียน
- 4) ที่มาและความสำคัญของโครงการ อธิบายถึงความเป็นมาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่สนใจจะศึกษาว่ามีความเป็นมาอย่างไร เหตุใดจึงเลือกทำโครงการนั้น มีเหตุจูงใจอะไรที่ทำให้สนใจเป็นกรณีพิเศษ โครงการนี้มีความสำคัญอย่างไร มีหลักการหรือทฤษฎีอะไรที่เกี่ยวข้อง เป็นเรื่อง que คิดขึ้นมาใหม่หรือเป็นการศึกษาต่อยอดจากโครงการเดิมที่มีคนเคยทำมาแล้วแต่ยังไม่ได้ศึกษาในบางเรื่อง อันเป็นการเขียนเชื่อมโยงระหว่างปัญหาที่สนใจกับการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการหาคำตอบหรือเป็นการสร้างองค์ความรู้ใหม่ทางคณิตศาสตร์จากปัญหาที่สนใจศึกษาซึ่งทำให้โครงการที่นักเรียนศึกษามีความน่าสนใจมากขึ้น
- 5) วัตถุประสงค์ของการศึกษา เป็นการระบุความต้องการในการศึกษาหรือจุดประสงค์เฉพาะในการศึกษา ซึ่งอาจเขียนเป็นข้อๆโดยต้องเขียนให้ผู้อื่นทราบว่าเราจะทำการศึกษาอะไร และอย่างไร แต่ไม่ใช่ นำเอาประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการทำโครงการมาเขียนเป็นวัตถุประสงค์โดยเขียนให้

สอดคล้องกับสิ่งที่จะศึกษาหรือทดลอง ต้องเขียนให้ชัดเจน ไม่ยืดเยื้อ และจำนวนข้อไม่มากจนเกินไป สามารถวัดได้เป็นการบอกขอบเขตของงานที่จะทำได้ชัดเจนขึ้น

6) สมมติฐานของการศึกษา(ถ้ามี) ถ้าเป็นโครงการที่เกี่ยวกับการทดลอง จะมีการคาดเดาคำตอบไว้ล่วงหน้า หรือการตั้งสมมติฐานควรมีเหตุผล โดยมีหลักการหรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์รองรับ ซึ่งมักเขียนเป็นข้อความมองเห็นแนวโน้มในการดำเนินการทดลองหรือตรวจสอบได้ซึ่งอาจจะถูกหรือไม่ก็ได้ นอกจากนี้ควรมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามด้วย

7) ขอบเขตของโครงการที่จะทำการศึกษา โครงการที่เลือกศึกษานั้นมีขอบเขตหรือข้อจำกัดใดบ้าง เช่น จะศึกษาเฉพาะด้านหรือเนื้อหาใดบ้าง ทำไมจึงศึกษาเพียงเท่านั้น ประชากรหรือตัวอย่างในการทดลองหรือเราขอข้อมูลเป็นใคร มาจากที่ไหน อยู่ระดับใด จำนวนเท่าใด เป็นต้น

8) เนื้อหาคณิตศาสตร์และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่นำมาใช้กับการทำโครงการ หรือจะเขียนเฉพาะหัวข้อเรื่องทางคณิตศาสตร์ และอ้างอิงหัวข้องานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ชื่อผู้แต่ง, พ.ศ.: เลขหน้า) ก็ได้

9) วิธีดำเนินงาน ประกอบด้วย

9.1 อุปกรณ์ที่ต้องใช้ ลักษณะเป็นอย่างไร มีขนาดเท่าใด จะหามาจากแหล่งใด วัสดุใดบ้างที่ต้องจัดซื้อหรือจะขอยืมจากที่ใด จะใช้วัสดุเหล่านั้นในการทดลองปริมาณเท่าใด

9.2 มีแนวทางในการศึกษา หรือทำการทดลองอย่างไร อธิบายขั้นตอนการดำเนินงานอย่างละเอียดตั้งแต่ต้นจนจบว่าจะการออกแบบการศึกษาอย่างไร มีการเก็บข้อมูลอะไรบ้าง เก็บด้วยวิธีใด จากที่ไหนและอย่างไร มีการบันทึกข้อมูลด้วยวิธีการใด ข้อมูลที่เก็บมาได้จะทำการวิเคราะห์อย่างไร เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้วจะมีวิธีในการนำเสนอรูปแบบใด

9.3 แผนปฏิบัติงาน อธิบายเกี่ยวกับกำหนดเวลาเริ่มต้นและเวลาเสร็จของการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน แยกเป็นเดือน สัปดาห์ ตามความเหมาะสมกับขนาดโครงการ ถ้าเป็นการทำงานกลุ่มจะต้องมีการแบ่งงานกันทำอย่างชัดเจนมีการประชุมปรึกษาหารือกันเป็นระยะๆ มีการประเมินผลระหว่างปฏิบัติและประเมินหลังสิ้นสุดโครงการวางแผนการทำโครงการเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งเพราะจะทำให้ผู้รับผิดชอบโครงการทราบขั้นตอนของกระบวนการในการทำงานแต่ละขั้นตอน และสามารถแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนได้

10) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงการ ประกอบด้วยประโยชน์อันจะ

เกิดขึ้นจากการศึกษาค้นคว้า เพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวันทั้งที่จะได้กับตนเอง เพื่อน และผู้อื่นให้ชัดเจนว่า เมื่อทำโครงการเรื่องดังกล่าวแล้วจะได้รับประโยชน์อะไร ทั้งในเรื่องผลผลิต กระบวนการ และผลกระทบที่เกิดขึ้นหรือเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับผู้สนใจจะศึกษาค้นคว้าต่อไป

11) เอกสารอ้างอิง บอกชื่อเอกสาร ข้อมูล จากแหล่งต่างๆที่ใช้ทำโครงการเพื่อให้ผู้อื่นทราบว่า นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งใดบ้าง หากสนใจที่จะทำโครงการในลักษณะเดียวกัน ในมุมมองอื่นๆ ก็สามารถศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมได้จากแหล่งความรู้เหล่านั้น

3. ขออนุมัติทำโครงการ

เมื่อเขียนโครงร่างโครงการเสร็จแล้ว นักเรียนต้องขออนุมัติทำโครงการจากคณะกรรมการพิจารณาอนุมัติการทำโครงการ อันประกอบด้วย ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และ/ครูที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมว่าโครงการนั้นสามารถดำเนินการได้จริง ตามที่เขียนโครงร่างมาหรือไม่ โดยพิจารณาจากการนำเสนอโครงร่างและตอบข้อซักถามจากกรรมการพิจารณาอนุมัติทำโครงการ การตรวจสอบความเป็นไปได้ของโครงการ เพื่อให้เกิดความรอบครอบในการทำโครงการมิใช่เพื่อจำกัดเสรีภาพทางความคิดของนักเรียน เพราะการทำโครงการต้องใช้เวลามากกว่าการเรียนในห้องปกติ หากนักเรียนทำโครงการแล้วประสบปัญหาต้องล้มเลิกโครงการนั้นกลางคัน จะทำให้เสียงบประมาณและเวลาเรียนไป หรืออาจทำให้นักเรียนมีทัศนคติต่อการทำโครงการคณิตศาสตร์ในเชิงลบได้ เมื่ออนุมัติหัวข้อโครงการแล้วนักเรียนต้องบันทึกโครงร่างลงสมุดบันทึกโครงการ (logbook) เพื่อในขณะที่ทำโครงการจะได้มีการทำงานและบันทึกงานได้เป็นไปตามแผนการทำงานที่วางไว้ นักเรียนสามารถเริ่มปฏิบัติการโครงการได้ทันทีหลังจากได้รับการอนุมัติหัวข้อซึ่งสามารถเริ่มทำได้ตั้งแต่สิ้นภาคเรียนที่ 2 ของมัธยมศึกษาปีที่ 4

บทบาทของครูที่ปรึกษาในขั้นตอนการวางแผนทำโครงการ

เมื่อนักเรียนได้หัวข้อโครงการและมีครูที่ปรึกษาแล้ว อาจมีอาจารย์มหาวิทยาลัยหรือบุคคลภายนอกที่มีความเชี่ยวชาญเป็นพิเศษในเรื่องนั้นๆ โดยหลักการแล้วควรมีครูที่ปรึกษาโครงการ 1-2 ท่านต่อ 1 โครงการ ซึ่งครูปรึกษาควรปฏิบัติดังนี้

1. พิจารณาความเป็นไปได้ในหัวข้อเรื่อง โดยให้นักเรียนได้ทดลองทำก่อนลงมือปฏิบัติจริงหรือ

ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อโครงการก่อน ถ้าทดลองแล้วนักเรียนทำไม่ได้ หรือมีแหล่งข้อมูลในการศึกษาน้อยเกินไปกระทั่งไม่สามารถที่จะทำโครงการต่อไปได้ ครูควรแนะนำให้นักเรียนเปลี่ยนหัวข้อเรื่องหรือปรับเปลี่ยนวิธีการศึกษาใหม่

2. ช่วยเสนอแนะเพื่อขยายขอบเขตการศึกษาให้มีความสมบูรณ์ ถ้านักเรียนเขียนเค้าโครงแคบไปให้นักเรียนขยายขอบเขตให้กว้างขึ้น และถ้านักเรียนเขียนเค้าโครงกว้างไป ก็เสนอแนะให้มีขอบเขตเฉพาะเรื่อง โดยใช้คำถามนำแทนการบอกโดยตรง เพื่อให้นักเรียนคิดด้วยตนเอง

3. แนะนำเอกสารและแหล่งค้นคว้าที่อยู่ใกล้ตัว คือหนังสือเรียนที่เคยเรียนผ่านมาแล้ว ที่กำลังเรียนอยู่ในปัจจุบัน รวมทั้งหนังสือเสริมบทเรียนอื่นๆในห้องสมุดของโรงเรียน ก่อนที่จะไปค้นคว้าที่อื่น เพื่อฝึกแสวงหาความรู้จากสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวให้นักเรียน ในกรณีที่ห้องสมุดโรงเรียนมีเอกสารไม่เพียงพอต่อการทำโครงการ ครูที่ปรึกษาอาจพานักเรียนไปห้องสมุดของหน่วยงานอื่น หรือครูที่ปรึกษาเป็นผู้ค้นคว้าแล้วถ่ายเอกสารมาให้นักเรียน หรืออาจพานักเรียนไปเรียนรู้ภายนอกโรงเรียน เพื่อเก็บข้อมูลเบื้องต้นในเขียนโครงร่างของโครงการ

4. เสนอแนะวิธีการวางแผนและการเขียนโครงร่างของโครงการ หากเป็นโครงการทดลองและสิ่งประดิษฐ์นั้นนักเรียนต้องกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ถ้าเป็นโครงการประเภทสำรวจหรือประเภททฤษฎีไม่ต้องกำหนดตัวแปร ซึ่งครูที่ปรึกษาอาจนำตัวอย่างโครงร่างของโครงการประเภทต่างๆมาให้นักเรียนได้ศึกษาเป็นแนวทาง

5. ตรวจสอบโครงร่างของโครงการในประเด็นสำคัญ ดังนี้

5.1 จุดมุ่งหมายเขียนได้ถูกต้องสอดคล้องกับเรื่องที่ทำการศึกษาหรือไม่

5.2 การวางแผนการศึกษา

5.2.1 โครงการการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบายทางคณิตศาสตร์ ควรพิจารณาถึงระดับความสามารถของนักเรียนว่าสามารถศึกษาหรือสร้างองค์ความรู้หรือไม่ เนื้อหาที่นักเรียนสนใจศึกษาไม่จำเป็นต้องอยู่ในระดับเดียวกับความรู้ที่นักเรียนในระดับเดียวกันเรียนหากนักเรียนสนใจและมีความสามารถที่จะเรียนรู้หรือศึกษาได้ก็ควรที่จะอนุมัติให้นักเรียนได้ทำ ทั้งนี้ควรประสานงานกับอาจารย์ที่ปรึกษาพิเศษจากมหาวิทยาลัยในการให้คำปรึกษาแก่นักเรียนในเชิงลึก ทั้งนี้ครูต้องให้ความสำคัญแก่การวางแผนของระยะเวลาการทำโครงการงานของนักเรียนและมุ่งให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ทางทฤษฎีหรือคำอธิบายทางคณิตศาสตร์ให้สามารถเชื่อมโยงกับชีวิตจริงให้เห็นเป็นรูปธรรมมากที่สุด

5.2.2 โครงการทดลองหรือโครงการสิ่งประดิษฐ์ ควรพิจารณาเกี่ยวกับประเด็นต่างๆ ดังนี้

- 1) มีการกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมหรือไม่ ตัวแปรที่กำหนดมีเหมาะสมหรือไม่ และสามารถสังเกตหรือวัดได้หรือไม่
- 2) เครื่องมือที่ใช้วัดเหมาะสมและสอดคล้องกับสิ่งที่จะวัดมากน้อยเพียงใด
- 3) ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาเหมาะสมหรือไม่
- 4) การออกแบบตารางบันทึกผลการศึกษาชัดเจนมากน้อยเพียงใด

จากรายละเอียดดังกล่าว หากครูที่ปรึกษาพิจารณาแล้วเห็นว่าหากส่วนใดส่วนหนึ่งของโครงร่างที่นักเรียนเสนอมานั้นไม่เหมาะสม ให้ปรับปรุงแก้ไขโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนได้พิจารณาถึงสิ่งที่มองข้ามไปแทนการบอกให้ทำตาม เพื่อปลูกฝังให้นักเรียนเกิดทักษะในการวางแผนต่อไป

ขั้นที่ 3 การปฏิบัติการโครงการ

การปฏิบัติโครงการ เป็นการดำเนินงานหลังจากที่โครงการได้รับความเห็นชอบจากครูที่ปรึกษาและได้รับการอนุมัติ นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติงานตามแผนงานที่กำหนดไว้ในเค้าโครงของโครงการ เก็บรวบรวมข้อมูลการสร้างหรือประดิษฐ์ การปฏิบัติการทดลอง การค้นคว้าเอกสารต่างๆ แล้วแต่ว่าจะเป็นโครงการประเภทใด อาจเป็นการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมจากแผนงานที่วางไว้ในตอนแรกบ้างก็ได้ นักเรียนต้องปฏิบัติงานด้วยความรอบคอบ คำนึงถึงความประหยัดและความปลอดภัยในการทำงาน ตลอดจนคำนึงถึงสภาพแวดล้อมด้วย ในระหว่างการปฏิบัติงานตามเค้าโครงของโครงการ ต้องมีการจดบันทึกข้อมูลต่างๆ ลงในสมุดบันทึกโครงการ (logbook) ไว้อย่างละเอียดว่า ทำอะไร ได้ผลอย่างไร ปัญหา อุปสรรค และแนวทางการแก้ไขอย่างไร การบันทึกข้อมูลดังกล่าวนี้ต้องจัดทำอย่างเป็นระบบ เพื่อจะได้ใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงการดำเนินงานในอนาคตต่อไปด้วย เมื่อนักเรียนได้ปฏิบัติการโครงการไปได้ระยะหนึ่งควรจัดให้มีการนำเสนอความก้าวหน้าของโครงการเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้มีความตื่นตัวในการทำงาน ถ้ามีปัญหาครูที่ปรึกษาจะได้ทราบและช่วยเหลือนักเรียนและหาทางแก้ไข

ขั้นตอนการปฏิบัติการโครงการ มัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 นักเรียนปฏิบัติการโครงการตามแผนที่วางไว้และมีการนำเสนอความก้าวหน้าการทำโครงการ 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ก่อนสอบกลางภาค ติดตามความก้าวหน้าของงานและการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม และระยะที่ 2 ก่อนสอบปลายภาค ติดตามความก้าวหน้า ติดตามผล และเตรียมความพร้อมการนำเสนอเพื่อขออนุมัติผลการผ่านการทำโครงการ

การปฏิบัติกิจกรรมตามที่ระบุไว้ในขั้นตอนการดำเนินงานในโครงการถือว่าการเรียนรู้เนื้อหา การฝึกทักษะต่าง ๆ ตามที่ระบุไว้ในจุดประสงค์การทำโครงการ เมื่อดำเนินการทำโครงการครบถ้วนตามขั้นตอนได้ข้อมูลแล้วควรมีการตรวจสอบผล การทดลองด้วยการทดลองซ้ำเพื่อให้ได้ผลที่แน่นอน ถ้าเป็นสิ่งประดิษฐ์ควรคำนึงถึงความคงทน แข็งแรงและขนาดที่เหมาะสม หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลแปลผลและสรุปผลการศึกษา ค้นคว้า พร้อมทั้งอภิปรายผลการศึกษาค้นคว้าไม่ว่าผลนั้นจะตรงตามความคาดหมายหรือตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ก็ตาม การปฏิบัติโครงการ ต้องใช้ทักษะกระบวนการที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การจะได้มาซึ่งคำตอบที่เป็นความรู้หรือความจริง นักเรียนจะต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ การทดลอง และการประดิษฐ์ (แล้วแต่กรณี) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ใช้ในการทำโครงการ มี 12 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการวัด ทักษะการใช้ตัวเลข ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงสรุปข้อมูล [5]

2. ทักษะกระบวนการบันทึกข้อมูล

เป็นการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับ สิ่งที่เกิดขึ้นจากการทำโครงการ เช่น สิ่งที่สำรวจพบ ผลการทดลองที่เกิดขึ้น และรายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์ที่ทำ เพื่อรวบรวมข้อมูลซึ่งเป็นความรู้หรือความจริงให้เป็นหมวดหมู่ เป็นระบบระเบียบ เพื่อง่ายแก่การค้นหาและทำความเข้าใจ การบันทึกข้อมูลมีหลายรูปแบบ เช่น การบันทึกด้วยการถ่ายภาพ วาดภาพ สร้างแบบจำลองของสิ่งประดิษฐ์ (Model) การบันทึกข้อมูลโดยใช้รูปแบบตาราง แผนภูมิแท่ง แผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิวงกลม กราฟ

และแผนผังความคิดเป็นต้น นักเรียนต้องเลือกรูปแบบการบันทึกข้อมูลที่เหมาะสมกับการทำโครงการของตนเอง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ และนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาเขียนเป็นเอกสารรายงานโครงการ (ในขั้นที่ 4) และนำเสนอผลของโครงการ (ในขั้นที่ 5)[5]

3. ทักษะกระบวนการปฏิบัติงาน

การปฏิบัติการโครงการเป็นการทำงานตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในโครงร่างของโครงการต่อครูปรึกษา ต้องคำนึงถึงเรื่องต่อไปนี้คือ

3.1 แบ่งบทบาทหน้าที่ของสมาชิกผู้ร่วมทำโครงการให้ชัดเจนเพื่อให้เกิดความร่วมมือกันทำงาน ไม่เกิดความซ้ำซ้อนขณะทำงาน

3.2 เตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสถานที่ให้พร้อมก่อนลงมือทดลอง

3.3 มีสมุดบันทึกสำหรับทำกิจกรรมประจำวัน (logbook) ว่าได้ทำอะไร ผลเป็นอย่างไร มีปัญหาและข้อคิดเห็นอย่างไร

3.4 พยายามทำตามแผนงานที่วางไว้ในตอนต้น แต่อาจจะเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมได้บ้างหลังจากเริ่มทำงานแล้ว ถ้าคิดว่าจะทำให้ผลงานดีขึ้น

3.5 ควรปฏิบัติการทดลองซ้ำ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้มากขึ้น

3.6 ควรแบ่งงานเป็นส่วนย่อยและทำแต่ละส่วนให้เสร็จก่อนทำส่วนอื่นต่อไป

3.7 ควรทำงานหลักที่สำคัญให้เสร็จก่อน แล้วจึงทำส่วนที่เป็นส่วนประกอบหรือส่วนเสริมที่ตกแต่งโครงการ

3.8 เมื่อมีอุปสรรคและปัญหา หรือเกิดข้อสงสัย ควรปรึกษาครูที่ปรึกษา

3.9 ถ้าเป็นโครงการสิ่งประดิษฐ์ ควรคำนึงถึงความคงทนแข็งแรง และขนาดที่เหมาะสมของสิ่งประดิษฐ์นั้น

บทบาทของครูที่ปรึกษาในขั้นตอนการปฏิบัติการโครงการ

เมื่อนักเรียนนำเสนอโครงร่างของโครงการ และผ่านการแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ครูที่ปรึกษาควรปฏิบัติดังนี้

1. จัดสถานที่สำหรับทำโครงการ เพราะการทำโครงการจำเป็นต้องทำการทดลองหลายวันติดต่อกัน ต้องมีการตั้งชุดการทดลองไว้ ถ้าไม่มีห้องเฉพาะสำหรับทำโครงการ ควรดัดแปลงมุมใดมุมหนึ่งของห้องพักครูใช้เป็นที่ตั้งชุดทดลองหรือเครื่องมือต่างๆที่ใช้ทำโครงการแทนได้

2. จัดหาเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นต่อการทำโครงการให้นักเรียน ถ้าเป็นเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในโรงเรียน ครูที่ปรึกษาควรมีเครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ต้องการใช้ แล้วให้นักเรียนที่ทำโครงการเป็นผู้รับผิดชอบ ถ้าเครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ใช้ไม่มีในโรงเรียน ครูที่ปรึกษาควรจัดหาและยืมจากแหล่งอื่น ในบางครั้งต้องมีการดัดแปลงเครื่องมือที่มีอยู่ในโรงเรียนนำมาใช้ทำโครงการ ครูที่ปรึกษาต้องให้คำแนะนำ และร่วมมือกับนักเรียนในการจัดหาเครื่องมือ อุปกรณ์ ต่างๆให้พร้อมก่อนที่จะดำเนินการทดลองหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์

3. ติดตามการปฏิบัติงานของนักเรียนอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากการทำโครงการของนักเรียนส่วนใหญ่จะทำนอกเวลาเรียน เช่น ตอนเย็นหลังเลิกเรียน ช่วงปิดภาคเรียน หรือในวันหยุด ดังนั้นการเป็นที่ครูปรึกษาต้องมีเวลาควบคุมดูแลการทำโครงการของนักเรียน ถ้าครูที่ปรึกษามีเวลามากพอก็สามารถดูแลนักเรียนในขณะที่ลงมือปฏิบัติจริง แต่ถ้าครูที่ปรึกษามีเวลาน้อยก็ใช้วิธีการติดตามผล โดยให้นักเรียนเสนอผลการศึกษาเป็นระยะๆต่อครูที่ปรึกษาอย่างน้อยสัปดาห์ละหนึ่งครั้งเพื่อดูความก้าวหน้าของโครงการ ถ้ามีปัญหาครูที่ปรึกษาจะได้ทราบและช่วยเหลือนักเรียนและหาทางแก้ไข นอกจากนี้ควรตั้งคณะกรรมการตรวจสอบความก้าวหน้าของโครงการเพื่อเป็นการตรวจสอบความเป็นไปได้ของโครงการในแต่ละระยะและกระตุ้นการทำงานของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง

4. ให้กำลังใจแก่นักเรียน ระหว่างที่นักเรียนทำโครงการอาจประสบปัญหาและอุปสรรคต่างๆและอาจทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย ท้อถอย ครูที่ปรึกษาต้องเสริมสร้างกำลังใจแก่นักเรียน เช่น การดูแลอย่างใกล้ชิดขณะที่นักเรียนทำโครงการ เมื่อพบปัญหาก็แก้ไขได้ทันที ทำให้นักเรียนมีกำลังใจที่จะทำโครงการต่อไป

5. แนะนำวิธีจัดการกระทำกับข้อมูล เช่น การออกแบบตารางการบันทึกข้อมูลในตาราง การนำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ย การแปลความหมายข้อมูล เป็นต้น

ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ

การเขียนรายงานโครงการ การดำเนินงานตามขั้นตอนนี้เป็น การสรุปรายงานผลการดำเนินโครงการตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด เพื่อให้ผู้อื่นได้ทราบถึงแนวคิดหรือปัญหาที่ศึกษา วิธีดำเนินงาน ผลที่ได้รับ ตลอดจนข้อสรุป ตลอดจนประโยชน์และข้อเสนอแนะ ต่างๆที่ได้จากโครงการ การเขียนรายงานโครงการควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย กระชับ ชัดเจน และครอบคลุมประเด็นสำคัญ ๆ ของโครงการที่ปฏิบัติไปแล้ว

ขั้นตอนการเขียนรายงานโครงงาน นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ช่วงปลายภาคเรียนที่ 1 และช่วงต้นภาคเรียนที่ 2 นักเรียนจำเป็นต้องเรียนรู้หลักการเขียนรายงานโครงงาน เพื่อใช้ในประกอบการนำเสนอเพื่ออนุมัติการผ่านการทำโครงงานตามหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคในช่วงก่อนสอบกลางภาคเรียนที่ 2 ของมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการเขียนรายงานโครงงานฉบับสมบูรณ์ มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน [5] ได้แก่

1. ส่วนประกอบตอนต้น ได้แก่ ปกนอก ปกใน บทคัดย่อ กิตติกรรมประกาศ คำนำ และสารบัญเรื่อง/ตาราง/ภาพประกอบ
 2. ส่วนเนื้อหา แบ่งเป็น 5 บท ได้แก่ บทนำ เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา วิธีการดำเนินการ ผลการวิเคราะห์ข้อมูล สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ
 3. ส่วนประกอบตอนท้าย ได้แก่ บรรณานุกรม และภาคผนวก
1. ส่วนประกอบตอนต้นของรายงานโครงงาน

1.1 ปกนอก

- 1) ชื่อเรื่อง การตั้งชื่อเรื่องที่ดีนั้นควรมีลักษณะดังนี้
 - (1) ตรงกับเรื่องที่ศึกษา เมื่ออ่านแล้วสามารถบอกได้ว่าเรื่องที่ทำนั้นเกี่ยวข้องกับสิ่งใด
 - (2) ชื่อโครงงานไม่ควรยาวเกินไป ควรตั้งให้สั้นกะทัดรัดและรัดกุม แต่ต้องได้ใจความตรงกับเรื่อง ไม่ควรเป็นประโยคคำถาม
 - (3) ใช้คำเร้าความสนใจ แต่ต้องไม่ทำให้ความหมายผิดเพี้ยนไปจากเนื้อเรื่องของโครงงาน
- 2) ชื่อผู้ทำโครงงาน
- 3) ชื่อที่ปรึกษา
- 4) หน่วยงานที่สังกัด

1.2 ปกใน

ปกในจะมีรูปแบบเหมือนปกนอกทุกประการ โดยเพิ่มชื่อครูที่ปรึกษาโครงงานและอาจารย์ที่ปรึกษาพิเศษ (ถ้ามี)

1.3 บทคัดย่อ

เขียนอธิบายวัตถุประสงค์ วิธีการดำเนินการศึกษา ผลที่ได้ ตลอดจนสรุปผลโครงการอย่างย่อๆด้วยความเรียงติดต่อกันไป โดยทั่วไปนิยมเขียนไม่เกินหนึ่งหน้ากระดาษ

1.4 กิตติกรรมประกาศ

เป็นการกล่าวขอบคุณผู้ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำโครงการจนประสบความสำเร็จ เพื่อให้ผู้เขียนได้แสดงออกถึงความกตัญญูรู้คุณ

1.5 คำนำ

การเขียนคำนำ สามารถเขียนได้โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน ย่อหน้าแรก กล่าวถึงจุดประสงค์ของการทำโครงการ ย่อหน้าที่สองกล่าวถึงวิธีการดำเนินงาน และย่อหน้าที่สามกล่าวถึงผลที่เกิดขึ้นจากโครงการ รวมทั้งกล่าวขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องให้ความช่วยเหลือ

1.6 สารบัญ

- 1) สารบัญเรื่อง เป็นส่วนที่ระบุว่า ภายในเล่มรายงานโครงการประกอบด้วยอะไรบ้าง
- 2) สารบัญตาราง เป็นการนำเสนอข้อมูลในรูปตาราง เป็นการจัดกระทำและสื่อความหมาย ข้อมูลที่ได้ทำการศึกษารูปแบบหนึ่งส่วนใหญ่ใช้ในการบันทึกผลการศึกษา ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการค้นหา ควรจัดทำสารบัญตารางบอกลำดับที่ ชื่อ และหน้า
- 3) สารบัญภาพประกอบ การถ่ายภาพ การเขียนแผนภูมิรูปแบบต่างๆเป็นการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลที่ทำการศึกษาอีกรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย การเลือกใช้รูปแบบการสื่อความหมายข้อมูลแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้าในเรื่องนั้น การจัดทำสารบัญภาพจึงเพิ่มความสะดวกในการค้นหาเช่นกัน โดยนับลำดับที่ของภาพประกอบแยกออกจากลำดับที่ของตาราง

2. ส่วนเนื้อหาของรายงานโครงการ

2.1 บทที่ 1 บทนำ

- 1) ที่มาและความสำคัญของโครงการ อธิบายความสำคัญของโครงการ เหตุผลที่เลือก

ทำโครงการนี้ หลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการเรื่องที่ทำ เป็นเรื่องใหม่หรือมีผู้อื่นเคยศึกษาไว้บ้างแล้ว ถ้ามีได้ผลเป็นอย่างไร เรื่องที่ทำนี้ได้ขยายเพิ่มเติมหรือปรับปรุงจากเรื่องที่ทำผู้อื่นทำไว้อย่างไร

2) **จุดมุ่งหมายของการศึกษา** ในบางครั้งอาจใช้คำว่า “วัตถุประสงค์ของการศึกษา” ในการเขียนจะกล่าวถึงสิ่งที่ต้องการศึกษาคำตอบ ซึ่งมักนิยมเขียนในลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม หรือสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดโครงการทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ

3) **สมมติฐานของการศึกษา** สมมติฐานเป็นคำตอบที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้าโดยยังไม่มี การทดสอบ ซึ่งอาจจะถูกหรือผิดก็ได้ การเขียนสมมติฐานควรมีเหตุและมีผล และที่สำคัญคือ เป็น ข้อความที่มองเห็นแนวทางในการดำเนินการทดลองหรือสามารถทดสอบได้

4) **ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา** (กรณีโครงการประเภททดลอง) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

(1) **ตัวแปรต้น หรือ ตัวแปรอิสระ** เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆหรือสิ่งที่เรา ต้องการศึกษาหรือทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

(2) **ตัวแปรตาม** คือสิ่งที่เป็ผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็ สาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็ผลก็จะเปลี่ยนไปด้วย

(3) **ตัวแปรควบคุม** คือสิ่งอื่นนอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการศึกษา ซึ่ง จะต้องควบคุมเหมือนกัน มิเช่นนั้นแล้วอาจทำให้ผลการศึกษาคคลาดเคลื่อน

5) **ขอบเขตของการศึกษา** เป็นการบอกว่าจะศึกษาเรื่องใด เนื้อหาใด ภายใต้งื่อนไข อย่งไรเป็นระยะเวลาานเท่าใด

6) **คำนิยามศัพท์เฉพาะ** เป็นการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆใน สมมติฐานที่ต้องการศึกษา เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจตรงกัน ต้องสามารถตรวจสอบ สังเกตหรือวัดได้

7) **ระยะเวลาที่ทำการศึกษา** ระบุวัน เดือน ปี ที่ทำการศึกษาตั้งแต่วันเริ่มต้น จนถึงวัน สดท้ายที่ทำการศึกษาค้นคว้าสิ้นสุดลง

2.2 บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

เป็นการศึกษาเอกสารหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องอาจเป็นหลักการทฤษฎี หรือวิธีการศึกษา

ค้นคว้าที่สอดคล้องกับหัวเรื่องที่จะทำโครงการและต้องมีการเขียนอ้างอิงแทรกในเนื้อหาที่กล่าวถึง เพื่อแสดงให้เห็นถึงแหล่งที่ค้นคว้ามา โดยจะใช้การอ้างอิงตามหลักของสถาบันใดก็ได้ แต่ต้องใช้เป็นรูปแบบเดียวกันตลอดทั้งเอกสาร เช่น

1) สิ่งพิมพ์ภาษาไทย

(ชื่อผู้แต่งและชื่อสกุล. ปีที่พิมพ์: หน้าที่ใช้อ้างอิง)

รัฐธีร์ ธีระเกียรติสกุล (รัฐธีร์ ธีระเกียรติสกุล 2555: 10-12) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ

2) สิ่งพิมพ์ภาษาอังกฤษ

(ชื่อผู้แต่งและชื่อสกุล.ปีที่พิมพ์: หน้าที่ใช้อ้างอิง)

Man (Man.2011 : 5) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ

2.3 บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน

1) วัสดุ อุปกรณ์ ในการทำโครงการประเภททดลองหรือสิ่งประดิษฐ์ วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ วัสดุอุปกรณ์ประเภทเดียวกันควรเขียนเรียงลำดับตามกันไปจนครบ แล้วเขียนวัสดุอุปกรณ์ ประเภทอื่นเรียงกันต่อไป

2) วิธีดำเนินการทดลอง เป็นการเขียนอธิบายลำดับขั้นตอนของการศึกษาอย่างละเอียด

2.4 บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

เป็นนำเสนอข้อมูลที่สังเกต หรือจดบันทึกรวบรวมไว้จากการศึกษาค้นคว้า รวมทั้งเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย ซึ่งข้อมูลที่ได้มี 2 รูปแบบคือ

1) ข้อมูลเชิงปริมาณ อาจจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลในรูปของตาราง หรือแผนภูมิก็ได้โดยพิจารณาให้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

2) ข้อมูลเชิงคุณภาพ อาจเขียนในลักษณะข้อความบรรยายสั้นๆ หรือมีภาพประกอบข้อมูลด้วยก็ได้ เพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจได้ง่าย

2.5 บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

1) สรุปผลการศึกษา การสรุปผลการศึกษาควรยึดจุดมุ่งหมายของการศึกษาของเรื่องเป็นหลัก แล้วเขียนสรุปผลตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ ควรระบุด้วยว่าข้อมูลที่ได้สนับสนุนหรือคัดค้านสมมุติฐานที่ตั้งไว้หรือยังสรุปไม่ได้

2) อภิปรายผลการศึกษา การอภิปรายผล เป็นการอ้างอิงหลักการ ทฤษฎี หรือ ผลงานที่ผู้อื่นศึกษาไว้แล้ว ว่าสัมพันธ์ สอดคล้องหรือขัดแย้งกับผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้หรือไม่ นอกจากนั้นยังควรกล่าวถึงการนำผลการทดลองไปใช้ประโยชน์

3) ข้อเสนอแนะ เป็นการเสนอแนะสิ่งที่จะน่าจะศึกษาเพิ่มเติมต่อไป อุปสรรคของการทำโครงการ หรือข้อสังเกตที่สำคัญ หรือข้อผิดพลาดบางประการที่เกิดขึ้นจากการทำโครงการนี้ รวมทั้งข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไขหากจะมีผู้ศึกษาค้นคว้าในเรื่องทำนองนี้ต่อไปในอนาคตด้วย

3. ส่วนประกอบตอนท้ายของรายงานโครงการ

3.1 เอกสารอ้างอิง หรือบรรณานุกรม

บรรณานุกรมเป็นการเขียนชื่อผู้แต่ง ชื่อหนังสือที่นำมาใช้ประกอบการศึกษาค้นคว้า เรียงลำดับการเขียนตามลำดับตัวอักษร ตามแบบพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน มีวิธีการเขียน ดังนี้

1) การเขียนบรรณานุกรมของหนังสือที่มีชื่อผู้แต่ง

- ผู้แต่ง 1 คน

ชื่อ ชื่อสกุล. ชื่อหนังสือ. ครั้งที่พิมพ์. (ยกเว้นพิมพ์ครั้งแรก) ชื่อเมืองที่พิมพ์ : สำนักพิมพ์, ปีที่พิมพ์.
เช่น

ณภาพ ณ ระนอง. แคลคูลัส. กรุงเทพฯ:ภาพการพิมพ์, 2555.

- ผู้แต่ง 2 คน ให้ใช้คำว่า “และ” คั่นระหว่างชื่อผู้แต่งทั้ง 2 คน เช่น

บุญฤทธิ์ ปิงทมวัฒนกุล และกษิติเดช ัญญะเจริญ. พิชคณิตเชิงเส้น. กรุงเทพฯ : โอเดียร์การพิมพ์, 2556.

- ผู้แต่ง 3 คน ใช้เครื่องหมายจุลภาคคั่นระหว่างชื่อคนแรกกับชื่อคนที่สองใช้คำว่า “และ” คั่นระหว่างชื่อผู้แต่งคนที่สองกับคนที่สาม เช่น

ณภาพ ณ ระนอง, บุญฤทธิ์ ปิงทมวัฒนกุล และกษิติเดช ัญญะเจริญ. คอมพิวเตอร์กราฟิก กรุงเทพฯ: โอเดียร์การพิมพ์, 2557.

- ผู้แต่งมากกว่า 3 คน ให้เขียนชื่อผู้แต่งคนแรกและใช้คำว่า “และคณะ” ต่อจากชื่อคนแรก เช่น

รัฐธีร์ ธีระเกียรติสกุล และคณะ. เรขาคณิตวิเคราะห์. กรุงเทพฯ : ภาพการพิมพ์, 2558.

2) การเขียนบรรณานุกรมของหนังสือที่จัดทำขึ้นในนามของหน่วยงานต่างๆ ให้ลงชื่อหน่วยงานนั้นๆ ในตำแหน่งผู้แต่งโดยลงนามหน่วยงานใหญ่แล้วตามด้วยหน่วยงานย่อย เช่น สาธารณสุข, กระทรวง. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กองวิจัยและพัฒนา สมุนไพร.คู่มือสมุนไพรเพื่อการสาธารณสุขมูลฐาน.กรุงเทพฯ: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2533.

3) การเขียนบรรณานุกรมของวารสารต่างๆ ดังรูปแบบต่อไปนี้
ชื่อผู้เขียนบทความ. “ชื่อเรื่องหรือบทความ”ชื่อวารสาร,ปีที่ (ฉบับที่), พ.ศ. เลขหน้า. เช่น พิมพ์อร พลบุตร “การสำรวจลายนิ้วมือแฝง” วารสารนิติวิทยาศาสตร์, 6(11), 2558 หน้า 27-29

4) การเขียนบรรณานุกรมของข้อมูลที่น่ามาจากอินเทอร์เน็ต ใช้รูปแบบดังนี้
ผู้แต่ง. “ชื่อเรื่องหรือชื่อบทความ.” ปี. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: แหล่งข้อมูล เช่น “อัตราส่วน”2557. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.stech.ac.th/new/upload/files/5cfd71cb930.doc

3.2 ภาคผนวก

ก่อนถึงภาคผนวกควรหน้าบอกให้วางคำ “ภาคผนวก” ไว้กึ่งกลางหน้ากระดาษ และนับหน้านี้รวมกับหน้าอื่นด้วย โดยไม่ต้องใส่หมายเลขหน้ากำกับ ในส่วนของภาคผนวกนี้เป็นการนำส่วนที่บันทึกหรือข้อมูลที่ได้จากการศึกษาที่ต้องการแสดงเพิ่มเติม เช่น สูตรการคำนวณ ข้อมูลดิบที่บันทึกไว้ ยังไม่ได้สรุป หรือยังไม่ได้จัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบ แผนภูมิ และตารางสรุป เป็นต้น

บทบาทของครูที่ปรึกษาในขั้นตอนการเขียนรายงานโครงงาน

หลังจากปฏิบัติโครงงานเสร็จสิ้นแล้ว เมื่อนักเรียนนำผลการศึกษามานำเสนอ ครูที่ปรึกษาควรปฏิบัติดังนี้

1. เสนอแนะวิธีการเขียนรายงานโครงงานให้แก่นักเรียน โดยมีตัวอย่างรายงานโครงงานให้นักเรียนประกอบการศึกษา
2. ตรวจสอบรายงานโครงงานพร้อมกับแก้ไข ครูที่ปรึกษาควรให้นักเรียนเขียนรายงานโครงงานด้วยตนเองเพื่อให้นักเรียนได้ประสบการณ์ในการเขียนรายงานเชิงวิชาการที่ถูกต้อง หลังจากนั้นครูที่ปรึกษาก็ตรวจแก้ไข ควรแก้ไขเฉพาะความสมบูรณ์ การใช้ภาษาที่ถูกต้องชัดเจน และขั้นตอนถูกต้องตามวิธีการทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ

การนำเสนอโครงการ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอกระบวนการทำงานและผลผลิตที่เกิดจากการทำโครงการ เพื่อเป็นการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ ให้ครู นักเรียน ผู้ปกครอง และบุคคลอื่น ๆ ได้ทราบถึงเบื้องหลังการทำงานของนักเรียนว่าเป็นอย่างไรต้องใช้ความพยายามมากเพียงใดกว่าจะได้ผลงานหรือความรู้เกี่ยวกับเรื่องนี้ ควรจัดให้ครอบคลุมประเด็นต่อไปนี้ ชื่อโครงการ ผู้ทำโครงการ ที่ปรึกษา คำอธิบายย่อ ๆ ถึงเหตุจูงใจในการทำโครงการและความสำคัญของโครงการ วิธีดำเนินการโดยเลือกเฉพาะขั้นตอนที่เด่นและสำคัญให้ผู้ชมผลงานเห็นภาพโดยรวมของโครงการ การสาธิตหรือแสดงผลที่ได้จากการทดลองและผลการสังเกตหรือข้อมูลเด่น ๆ ที่ได้จากการทำโครงการและสามารถดึงดูดความสนใจของผู้ชมผลงานได้ นอกจากนี้ควรแสดงผลงานด้วยความเข้าใจ และตอบคำถามด้วยความเป็นจริงตรงไปตรงมา นักเรียนได้ฝึกทักษะและวิธีการในการนำเสนอผลงาน ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ฝึกทักษะการใช้เทคโนโลยีในการนำเสนองาน เช่น การทำโปสเตอร์ หรือ ทำ PowerPoint ในการนำเสนองาน ฝึกทำให้ผู้อื่นเกิดความเข้าใจและเห็นคุณค่าของสิ่งที่นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าว่ามีประโยชน์อย่างไร และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงอย่างไร เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาโครงการอย่างต่อเนื่อง และทำให้นักเรียนกล้าแสดงออก มีไหวพริบปฏิภาณในการตอบคำถามของผู้อื่น มีความมั่นใจในตัวเอง และเกิดความภูมิใจในความสำเร็จของตนเอง อันเป็นแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ที่จะพัฒนาการทำงานของตนเองให้ดีขึ้น ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญประการหนึ่งของการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางคือ ความรับผิดชอบเป็นผู้นำในการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ขั้นตอนการนำเสนอโครงการ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 นักเรียนจะต้องนำเสนอโครงการคณิตศาสตร์ของตนเองอย่างมีความหมาย เพื่อรับการพิจารณาคุณภาพของโครงการด้วยการนำเสนอแบบบรรยาย จากกรรมการที่มาจากคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ภายในโรงเรียนในช่วงเวลาก่อนสอบกลางภาคเรียนที่ 2 ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และเข้าร่วมนำเสนอโครงการแบบบรรยาย และแบบโปสเตอร์ ในงาน Science Fair ของโรงเรียนซึ่งเชิญอาจารย์มหาวิทยาลัยหรือผู้เชี่ยวชาญภายนอกมาวิพากษ์และประเมินคุณภาพโครงการของนักเรียนเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อยอดโครงการต่อไป โดยการนำเสนอโครงการทำได้หลากหลายรูปแบบแต่ในที่นี้จะขอเสนอเพียง 3 รูปแบบ ได้แก่ การนำเสนอแบบบรรยาย การนำเสนอแบบโปสเตอร์ และเขียนบทความทางวิชาการลงวารสารโครงการของโรงเรียนซึ่งรวบรวมโครงการทุกสาขาไว้

1. การนำเสนอแบบบรรยาย

การนำเสนอแบบบรรยายประกอบ PowerPoint มีสาระสำคัญดังนี้

1.1 หัวข้อที่จะนำเสนอในแบบบรรยาย ประกอบด้วย ชื่อผู้จัดทำ ชื่อที่ปรึกษาโครงการ ชื่อโครงการ บทคัดย่อ จุดประสงค์ สมมติฐาน (ถ้ามี) วิธีดำเนินการ (ควรรูปประกอบ) ผลการทดลอง สรุปผล ข้อเสนอแนะ เอกสารอ้างอิง

1.2 การจัดทำ PowerPoint และวิธีการนำเสนอ

1) การจัดทำ PowerPoint ควรเน้นเฉพาะข้อมูลที่สำคัญ คำอธิบายที่เขียนแสดง ควรเน้นเฉพาะประเด็นที่สำคัญและสิ่งที่น่าสนใจเท่านั้น โดยใช้ข้อความกะทัดรัด ชัดเจน และเข้าใจง่าย ใช้วิธีสื่อความหมายด้วยกราฟ รูปภาพ แผนภูมิหรือตารางใช้ข้อความสั้นๆ อ่านเข้าใจง่ายแต่ชัดเจน ขนาดตัวอักษรสามารถอ่านได้ในระยะ 1 เมตร ภายในโปรสเตอร์โครงการประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ตามที่ปรากฏในข้อ 2.1 และควรตกแต่งให้สวยงามเพื่อดึงดูดความสนใจของผู้ชม

2) ตรวจสอบความถูกต้องของทุกสิ่งทุกอย่างที่แสดง เช่น การสะกดคำ การเขียนอธิบายหลักการ ถ้าเป็นสิ่งประดิษฐ์ต้องอยู่ในสภาพที่ทำงานได้สมบูรณ์

3) การอธิบายบรรยายประกอบ PowerPoint นักเรียนควรได้รับการฝึกจากครูที่ปรึกษา ก่อน เพื่อให้เกิดความมั่นใจ และเพื่อพัฒนาเทคนิคการอธิบายบรรยายที่น่าสนใจ เช่น มีการจัดลำดับและการแบ่งเนื้อหาในการอธิบายของคนในกลุ่ม การยกอุปกรณ์หรือผลการทดลองที่เป็นจริง ประกอบการอธิบาย เป็นต้น ซึ่งต้องอาศัยการร่วมมือที่สอดคล้องสัมพันธ์กันระหว่างผู้ร่วมงาน โดยไม่ทำให้เกิดความผิดพลาด

4) การตอบข้อซักถาม นักเรียนควรได้รับการฝึกการตอบข้อซักถามในทุกแง่มุมจากครูที่ปรึกษา เกี่ยวกับเรื่องโครงการที่ค้นคว้า และในการตอบผู้จัดทำโครงการทั้งหมดต้องช่วยกันเสริมคำตอบให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ด้วยจังหวะและช่วงเวลาการพูดที่เหมาะสมไม่ใช่แย่งกันตอบ

2. การนำเสนอแบบโปสเตอร์

การนำเสนอแบบโปสเตอร์ เป็นนิทรรศการขนาดเล็กและเบาเคลื่อนย้ายได้สะดวก ใช้งบประมาณไม่มากและนักเรียนสามารถทำเองได้ เป็นวิธีที่ได้รับความนิยม เป็นการนำเสนอที่ถ้าทำ เนื่องจากนักเรียนจะต้องนำเสนองานทั้งโครงการโดยสรุปประเด็นสำคัญของโครงการทั้งหมดด้วยโปสเตอร์ซึ่งมีพื้นที่ในการนำข้อมูลต่างๆอย่างจำกัด มีสาระสำคัญดังนี้

1.3 หัวข้อที่จะนำเสนอในโปสเตอร์ ประกอบด้วย ชื่อผู้จัดทำ ชื่อที่ปรึกษาโครงการ

ชื่อโครงการ บทคัดย่อ จุดประสงค์ สมมติฐาน (ถ้ามี) วิธีดำเนินการ (ควรมีรูปประกอบ) ผลการทดลอง สรุปผล ข้อเสนอแนะ เอกสารอ้างอิง

1.4 ขนาดของโปสเตอร์ กว้าง 90 เซนติเมตร สูง 140 เซนติเมตร

1.5 การจัดทำโปสเตอร์ และวิธีการนำเสนอ

1) การจัดทำโปสเตอร์ ควรเน้นเฉพาะข้อมูลที่สำคัญ ใช้วิธีสื่อความหมายด้วยกราฟ รูปภาพ แผนภูมิหรือตารางใช้ข้อความสั้นๆ อ่านเข้าใจง่ายแต่ชัดเจน ขนาดตัวอักษรสามารถอ่านได้ในระยะ 1 เมตร ภายในโปสเตอร์โครงการประกอบด้วยหัวข้อต่างๆตามที่ปรากฏในข้อ 1.1 และควรตกแต่งให้สวยงามเพื่อดึงดูดความสนใจของผู้ชม

2) ควรมีอุปกรณ์และผลการทดลองที่เป็นของจริงหรือชิ้นงานสำหรับแสดงประกอบหน้าโปสเตอร์โครงการ

3) ตรวจสอบความถูกต้องของทุกสิ่งทุกอย่างที่แสดง เช่น การสะกดคำ การเขียนอธิบายหลักการ ถ้าเป็นสิ่งประดิษฐ์ต้องอยู่ในสภาพที่ทำงานได้สมบูรณ์

4) การอธิบายหน้าโปสเตอร์โครงการ นักเรียนควรได้รับการฝึกจากครูที่ปรึกษา ก่อนเพื่อให้เกิดความมั่นใจ และเพื่อพัฒนาเทคนิคการอธิบายบรรยายให้น่าสนใจ เช่น มีการจัดลำดับและการแบ่งเนื้อหาในการอธิบายของคนในกลุ่ม การยกอุปกรณ์หรือผลการทดลองที่เป็นจริงประกอบการอธิบาย เป็นต้น ซึ่งต้องอาศัยการร่วมมือที่สอดคล้องสัมพันธ์กันระหว่างผู้ร่วมงาน โดยไม่ทำให้เกิดความผิดพลาด

5) การตอบข้อซักถาม นักเรียนควรได้รับการฝึกการตอบข้อซักถามในทุกแง่มุมจากครูที่ปรึกษา เกี่ยวกับเรือโครงการที่คั้นคว้า และในการตอบผู้จัดทำโครงการทั้งหมดต้องช่วยกันเสริมคำตอบให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ด้วยจังหวะและช่วงเวลาการพูดที่เหมาะสมไม่ใช่แย่งกันตอบ

3. การเขียนบทความทางวิชาการ

การเขียนบทความทางวิชาการ เป็นการนำเสนอเผยแพร่โครงการรูปแบบหนึ่งที่สรุปข้อมูลของโครงการที่กระชับ ได้ใจความครบถ้วนแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด เพื่อให้ผู้อื่นได้ทราบถึงแนวคิดหรือปัญหาที่ศึกษา วิธีดำเนินงาน ผลที่ได้รับ ตลอดจนข้อสรุป ตลอดจนประโยชน์และข้อเสนอแนะต่างๆที่ได้จากโครงการ โดยนำเสนอประเด็นต่างๆ ได้แก่ บทคัดย่อ บทนำ วิธีการดำเนินงาน ผลการศึกษา สรุปและอภิปรายผล ข้อเสนอแนะ กิตติกรรมประกาศ และเอกสารอ้างอิง ซึ่งมีความยาวไม่เกิน 4 หน้า A4 และนำมารวบรวมเป็นวารสารโครงการของทุกสาขาวิชาต่อไป

การนำเสนอโครงการในลักษณะต่างๆ เพื่อให้นักเรียนได้แสดงออกถึงการทำงาน และเผยแพร่ผลงานที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง อาจจัดให้มีการประกวดโครงการภายในโรงเรียน หรือส่งประกวดระดับประเทศ เพื่อเผยแพร่ผลงานให้ผู้อื่นได้รับรู้ โดยมีได้มุ่งหวังแข่งขันเพื่อให้ได้รางวัล การได้รับรางวัลเป็นเพียงผลพลอยได้ เพราะจุดประสงค์หลักของการทำโครงการคือการฝึกฝนให้นักเรียนรู้จักการทำงานอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนในการทำงานที่ชัดเจน โดยอาศัยกระบวนการทำงานที่ถูกต้องสามารถตรวจสอบได้ รู้จักแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยวิธีการที่เหมาะสม และช่วยส่งเสริมพัฒนานักเรียนในเรื่องต่างๆ ดังนี้

1. ส่งเสริมการเรียนรู้ตามความถนัดและความสนใจของนักเรียน
2. ส่งเสริมการทำงานร่วมกัน
3. ส่งเสริมการทำงานอย่างเป็นระบบ
4. ฝึกการแก้ปัญหา
5. ฝึกการบูรณาการความรู้ในศาสตร์ต่างๆ เข้าด้วยกัน
6. ฝึกการสร้างองค์ความรู้ใหม่ฝึกการเชื่อมโยงความรู้เดิมและประสบการณ์ใหม่
7. ฝึกการเรียบเรียงผลงานทางด้านวิชาการ
8. ฝึกการนำเสนอผลงานและตอบคำถามอย่างมีความหมาย

บทบาทของครูที่ปรึกษาในขั้นตอนการนำเสนอโครงการ

1. ให้คำแนะนำนักเรียนในการทำโปสเตอร์ PowerPoint และการเขียนบทความทางวิชาการ ดูแลความเรียบร้อยในการติดตั้งโปสเตอร์ และอุปกรณ์หรือผลงาน ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ภาษาอังกฤษในการนำเสนอโครงการโดยสื่อที่ใช้นำเสนอทั้ง โปสเตอร์และ PowerPoint ซึ่งจัดทำเป็นภาษาอังกฤษ โดยประสานความร่วมมือกับครูกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศในการให้ความรู้ และตรวจสอบความถูกต้องให้แก่ นักเรียน
2. สร้างความมั่นใจให้แก่ นักเรียน โดยอาจให้นักเรียนซักซ้อมการอธิบายโครงการก่อนการ แสดงต่อหน้าผู้ชมหรือคณะกรรมการตัดสินโครงการ
3. ให้กำลังใจนักเรียนในขณะที่นักเรียนนำเสนอโครงการโดยคอยดูอยู่ห่างๆ

การพัฒนาต่อยอดโครงการ

การพัฒนาต่อยอดโครงการ เป็นผลมาจากการทำโครงการเสร็จสิ้นแล้ว ผู้จัดทำโครงการจะต้องทบทวนโครงการที่ทำว่ายังมีประเด็นเรื่องใดที่นักศึกษาต่อจากเรื่องที่ทำแล้ว โดยทำเป็นโครงการใหม่หรือโครงการต่อเนื่องที่มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อาจทำในรูปแบบการบูรณาการไปสู่โครงการในกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่นๆได้ หรือสามารถนำความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นมาพัฒนาเพื่อนำไปสู่การใช้งานได้จริง เนื่องจากในการนำเสนอโครงการของนักเรียนในแต่ละครั้งนักเรียนจะมีความกังวลกับการนำเสนอของตนเองกระทั่งไม่ได้ศึกษาเรียนรู้โครงการของเพื่อนกลุ่มอื่นได้อย่างเต็มที่ การจัดกิจกรรมส่งเสริมการพัฒนาต่อยอดโครงการด้วยการจัดเวทีให้นักเรียนได้มีโอกาสนำเสนอโครงการและแนวทางในการพัฒนาต่อยอดงานของตนเองให้แก่เพื่อนและร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวความคิดกันอย่างเสรีหลังจากที่ได้รับคำแนะนำจากครูที่ปรึกษาโครงการ ครูผู้สอนโครงการ อาจารย์มหาวิทยาลัยและผู้ทรงคุณวุฒิจะช่วยทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการทำโครงการคณิตศาสตร์อย่างคุ้มค่าและมีแนวทางที่นำความคิดเห็นที่หลากหลายไปใช้ในการพัฒนาต่อยอดโครงการให้สามารถนำไปใช้สร้างนวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์ หรือองค์ความรู้ใหม่ๆทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นรูปธรรมสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ โดยครูที่ปรึกษาโครงการมีหน้าที่อำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ให้นักเรียน ให้คำแนะนำ และดูแลให้กำลังใจนักเรียนในการพัฒนาโครงการต่อไป

4. การประเมินผลการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์

การประเมินผลกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ จากการประเมินความสามารถในการทำโครงการ การทำโครงการของนักเรียนจะประเมินให้ครอบคลุมการทำโครงการทั้ง 3 ระยะ [5] คือ

1. Input : การประเมินก่อนทำโครงการ
2. Process: การประเมินระหว่างทำโครงการ
3. Output/Product: การประเมินผลสำเร็จของโครงการ

การประเมิน	ขั้นตอนการทำโครงการ	สิ่งที่ต้องประเมิน
Input : ก่อนทำโครงการ	1. การคัดเลือกหัวข้อโครงการ 2. การวางแผนทำโครงการ 2.1 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการ 2.2 การเขียนโครงร่างของโครงการ	- หัวข้อของโครงการ - ความรู้ความเข้าใจจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการ - โครงร่างของโครงการ
Process: ระหว่างทำโครงการ	3. การปฏิบัติการโครงการ	- วิธีการดำเนินงาน - ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ - วัสดุอุปกรณ์ โปรแกรมทางคณิตศาสตร์
Output/Product: ผลสำเร็จของโครงการ	4. การเขียนรายงานโครงการ 5. การนำเสนอโครงการ	- เอกสารรายงานโครงการ - การนำเสนอและสื่อที่ใช้ในการนำเสนอ โครงการ - บทความทางวิชาการ

การประเมินผลโครงการควรประเมินให้ครบทั้ง 3 ระยะดังกล่าวซึ่งการดำเนินงานทุกขั้นตอนนั้นจะมีการนิเทศติดตามและประเมินผลอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ทราบถึงความก้าวหน้าของการทำงาน ได้รู้ปัญหาหรือข้อบกพร่องต่างๆของผู้รับผิดชอบในแต่ละงานจะได้มีการปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องทันทั่วทั้งที่ การประเมินโครงการมีรายละเอียดดังนี้

1. Input : การประเมินก่อนทำโครงการ

1.1 ขั้นตอนการทำโครงการที่ประเมิน คือ ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อโครงการ และขั้นที่ 2 การวางแผนทำโครงการ

1.2 จุดประสงค์การประเมิน เพื่อสำรวจความพร้อมของนักเรียนว่ามีความรู้ ความเข้าใจ

ในเรื่องการทำโครงการ และวิธีการทำโครงการมากนักน้อยเพียงใด มีการเตรียมความพร้อมเพื่อทำโครงการอย่างไรซึ่งเป็นการประเมินเพื่อนำมาเน้นการให้ความช่วยเหลือมากกว่ามุ่งจับผิด ลงโทษหรือหักคะแนน

1.3 สิ่งที่ประเมิน คือ หัวข้อของโครงการ ความรู้ความเข้าใจจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง และโครงร่างของโครงการ

1.4 วิธีการประเมิน ได้แก่ การสังเกตความพร้อมของนักเรียน และการสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการหาหัวข้อโครงการ

1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน ได้แก่ แบบประเมินโครงร่างโครงการของครูที่ปรึกษาโครงการ และแบบประเมินโครงร่างโครงการของกรรมการสอบโครงร่างโครงการ

2. Process: การประเมินระหว่างทำโครงการ

2.1 ขั้นตอนการทำโครงการที่ประเมิน คือ ขั้นที่ 3 ขั้นปฏิบัติการโครงการ

2.2 จุดประสงค์ของการประเมิน

1) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการทำงาน เช่น ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการกลุ่มหรือการทำงานเป็นทีม และทักษะกระบวนการบริหารจัดการในการทำโครงการ

2) เพื่อนิเทศ กำกับ ติดตามผลการจัดทำโครงการให้เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้

2.3 สิ่งที่ประเมิน คือ วิธีการดำเนินงาน ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วัสดุอุปกรณ์ และโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษา

2.4 วิธีการประเมิน ได้แก่ การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน การสัมภาษณ์ของนักเรียนเกี่ยวกับการดำเนินโครงการ และการตรวจผลงานที่ทำสำเร็จแล้วเป็นระยะ โดยให้นักเรียนนำเสนอความก้าวหน้าการทำโครงการ 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ก่อนสอบกลาง และระยะที่ 2 ก่อนสอบปลายภาค

1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน ได้แก่ แบบประเมินความก้าวหน้าของการทำโครงการครั้งที่ 1 และแบบประเมินความก้าวหน้าของการทำโครงการครั้งที่ 2

3. Output/Product: การประเมินผลสำเร็จของโครงการ

3.1 ขั้นตอนการทำโครงการที่ประเมิน คือ ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ และขั้นที่ 5 การนำเสนอโครงการ

3.2 จุดประสงค์ของการประเมิน เพื่อประเมินผลสำเร็จของโครงการว่าบรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

3.3 สิ่งที่ประเมิน คือ เอกสารรายงานโครงการ การนำเสนอและสื่อที่ใช้ในการนำเสนอโครงการ และบทความทางวิชาการ

3.4 วิธีการประเมิน ได้แก่ การตรวจเอกสารรายงานโครงการ การสังเกต การสัมภาษณ์ สอบถาม การนำเสนอโครงการ การตรวจสอบสื่อประกอบการนำเสนอโครงการ การตรวจโปสเตอร์โครงการ

3.5 เครื่องมือที่ใช้ประเมิน ได้แก่ แบบประเมินการเขียนรายงานโครงการ แบบประเมินผลโครงการของกรรมการสอบจบโครงการ แบบประเมินผลโครงการของครูที่ปรึกษา แบบประเมินการนำเสนอโครงการแบบบรรยายจากผู้ทรงคุณวุฒิ แบบประเมินการนำเสนอโครงการแบบโปสเตอร์จากผู้ทรงคุณวุฒิ และแบบประเมินการเขียนบทความทางวิชาการจากครูที่ปรึกษาโครงการ

แบบประเมินผลโครงการที่ใช้ในการประเมินผลการทำโครงการคณิตศาสตร์

ขั้นตอนการทำโครงการ	แบบประเมินโครงการ 3 ระยะ
ระยะที่ 1 ก่อนทำโครงการ ขั้นวางแผนการทำงาน	1. แบบประเมินเพื่อตัดสินใจโครงการของนักเรียน 2. แบบประเมินโครงร่างโครงการของครูที่ปรึกษา โครงการ (5%) 3. แบบประเมินโครงร่างโครงการของกรรมการสอบ โครงร่างโครงการ (15%)
ระยะที่ 2 ระหว่างทำโครงการ ขั้นปฏิบัติการโครงการ	4. แบบประเมินความก้าวหน้าของการทำโครงการครั้งที่ 1 (15% ประกอบด้วย กรรมการประเมิน 10% ครูที่ปรึกษาประเมิน 5%) 5. แบบประเมินความก้าวหน้าของการทำโครงการครั้งที่ 2 (20% ประกอบด้วย กรรมการประเมิน 15% ครูที่ปรึกษาประเมิน 5%)

<p>ระยะที่ 3 สิ้นสุดโครงการ ขั้นผลสำเร็จของโครงการ</p>	<p>6. แบบประเมินการเขียนรายงานโครงการ (10%)</p> <p>7. แบบประเมินผลโครงการของกรรมการสอบจบโครงการ (10%)</p> <p>8. แบบประเมินการนำเสนอโครงการแบบบรรยายจาก ผู้ทรงคุณวุฒิ (10%)</p> <p>9. แบบประเมินการนำเสนอโครงการแบบโปสเตอร์จาก ผู้ทรงคุณวุฒิ (10%)</p> <p>10. แบบประเมินการเขียนบทความทางวิชาการจากครูผู้สอนและ ครูที่ปรึกษาโครงการ (5%)</p>
------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

การสรุปผลการประเมินโครงการ คือ การนำคะแนนจากทุกส่วนของการประเมิน เริ่มตั้งแต่
การวางแผนการทำงาน (20%) กระบวนการทำงาน (35%) ผลสำเร็จของงาน (45%) มาบันทึกใน
แบบสรุปผลการประเมินโครงการเพื่อจัดคุณภาพของโครงการ และเกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้
คะแนน 80-100 หมายถึง ดีมาก คะแนน 60-79 หมายถึง ดี
คะแนน 40-59 หมายถึง ปานกลาง คะแนน 20-39 หมายถึง พอใช้
และคะแนน 1-19 หมายถึง ควรปรับปรุง





แบบประเมิน : การตัดสินใจเลือกหัวข้อโครงการคณิตศาสตร์

ชื่อผู้ทำโครงการ.....ชั้น.....เลขที่.....

ผู้ประเมิน : นักเรียนผู้ทำโครงการ

คำชี้แจง ให้นักเรียนพิจารณาตัดสินใจเลือกทำโครงการ โดยใช้เกณฑ์ตามแบบประเมินนี้แล้วให้คะแนนตาม

รายการในช่องของแต่ละโครงการ จากนั้นรวมคะแนนของแต่ละโครงการ โครงการใดได้คะแนนมากที่สุด

ควรเลือกทำโครงการนั้น

เกณฑ์การประเมิน : 4 คะแนน หมายถึง มากที่สุด

3 คะแนน หมายถึง มาก

2 คะแนน หมายถึง ปานกลาง

1 คะแนน หมายถึง น้อย

ที่	รายการ	หัวข้อที่ 1 เรื่อง.....				หัวข้อที่ 2 เรื่อง.....				หัวข้อที่ 3 เรื่อง.....				หัวข้อที่ 4 เรื่อง.....			
		4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
1	ความถนัด ความสนใจในการทำงานตามโครงการนี้																
2	ความต้องการ ประโยชน์ที่คิดว่าจะได้รับจากโครงการนี้																
3	ความรู้ ประสบการณ์เดิมที่สามารถนำมาใช้ในโครงการนี้																
4	ความพร้อมด้านเวลาในการทำโครงการ																
5	ความพร้อมด้านแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการสืบค้น																
6	ความพร้อมของสมาชิกในกลุ่ม (ถ้าทำเป็นกลุ่ม)																
7	การสนับสนุนจากครูผู้สอน/ครูที่ปรึกษาโครงการ																
รวม																	

ลงชื่อ นักเรียนผู้ทำโครงการ

(.....)

5. กิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่โครงการงานคณิตศาสตร์

1. กิจกรรมวิเคราะห์ห้บทคัดย่อ/บทความโครงการงานคณิตศาสตร์ เป็นกิจกรรมเริ่มต้นทำความรู้จักกับโครงการงานคณิตศาสตร์โดยเน้นวิเคราะห์ถึงสาเหตุหรือที่มาของการทำโครงการงาน รวมถึงกระบวนการในการทำโครงการงานเรื่องนั้นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการคิดหัวข้อโครงการงานคณิตศาสตร์

2. ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อโครงการงานคณิตศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ฝึกการคิดเพื่อจุดประกายการทำโครงการงานคณิตศาสตร์ สามารถจัดกิจกรรมได้ทั้งในรายวิชาการ สืบเสาะและธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์และนอกเวลาเรียนใช้เป็นกิจกรรมเสริมหลักสูตรได้ ประกอบด้วยกิจกรรมจำนวน 10 กิจกรรมได้แก่

กิจกรรมที่ 1 การศึกษารูปแบบของหลังคา cover way ที่ประหยัดทุนและให้ประสิทธิภาพมากที่สุด

กิจกรรมที่ 2 การใช้โปรแกรม GSP ในการสร้างโลโก้

กิจกรรมที่ 3 การหาผลบวกที่มีค่าสูงสุดของลำดับย่อยที่ติดกัน

กิจกรรมที่ 4 การหาอัตราการกระจายตัวของน้ำมัน

กิจกรรมที่ 5 การศึกษาสมการความยาวของกระดาศทิวชู

กิจกรรมที่ 6 การศึกษาวิธีการนับเมล็ดข้าวโพดให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

กิจกรรมที่ 7 รูปร่างที่เกิดขึ้นจากการยิงเลเซอร์โดยอาศัยปรากฏการณ์ทึบดอลล์

กิจกรรมที่ 8 การหารูปเรขาคณิตในตาราง $n \times n$

กิจกรรมที่ 9 การศึกษารูปทรงของล้อที่สัมพันธ์กับถนนแบบต่างๆ

กิจกรรมที่ 10 การหาสมการภาคตัดขวางและปริมาตรของไข่ไก่

3. กิจกรรม Workshop “เปิดโลกโครงการงานคณิตศาสตร์” เป็นการจุดประกายโครงการงานคณิตศาสตร์ ส่งเสริมการคิดและการวางแผนการทำโครงการงานคณิตศาสตร์ โดยครูผู้สอนเป็นผู้กำหนดหัวข้อหรือปัญหาในภาพกว้างในสิ่งแวดล้อมใกล้ตัวนักเรียน เช่น หัวข้อ ของดี เมืองเพชร หรือโครงการก้าวคนละก้าว เป็นต้น จากนั้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดโจทย์หรือปัญหาที่นำไปสู่หัวข้อโครงการงานคณิตศาสตร์ และฝึกการออกแบบวางแผนการทำโครงการงานคณิตศาสตร์

4. การแนะนำตัวอย่างหัวข้อโครงการงานคณิตศาสตร์ การแนะนำตัวอย่างหัวข้อหรือประเด็นที่น่าสนใจในการโครงการงานคณิตศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดหรือประเด็นที่สนใจได้เร็วขึ้นอีกทาง

หนึ่งซึ่งส่งผลให้นักเรียนได้มีเวลาในการค้นหาความต้องการที่แท้จริงของตนเองว่าสนใจจะทำโครงการประเภทใด โดยครูผู้สอนมีหน้าที่เพียงจุดประกายเริ่มต้นและนักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าและลงความเห็นที่สนใจประเด็นหรือหัวข้อใดที่จะนำไปศึกษาเป็นโครงการคณิตศาสตร์ต่อไป

ตัวอย่างบทคัดย่อโครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนฝึกวิเคราะห์โครงการ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของพื้นที่รูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่ากับรูปคาร์

ติออยด์ที่อยู่ภายในและภายนอกรูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า

ธนัท จิระเสวีกุล ธนย์ชนก จันทรแดง และ ภัทราวดี โประณะ

อาจารย์ที่ปรึกษา ศักดิ์สินรินทร์ จันทรนาค

โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี ต.เขาใหญ่ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของพื้นที่รูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่ากับรูปคาร์ติออยด์ที่อยู่ภายในรูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า และความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของพื้นที่รูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่ากับรูปคาร์ติออยด์ที่อยู่ภายนอกรูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า ทำการศึกษาโดยใช้โปรแกรม The Geometer 's Sketchpad ในการสร้างรูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าและรูปคาร์ติออยด์ จากนั้นหาพื้นที่และผลต่างของพื้นที่รูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่ากับรูปคาร์ติออยด์ และสร้างกราฟจากข้อมูลที่ได้เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ผลการศึกษาพบว่า ผลต่างของพื้นที่รูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่ากับรูปคาร์ติออยด์ที่อยู่ภายในรูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า มีค่าลดลงและเข้าใกล้ 6.53 ตารางหน่วย และผลต่างของพื้นที่รูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่ากับรูปคาร์ติออยด์ที่อยู่ภายนอกรูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า มีค่าลดลงและเข้าใกล้ 14.21 ตารางหน่วย จึงสรุปได้ว่า ผลต่างของพื้นที่รูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่ากับรูปคาร์ติออยด์ที่อยู่ภายในและภายนอกรูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า มีค่าลดลงและเข้าใกล้ค่าคงที่ เมื่อ n มีค่ามากขึ้น

คำสำคัญ : รูปคาร์ติออยด์ , รูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า

ตัวอย่างแบบบันทึกกิจกรรมวิเคราะห์โครงการคณิตศาสตร์

รายชื่อสมาชิก

1. ชื่อ..... ห้อง เลขที่.....
2. ชื่อ..... ห้อง เลขที่.....
3. ชื่อ..... ห้อง เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนร่วมปรึกษาหารือกันในกลุ่ม แล้วช่วยกันวิเคราะห์โครงการคณิตศาสตร์ตามรายละเอียดที่กำหนดให้ต่อไปนี้

แบบวิเคราะห์โครงการคณิตศาสตร์

1. ชื่อโครงการ

.....

2. ชื่อผู้จัดทำโครงการ

.....

.....

3. ระดับชั้น ปีการศึกษา

4. จุดมุ่งหมายของการทำโครงการนี้ จัดทำขึ้นเพื่อตอบสนองสสย ปัญหาหรือคำถามใด

.....

.....

.....

5. เหตุจูงใจที่ทำให้ผู้จัดทำเลือกทำโครงการนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการนี้ (ถ้ามี)

.....

.....

.....

7. สมมติฐานของการศึกษา

.....

.....

8. ข้อสรุป/ข้อค้นพบของการศึกษา

.....

.....

.....

9. ข้อเสนอแนะหรือข้อคิดที่ได้จากการทำโครงการนี้

.....

.....

.....

10. ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการนี้

.....

.....

.....

11. จากการศึกษาโครงการนี้ ทำให้ได้แนวคิดที่จะขยายหรือปรับปรุงโครงการนี้ให้ดีขึ้นอย่างไรบ้าง มีตัวแปรอื่นใดที่น่าจะนำมาศึกษาเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ตัวอย่างชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดเพื่อนำไปสู่หัวข้อโครงการงานคณิตศาสตร์

กิจกรรมที่ 5 การศึกษาสมการความยาวของกระดาษทิชชู

The studying of tissue's equation

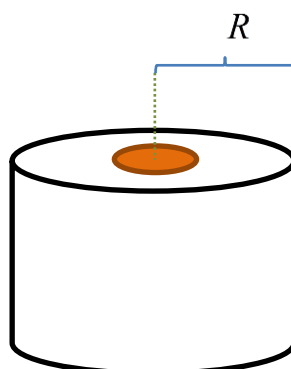
เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม 90 นาที

สถานการณ์ปัญหา

เนื่องจากการใช้ทิชชูของคนในปัจจุบัน คือ การที่ดึงทิชชูออกมาให้ตนเองรู้สึกเพียงพอโดยไม่ได้คำนึงถึงขนาดของการใช้ ดังนั้นการหยิบทิชชูแต่ละครั้งอาจทำให้เกิดการใช้ทิชชูที่มากจนเกินไป และเมื่อพิจารณาคนส่วนใหญ่การใช้ทิชชูที่มากเกินไปครั้งละเล็กน้อย อาจส่งผลต่อสภาพแวดล้อมของโลกได้



จากรูปข้างต้นการดึงทิชชูนั้นมีสองวิธี คือการดึงจากด้านในไปสู่ด้านนอกและการดึงจากด้านนอกเข้าสู่ด้านใน ทั้งนี้การดึงที่แตกต่างย่อมให้ปริมาณทิชชูที่แตกต่างเช่นกัน กล่าวคือ ถ้าจำนวนรอบในการดึงเท่ากัน การดึงทิชชูจากด้านนอกเข้าสู่ด้านในจะให้ปริมาณทิชชูที่มากกว่าการดึงทิชชูจากด้านในไปสู่ด้านนอก



จากรูปจะเห็นว่า รัศมีของทิวชู หรือ r มีความสัมพันธ์กับแกนทิวชูและจำนวนรอบที่ทิวชูปันรอบแกน ดังนี้ $R =$ รัศมีของแกนทิวชู + (ความหนาของกระดาษทิวชู \times จำนวนรอบทั้งหมดที่ทิวชูปันรอบแกน)

ให้นักเรียนเลือกว่าจะศึกษาการดึงกระดาษทิวชูแบบใด โดยให้นักเรียนหาสมการของความยาวของกระดาษทิวชูที่ดึงออกมา x รอบ พร้อมทั้งอธิบายแนวคิดหรือหลักการอย่างละเอียดและวาดรูปประกอบ

อุปกรณ์

กระดาษทิวชู 1 ม้วน

ไม้บรรทัด 1 อัน

ตลับเมตร 1 อัน

ดินสอ 1 แท่ง

เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ 1 อัน

กระดาษสำหรับทด 2-3 แผ่น

แนวคิดและหลักการอย่างละเอียด

หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของกระดาษทิวชูและจำนวนรอบแกนหมุนใดๆ

ให้ R คือ รัศมีภายนอก

r คือ รัศมีภายใน

t คือ ความหนาของกระดาษทิวชู

n คือ จำนวนรอบที่แกนหมุน

จะได้ จำนวนรอบ คือ $n = \frac{(R-r)}{t}$

ความยาวของทิวชู ณ รอบที่ x จากภายนอกเข้าสู่แกน เท่ากับ

$$\begin{aligned} & 2\pi(r + nt) + 2\pi(r + (n-1)t) + \dots + 2\pi(r + (n-x+1)t) \\ &= 2\pi[(r + nt) + (r + (n-1)t) + \dots + (r + (n-x+1)t)] \\ &= 2\pi\left[rx + \left(\frac{x}{2}(n + (n-x+1))\right)t\right] \\ &= 2\pi\left[rx + \left(\frac{x}{2}(2n-x+1)\right)t\right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 2\pi x \left[r + \left(\frac{2(R-r)}{t} - (x-1) \right) \frac{t}{2} \right] \\
&= 2\pi x \left[r + \left((R+r) - \frac{(x-1)t}{2} \right) \right] \\
&= 2\pi x \left[\frac{R}{2} - \frac{(x-1)t}{2} \right] \\
&= \pi x [R - (x-1)t]
\end{aligned}$$

ความยาวของทิวชู ญ รอบที่ x จากแกนออกสู่ภายนอก คือ

$$\begin{aligned}
2\pi(r+t) + 2\pi(r+2t) + \dots + 2\pi(r+xt) &= 2\pi[(r+t) + (r+2t) + \dots + (r+xt)] \\
&= 2\pi \left[rx + \left(\frac{x}{2}(x+1) \right) t \right] \\
&= 2\pi x \left[\frac{2r}{2} + \frac{(x+1)t}{2} \right] \\
&= \pi x [2r + (x+1)t]
\end{aligned}$$

สรุปผลการทำกิจกรรม

- ความยาวของทิวชู ญ รอบที่ x จาก ภายนอก เข้าสู่ แกน ได้สมการ ดังนี้ $\pi x [R - (x-1)t]$
- ความยาวของทิวชู ญ รอบที่ x จาก แกน ออกสู่ ภายนอก ได้สมการดังนี้ $\pi x [2r + (x+1)t]$
- ความคลาดเคลื่อนของความ ยาวที่ได้จะน้อยกว่า ความคลาดเคลื่อนของความยาวที่สูงสุด ทำให้สมการความสัมพันธ์ของการดึงจากแกนออกสู่ภายนอกมีความแม่นยำและใกล้เคียงกับความยาวจริงมากกว่าสมการ ความสัมพันธ์ของการ ดึงจากภายนอกเข้าสู่แกน

แนวทางการนำความรู้และทักษะที่ได้จากกิจกรรมไปพัฒนาเป็นโครงการคณิตศาสตร์

- สามารถใช้ศึกษากับสิ่งของอื่นๆที่ใกล้เคียงกันได้ เช่น เทปกา
- เป็นแนวการหาสมการใหม่ๆด้วยตัวเอง

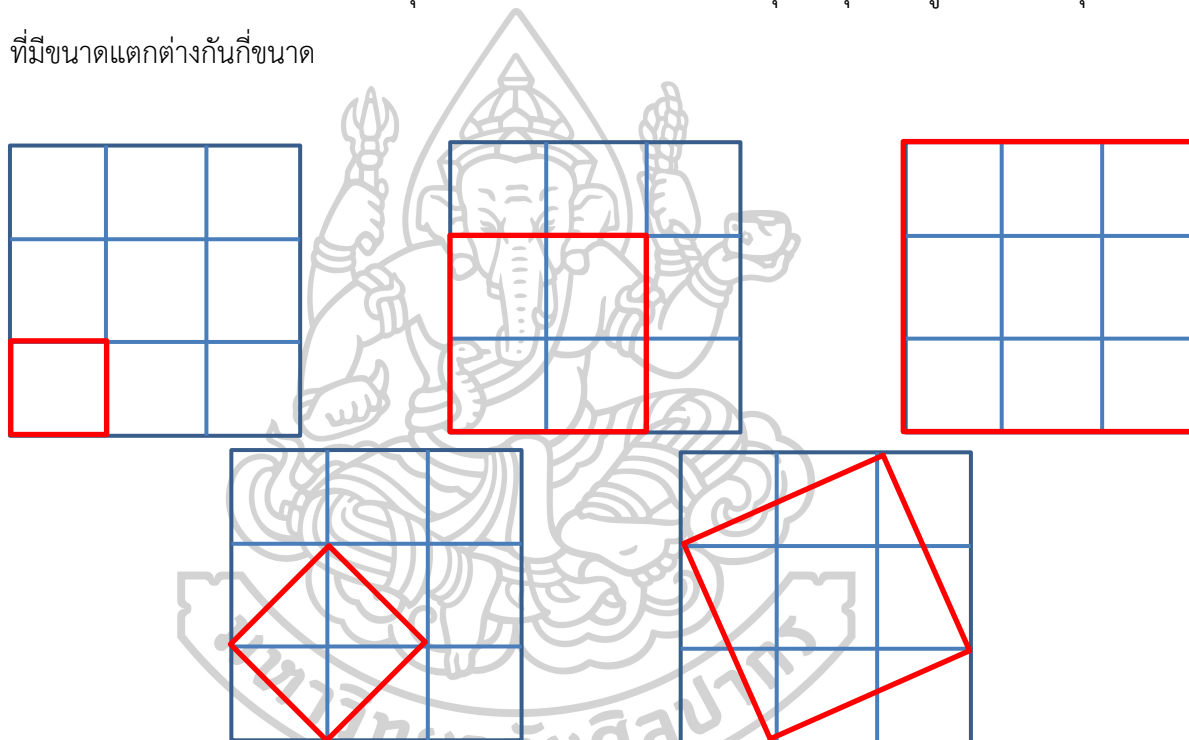
กิจกรรมที่ 8 การหารูปเรขาคณิตในตาราง $n \times n$

Geometric on square table

เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม 90 นาที

สถานการณ์ปัญหา

กำหนดให้มีตารางหมากรุกขนาด $n \times n$ ถ้าลากเส้นเชื่อมจุด k จุดจะได้รูปร่างทางเรขาคณิตรูปต่างๆมากมายซึ่งจะสามารถหาได้ว่ามีรูปร่างที่แตกต่างกันกี่รูปร่าง หรือมีขนาดที่แตกต่างกันกี่ขนาด เช่น กำหนดตารางหมากรุกขนาด 3×3 ถ้าลากเส้นเชื่อมจุด 3 จุดจะได้รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีขนาดแตกต่างกันกี่ขนาด



วิธีคิด

จากภาพข้างต้นจะเห็นว่า มีรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสทั้งหมด 5 ขนาดให้นักเรียนหาคำตอบของคำถามต่อไปนี้

1. กำหนดตารางหมากรุกขนาด 3×3 ถ้าลากเส้นเชื่อมจุด 4 จุดจะได้รูปเรขาคณิตที่แตกต่างกันกี่รูปแบบ

แนวคิด/หลักการอย่างละเอียด: มีรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก 9 ขนาดประกอบด้วย 1×1 , 2×2 , 3×3 , $\sqrt{2} \times \sqrt{2}$, $\sqrt{5} \times \sqrt{5}$, 1×2 , 1×3 , 2×3 , $\sqrt{2} \times 2\sqrt{2}$

2. กำหนดตารางหมากรุกขนาด 4×4 ถ้าลากเส้นเชื่อมจุด 3 จุดจะได้รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่มีขนาดแตกต่างกันกี่แบบ และแต่ละแบบมีกี่รูป

แนวคิด/หลักการอย่างละเอียด : มีรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่มีขนาด ฐาน×สูง ที่แตกต่างกัน 18 ขนาดประกอบด้วย 2×2 , 2×3 , 2×4 , 4×2 , 4×3 , 4×4 , $\sqrt{2} \times \frac{\sqrt{2}}{2}$, $\sqrt{2} \times \frac{3\sqrt{2}}{2}$, $\sqrt{2} \times \frac{5\sqrt{2}}{2}$, $\sqrt{2} \times \frac{7\sqrt{2}}{2}$, $2\sqrt{2} \times \sqrt{2}$, $2\sqrt{2} \times 2\sqrt{2}$, $2\sqrt{2} \times 3\sqrt{2}$, $3\sqrt{2} \times \frac{\sqrt{2}}{2}$, $3\sqrt{2} \times \frac{3\sqrt{2}}{2}$, $3\sqrt{2} \times \frac{5\sqrt{2}}{2}$, $4\sqrt{2} \times \sqrt{2}$, $4\sqrt{2} \times 2\sqrt{2}$

3. กำหนดตารางหมากรุกขนาด 5×5 ถ้าลากเส้นเชื่อมจุด 4 จุดจะได้รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่แตกต่างกันกี่แบบ และแต่ละแบบมีกี่รูป

แนวคิด/หลักการอย่างละเอียด : มี 11 ขนาด ประกอบด้วย ขนาด 1×1 มี 25 รูป ขนาด 2×2 มี 16 รูป ขนาด 3×3 มี 9 รูป ขนาด 4×4 มี 4 รูป ขนาด 5×5 มี 1 รูป ขนาด $\sqrt{2} \times \sqrt{2}$ มี 16 รูป ขนาด $2\sqrt{2} \times 2\sqrt{2}$ มี 4 รูป ขนาด $\sqrt{5} \times \sqrt{5}$ มี 18 รูป ขนาด $\sqrt{10} \times \sqrt{10}$ มี 8 รูป ขนาด $\sqrt{17} \times \sqrt{17}$ มี 2 รูป ขนาด $\sqrt{13} \times \sqrt{13}$ มี 2 รูป

4. กำหนดตารางหมากรุกขนาด 6×6 ถ้าลากเส้นเชื่อมจุด 4 จุดจะได้รูปสี่เหลี่ยมรูปว่าวที่ แตกต่างกันกี่รูป

แนวคิด/หลักการอย่างละเอียด : มีรูปสี่เหลี่ยมรูปว่าวที่ไม่ใช่สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีขนาด เส้นทแยงมุม × เส้นทแยงมุม ที่แตกต่างกัน 21 รูป ประกอบด้วย ขนาด 2×3 มี 1 รูป ขนาด 2×4 มี 2 รูป ขนาด 2×5 มี 2 รูป ขนาด 2×6 มี 3 รูป ขนาด 4×3 มี 1 รูป ขนาด 4×4 มี 2 รูป ขนาด 4×5 มี 2 รูป ขนาด 4×6 มี 3 รูป ขนาด 6×5 มี 2 รูป ขนาด 6×6 มี 3 รูป

สรุปผลการทำกิจกรรม

ในการลากเส้นเชื่อมจุด k จุดในตาราง $n \times n$ นั้นสามารถสร้างรูปเรขาคณิตได้หลายรูปแบบ และหลายขนาด ซึ่งเราสามารถนำความรู้ทางเรขาคณิตและความรู้ในเรื่องการนับมามาใช้ประโยชน์ เพื่อหาคำตอบได้ว่ามีรูปอะไรบ้าง ขนาดใดบ้าง และ กี่รูปบ้าง

แนวทางการนำความรู้และทักษะที่ได้จากกิจกรรมไปพัฒนาเป็นโครงการคณิตศาสตร์

สามารถนำความรู้ในเรื่องการนับมาใช้ร่วมกับความรู้ทางเรขาคณิตเพื่อใช้ในการทำโครงการคณิตศาสตร์ได้ เช่น เราอาจศึกษารูปเรขาคณิตที่เกิดจากการลากเส้นเชื่อมจุดบนปมร่างแห หรือ เราอาจนำความรู้ไปบูรณาการกับวิชาดาราศาสตร์โดยการศึกษารูปเรขาคณิตที่ได้จากการลากเส้นเชื่อมจุดบนดวงดาวที่เห็นบนท้องฟ้าในเดือนต่างๆ เป็นต้น

ตัวอย่างกิจกรรม Workshop “เปิดโลกโครงการคณิตศาสตร์”

เวลา	กิจกรรม	ผู้รับผิดชอบ
08.30 น. – 08.50 น.	ฟังบรรยาย เรื่อง โครงการคณิตศาสตร์ที่ดีเป็นอย่างไร	ครู A
08.50 น. – 09.10 น.	ฟังบรรยาย เรื่อง ตัวอย่างการสร้างหัวข้อโครงการคณิตศาสตร์จาก สิ่งแวดล้อม/ปัญหาใกล้ตัว	ครู B
09.10 น. – 10.30 น.	Workshop เรื่อง “การสร้างโจทย์หัวข้อโครงการคณิตศาสตร์” Step 1 แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย 12 กลุ่ม กลุ่ม 12 คน จากนั้น แบ่งเป็นกลุ่มใหญ่จำนวน 3 กลุ่มซึ่งประกอบด้วยกลุ่มย่อย จำนวน 4 กลุ่ม (5 นาที) - นักเรียนทุกกลุ่มได้ดูวิดีโอ ภาพข่าว การถ่ายทอดภาพภาพทาง Social media การวิ่งเพื่อรับบริจาคเงินของนายอาทิตย์ คง มาลัย หรือ “พี่ตูน บอดี้สแลม” รวมทั้งยอดการรับบริจาคเงิน ณ วันที่ 10 ธันวาคม 2560 (5 นาที) - ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มย่อยคิดโจทย์/ปัญหาหัวข้อที่สนใจเพื่อเป็น หัวข้อโครงการจากข้อมูลการวิ่งของพี่ตูน บอดี้สแลม กลุ่มละ 3 - 4 ข้อ โดยระบุที่มาและความสำคัญของโจทย์ปัญหา และ เขียนรายละเอียดแต่ละเรื่องลงบน Flip-chart (20 นาที) - นำเสนอหัวข้อภายในกลุ่มย่อยกับครูประจำกลุ่มใหญ่เพื่อให้ได้ หัวข้อที่ดีที่สุดเพื่อนำไปสร้างโครงการเพียง 1 หัวข้อ (10 นาที) Step 2 - นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมสมอง หาสาเหตุสำคัญของปัญหาและ แนวคิดในการแก้ปัญหา กำหนดเป้าหมายสำคัญที่ต้องการ ได้รับ กำหนดวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจงของปัญหา หา แนวทางในการแก้ปัญหา/หาคำตอบของปัญหา ออกแบบการ	ครู A ครู B ครู C ครู D ครู E ครู F

เวลา	กิจกรรม	ผู้รับผิดชอบ
	<p>หาคำตอบตามวัตถุประสงค์จากหัวข้อที่เลือกไว้แล้วเขียนลงในกระดาษ Flip-chart (20 นาที)</p> <p>- นำเสนอโครงร่างโครงการกลุ่มละ 5 นาที (20 นาที)</p>	
10.30 น. – 12.00 น.	<p>- คัดเลือกตัวแทนกลุ่มใหญ่กลุ่มละ 1 โครงร่างโครงการออกนำเสนอและอภิปรายร่วมกัน กลุ่มละ 15 นาที (45 นาที)</p> <p>- สรุปผลการสร้างโจทย์หัวข้อโครงการคณิตศาสตร์ และแนวทางการทำโครงการคณิตศาสตร์</p> <p>- แนะนำครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์</p>	<p>ครู A</p> <p>ครู B</p> <p>ครู C</p> <p>ครู D</p> <p>ครู E</p> <p>ครู F</p>

ตัวอย่างหัวข้อโครงการคณิตศาสตร์

ตัวอย่างหัวข้อโครงการคณิตศาสตร์ในประเทศไทย

- การสร้างทำนองเพลงใหม่จากทำนองเพลงเดิมโดยใช้กระบวนการคริปโตกราฟี (Cryptography) และทฤษฎีจำนวนเรื่อง มอดูโล (modulo)
- การนำกราฟของฟังก์ชันมาประยุกต์ใช้ในการอนุรักษ์ลายบนผ้าพิมพ์ไหมมัดย้อม
- การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนปมและแถวที่พบตัวร่วมกับความยาวเชือกที่ใช้ในการทำแหจับปลา
- การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของพื้นที่รูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่ากับรูปคาร์ดิอยด์ที่อยู่ภายในและภายนอกรูป n เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า
- การสร้างแผนที่ดาว 12 ราศี จากเส้นเชื่อมดาวโดยทฤษฎีกราฟแบบต้นไม้
- ความสัมพันธ์ของความกว้างในแต่ละชั้นและความยาวระหว่างแฉกในแต่ละชั้นของใยแมงมุม
- ศึกษาแนวตกระทอบและแนวสะท้อนของแสง บนพื้นผิวภายนอกวัสดุที่มีลักษณะเป็นส่วนโค้งภาคตัดกรวยแบบต่างๆ
- การศึกษาโลคัสของจุดสัมผัสกลางของเส้นโค้งบนระนาบ
- การศึกษาฟังก์ชันของใบพัดกังหันลมที่มีโครงสร้างเป็นอัตราส่วนทองคำ
- การศึกษาสมการเชิงขั้วของการกระจายตัวของน้ำจากหัวสปริงเกอร์ชนิดใบพัดแบบต่างๆ

ตัวอย่างหัวข้อโครงการคณิตศาสตร์ต่างประเทศ

ต่อไปนี้เป็นหัวข้อโครงการในต่างประเทศ อัลลิ่งเจอร์และคณะได้รวบรวมจากงานแสดงผลงานทางวิทยาศาสตร์ และในการค้นหาผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา [13]

Algebra, Game Theory, and Theory of Number

- Algebra of Sets
- New Relations for Fibonacci-Like Sequences
- Properties of Fibonacci-Like Sequences

Analysis

- Convex Smooth Curves
- Minimal Surface Area Experiments with Soap Films
- Hyperbolic Function and Related Infinite Series in the Complex Domain

Computer, Logic, and Numerical Analysis

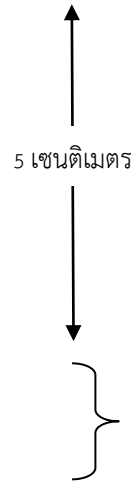
- Set Theory with Application to Symbolic Logic
- Empirical Variation on Newton's Method
- Digital Quadratics Computer
- Elementary Random Number Generators

Geometry

- Finite Projective Geometry and Abelian Groups
- Locus by Light
- The Finite Solid Geometry System
- The Mathematics of Crystals
- Quadric Surfaces

- ตัวอย่างการเขียนโครงร่างโครงการ
- ตัวอย่างการเขียนบทคัดย่อ
- ตัวอย่างสื่อ PowerPoint ในการนำเสนอโครงการ
คณิตศาสตร์แบบบรรยาย
- ตัวอย่างโปสเตอร์ในการนำเสนอโครงการคณิตศาสตร์แบบ
โปสเตอร์
- ตัวอย่างการเขียนบทความทางวิชาการโครงการ

การตั้งค่าขอบกระดาษ			
ซ้าย 1.25 นิ้ว	ขวา 1 นิ้ว		
บน 1 นิ้ว	ล่าง 1 นิ้ว		



ตัวอย่างโครงร่าง

TH SarabunPSK
ขนาด 22 จุด
ตัวหนา

โครงงานคณิตศาสตร์

การศึกษาโลคัสของจุดสัมผัสกลางของเส้นโค้งบนระนาบ

โดย

นายณภาพ ณะระนอง

นายเขตรัช จรัสร์รักษ์

นายกษิติเดช ธัญญะเจริญ

เว้น 3 บรรทัดขนาด

22 จุด ตัวปกติ

ขนาด 18 จุด

ตัวปกติ

เว้น 1 บรรทัดขนาด

18 จุด ตัวปกติ

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา โครงงานวิทยาศาสตร์ ว30294

ภาคเรียนที่ 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2558

โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี

(โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)

ขนาด 18 จุด

ตัวปกติ

ชื่อโครงการงาน (TH SarabunPSK 16 จุด ตัวหนา)

การศึกษาโลคัสของจุดสัมผัสกลางของเส้นโค้งบนระนาบ
The Locus of Mid-tangent Point of Planar Curves

} ขนาด 16 จุด ตัวปกติ

} เว้น 1 บรรทัด

} ขนาด 16 จุด

ชื่อผู้ทำโครงการงาน (TH SarabunPSK 16 จุด ตัวหนา)

- | | | | | |
|---------------------------|-----------|--------|---------------------------|--------------------------|
| 1. นายกษิต์เดช ธีญญะเจริญ | เลขที่ 18 | ห้อง 4 | เลขประจำตัวนักเรียน 02172 | } ขนาด 16 จุด
ตัวปกติ |
| 2. นายณภพ ณ ระนอง | เลขที่ 18 | ห้อง 5 | เลขประจำตัวนักเรียน 02181 | |
| 3. นายเขตรัช จรัสรักษ์ | เลขที่ 18 | ห้อง 6 | เลขประจำตัวนักเรียน 02176 | |

ชื่อครูที่ปรึกษาโครงการงาน อาจารย์ศักดิ์นรินทร์ จันทร์นาค

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการงานพิเศษ อาจารย์ ดร. สุภาพ เกิดแสง

ที่มาและความสำคัญ

การดำเนินชีวิตประจำวันของเราล้วนมีความสัมพันธ์กับคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น เช่น การเดินลากสิ่งของโดยมีเงื่อนไขว่าคนที่ลากจะต้องเดินเป็นเส้นตรงเสมอ เราจะพบว่าลักษณะการเคลื่อนที่ของสิ่งของจะเป็นเส้นโค้ง ซึ่งได้มีการนำมาศึกษาและเรียกว่า “เทรคทริกซ์” (Tractrix) คณะผู้จัดทำจึงเกิดข้อสงสัยว่า ถ้าการเคลื่อนที่ของคนเป็นเส้นโค้ง และกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติมว่าระยะระหว่างสิ่งของกับคนจะเท่ากับระยะระหว่างสิ่งของกับจุดคงที่เสมอ แล้วสิ่งของที่ถูกลากจะมีลักษณะการเคลื่อนที่แบบใด โดยจะนิยามรอยการเคลื่อนที่ของสิ่งของว่า “โลคัสของจุดสัมผัสกลาง” (Locus of mid-tangent points) และเส้นโค้งที่คณะผู้จัดทำสนใจ ได้แก่ ภาคตัดกรวย (conic section) ซึ่งเป็นเส้นโค้งที่ได้จากการตัดพื้นผิวกรวยกลมด้วยระนาบ ภาคตัดกรวยไม่เพียงแต่เป็นเส้นโค้งที่สวยงามแต่นำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น การโคจรของดาวเคราะห์ การเคลื่อนที่ของซีพินาอูธ การสร้างเครื่องรับสัญญาณการสร้างเตาปฏิกรณ์หรือ การเคลื่อนที่ของดาวเทียม เป็นต้นจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าโลคัสของจุดสัมผัสกลางของ พาราโบลา ไฮเปอร์โบลา และวงรี เป็นเส้นโค้ง แต่โลคัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมเป็นเส้นตรง

จากการสืบค้นข้อมูลพบว่าโลคัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมมีลักษณะเป็นเส้นตรงคล้ายกับ Stereographic projection ซึ่งสามารถดำเนินการได้ทั้งในปริภูมิ 2 มิติและ 3 มิติ คณะผู้จัดทำจึง

ต้องการศึกษาโดย เปรียบเทียบพิกัดของจุด พิกัดของภาพฉายและคุณสมบัติของฟังก์ชันการส่งจุด ระหว่างโลกซ์ของจุดสัมผัสกลางที่เกิดจากวงกลมและทรงกลม กับ Stereographic projection

วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ

1. เพื่อสร้างโลกซ์ของจุดสัมผัสกลางของเส้นโค้งบนระนาบ
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดของจุดสัมผัสและจุดสัมผัสกลางของจุดสัมผัสนั้น
3. เพื่อเปรียบเทียบพิกัดของจุด พิกัดของภาพฉาย และคุณสมบัติของฟังก์ชันการส่งจุด ระหว่างโลกซ์ของจุดสัมผัสกลางที่เกิดจากวงกลมและทรงกลม กับ Stereographic projection

สมมุติฐานของการศึกษา

1. สามารถสร้างโลกซ์ของจุดสัมผัสกลางของเส้นโค้งบนระนาบได้
2. สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดของจุดสัมผัสและจุดสัมผัสกลางของจุดสัมผัสนั้นได้
3. สามารถหาความเหมือนและความแตกต่างของ พิกัดของจุด พิกัดของภาพฉาย และคุณสมบัติของฟังก์ชันการส่งจุดระหว่างโลกซ์ของจุดสัมผัสกลางที่เกิดจากวงกลมและทรงกลม กับ Stereographic projection ได้

ตัวแปรของการศึกษา

วัตถุประสงค์ที่ 1

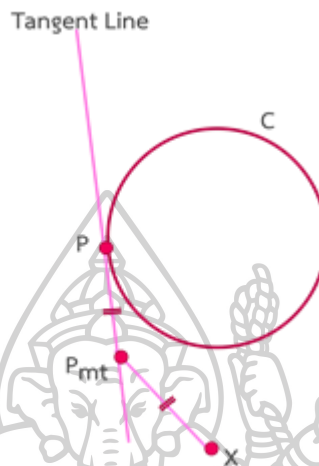
- ตัวแปรต้น : ภาคตัดกรวยรูปแบบต่างๆ
- ตัวแปรตาม : ลักษณะของโลกซ์และความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดของจุดสัมผัส และจุดสัมผัสกลาง
- ตัวแปรควบคุม : ตำแหน่งของจุดศูนย์กลาง และรัศมีของวงกลม

วัตถุประสงค์ที่ 2

- ตัวแปรต้น : โลกซ์ของจุดสัมผัสกลางของวงกลมและทรงกลมและกราฟที่ได้จาก stereographic projection
- ตัวแปรตาม : คุณสมบัติและพิกัดของภาพฉาย
- ตัวแปรควบคุม : ตำแหน่งของจุดศูนย์กลาง และรัศมีของวงกลมและทรงกลม

นิยามศัพท์เฉพาะ/นิยามเชิงปฏิบัติการ

1. จุดสัมผัสกลาง (Mid-tangent point) คือ ถ้าให้ C เป็นเส้นโค้งบนระนาบ จะมีจุดคงที่ X บนระนาบที่ทำให้จุดสัมผัสกลางของ C กับ X คือจุด P_{mt} บนเส้นสัมผัสของ C ซึ่งมีระยะถึงจุดสัมผัสเท่ากับระยะถึงจุดคงที่ เราจะเรียก P_{mt} ว่า “จุดสัมผัสกลางของจุด P ” ดังรูป



2. โลคัส (Locus) คือ เซตของจุดที่สอดคล้องกับเงื่อนไขบางประการ

3. Stereographic projection คือ ฟังก์ชันการส่งจุดที่มีคุณสมบัติเป็นฟังก์ชัน one to one correspondence โดยเริ่มจากจุดเหนือ (north pole) ส่งผ่านจุดที่อยู่บนวงกลมหรือทรงกลม ไปสู่จุดที่อยู่บนเส้นสัมผัสหรือระนาบสัมผัส ณ จุดใต้ (south pole)

ขอบเขตของการศึกษาโครงการ

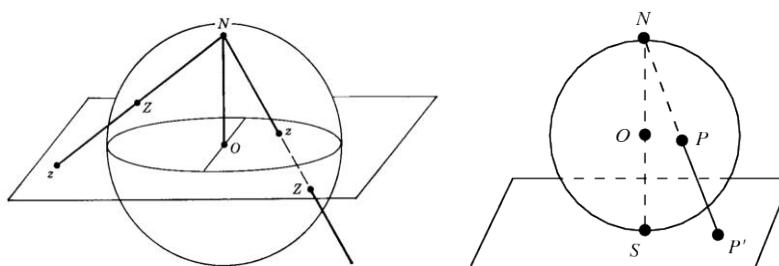
1. ภาคตัดกรวยที่ใช้ทั้งหมดคือ วงกลมวงรี พาราโบลาและไฮเพอร์โบลา
2. ศึกษาเฉพาะภาคตัดกรวยที่สามารถเขียนได้อยู่ในรูปมาตรฐาน โดยที่มีจุด (h,k) คือ $(0,0)$

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาโลคัสของจุดสัมผัสกลางจำเป็นต้องมีตัวเปรียบเทียบหรือข้อมูลเพิ่มเติม กล่าวคือ ฟังก์ชันส่งจุดในรูปแบบอื่นๆ และความรู้พื้นฐานที่นำมาประยุกต์ใช้

2.1 Stereographic projection

stereographic projection คือ ฟังก์ชันการส่งจุด (Mapping function) โดยส่งจุดจากทรงกลมไปสู่ระนาบ ซึ่งเริ่มจากจุดเหนือ (North Pole) ผ่านจุดบนทรงกลม ไปสู่ระนาบ และฟังก์ชันดังกล่าวเป็น ฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งและทั่วถึง

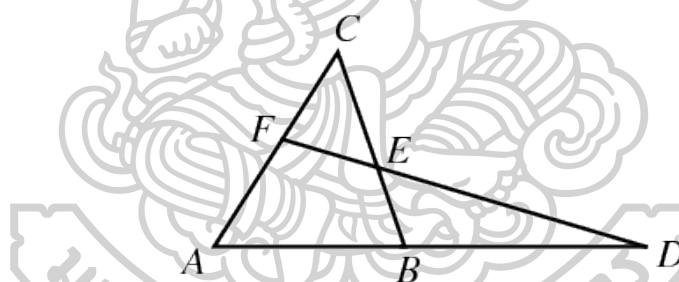


ภาพที่ 2.1 การส่งจุดของ stereographic projection

ที่มา : <http://mathworld.wolfram.com/StereographicProjection.html>

2.2 ทฤษฎีบทของเมนเนลอส (Menelaus's theorem)

สำหรับสามเหลี่ยมใดๆบนระนาบ $AD \cdot BE \cdot CF = BD \cdot CE \cdot AF$



ภาพที่ 2.2 ภาพประกอบการอธิบายทฤษฎีบทของเมนเนลอส

ที่มา : <http://mathworld.wolfram.com/MenelausTheorem.html>

หมายเหตุ หัวข้อใช้ TH SarabunPSK ขนาด 16 จุด ตัวหนาตัวเนื้อหาใช้ TH SarabunPSK ขนาด 16 จุด ตัวธรรมดาระหว่างหัวข้อ เว้น 1 บรรทัดขนาด 16 จุด

วิธีดำเนินการ

การศึกษาโลคัสของจุดสัมผัสกลางของเส้นโค้งบนระนาบมีขั้นตอนในการศึกษา 5 ตอน ดังนี้
 ตอนที่ 1 การสร้างโลคัสจากภาคตัดกรวยทั้ง 4 แบบโดยใช้โปรแกรม GSP
 ตอนที่ 2 หาความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดของจุดสัมผัสบนภาคตัดกรวยและพิกัดของจุดสัมผัสกลางที่ได้

ตอนที่ 3 การพิสูจน์ว่าโลคัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมเป็นเส้นตรง

ตอนที่ 4 เปรียบเทียบโลคัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมกับ Stereographic projection

ตอนที่ 5 เปรียบเทียบโลคัสของจุดสัมผัสกลางของทรงกลมกับ Stereographic projection

แผนการปฏิบัติงาน ระยะเวลาประมาณ 10 เดือน (มิถุนายน พ.ศ. 2558 – มีนาคม พ.ศ. 2559)

ที่	กิจกรรม	ระยะเวลาปฏิบัติงาน									
		เม.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1	ค้นคว้าหาข้อมูล										
2	การสร้างโลคัสจากภาคตัดกรวย										
3	หาความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดของจุดสัมผัสบนภาคตัดกรวยและพิกัดของจุดสัมผัสกลางที่ได้										
4	พิสูจน์ว่าโลคัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมเป็นเส้นตรง										
5	เปรียบเทียบโลคัสของจุดสัมผัสกลางของทรงกลมกับ Stereographic projection										
6	เขียนรายงาน										

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบลักษณะและแนวโน้มของโลคัสของจุดสัมผัสกลางของเส้นโค้งบนระนาบ
2. ทราบความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดของจุดสัมผัสและจุดสัมผัสกลางของจุดสัมผัสนั้น
3. ทราบความสัมพันธ์ระหว่างโลคัสของจุดสัมผัสกลางที่เกิดจากวงกลมและทรงกลม กับ Stereographic projection
4. เนื่องจาก Stereographic projection สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการใช้แผนที่หรือประยุกต์ใช้ในทางธรณีวิทยา ดังนั้น Mid-tangent projection อาจนำมาสร้างแผนที่ได้เช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

Ron Larson. (2007). Precalculus. Books/Cole, Cengage Learning.

John Thomas. (2001). Thomas' Calculus. Pearson Education Indochina.

ตัวอย่างบทคัดย่อ

การศึกษาโลคัสของจุดสัมผัสกลางของเส้นโค้งบนระนาบ

รัฐธีร์ ธีระเกียรติสกุล* กษิต์เดช ธัญญะเจริญ ฌภาพ ฌ ระนอง

อาจารย์ที่ปรึกษา ศักดิ์นรินทร์ จันทร์นาค และ สุภาพ เกิดแสง

โรงเรียนจุฬารณราชวิทยาลัย เพชรบุรี ต.เขาใหญ่ อ.ชะอำ จ. เพชรบุรี

และภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม

*อีเมล: irelandkj27@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาโลคัสของจุดสัมผัสกลางของเส้นโค้งบนระนาบ เมื่อกำหนดให้ C เป็นเส้นโค้งบนระนาบ X เป็นจุดคงที่ซึ่งมีจุดสัมผัสกลาง P_{mt} อยู่บนเส้นสัมผัส ณ จุด P ของเส้นโค้ง C และระยะจากจุดสัมผัสกลาง P_{mt} ไปถึงจุดสัมผัส P และจุดคงที่ X เท่ากัน จากการศึกษาโลคัสของจุดสัมผัสกลางของเส้นโค้งของภาคตัดกรวย พบว่าโลคัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมเป็นเส้นตรงซึ่งแตกต่างจากโลคัสของจุดสัมผัสกลางของภาคตัดกรวยรูปอื่นๆที่เป็นเส้นโค้งซึ่งพิสูจน์โดยใช้เรขาคณิตแบบยูคลิด อีกทั้งโลคัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมมีลักษณะคล้ายกับการส่งจุดแบบ stereographic projection จึงเรียกรูปการส่งจุดของโลคัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมและทรงกลมว่า mid-tangent projection เมื่อนำวิธีการฉายภาพทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบพิกัดของภาพฉายที่ถูกส่งลงมาและคุณสมบัติของฟังก์ชันการส่งจุด พบว่าฟังก์ชันการส่งจุดแบบ mid-tangent projection เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งและทั่วถึงเหมือนกับ stereographic projection แต่มีพิกัดของภาพฉายที่ถูกส่งลงมาเป็นครึ่งหนึ่งของ stereographic projection ซึ่งกล่าวได้ว่า mid-tangent projection เป็นนิยามรูปแบบหนึ่งของ stereographic projection ดังนั้นจึงสามารถนำ mid-tangent projection มาประยุกต์ใช้ได้ในการทำงานเดียวกับ stereographic projection เช่น การนำไปใช้ในการสร้างแผนที่ประเทศไทย

คำสำคัญ: จุดสัมผัสกลาง โลคัส ฟังก์ชันการส่งจุด mid-tangent projection stereographic projection

ตัวอย่าง Abstract

The Locus of mid-tangent Points of Planar Curves

Rathee Theerakiatsakul^{*} Kasidetch Thanyacharoen Napob Na Ranong

Advisor: Saknarin Channark and Supap Kirtsaeng

Princess Chulabhorn Science High School Phetchaburi, Khao Yai, Cha-am, Phetchaburi

Department of Mathematics, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakornpathom

*Email: irelandkj27@gmail.com

ABSTRACT

In this project, we defined mid-tangent point with respect to a fixed point X and a tangent at a point P on planar curve C as a point on the tangent that is equidistant from X and P . We studied the locus of mid-tangent points of conic sections. We found that the locus of mid-tangent points of most conic sections are non-linear curves. However, we observed and proved by using Euclidean geometry that the locus of mid-tangent points of circle is straight lines. The mapping defined by mid-tangent points was studied further. The similarity between a mid-tangent projection and a stereographic projection was displayed as a one – to – one correspondence function. We also extended the concept of mid-tangent points to three-dimensional space and found that the similarity with the stereographic projection was retained in higher dimensions. Finally, we applied the locus of mid-tangent points of a sphere to create any specified region; e.g., creating map of Thailand.

Keywords: mid-tangent point, Locus, mid-tangent projection, stereographic projectio

ตัวอย่างสื่อ PowerPoint ในการนำเสนอโครงการงานคณิตศาสตร์แบบบรรยาย

The Locus of Mid-tangent Points of Planar Curves

PRESENTED BY

KASIDETCH	THANYACHAROEN
NAPOB	NA RANONG
RATTHEE	THEERAKIATSAKUL

MOTIVATION

tangent line of C through Y

planar curve (C)

point of tangency (Y)

fixed point (X)

*Mid-tangent point (P_{mt})

DEFINITIONS

Mid-tangent point

Definition: Let C be a curve on Euclidean plane. For a fixed point X on the plane, a Mid-tangent point of C with respect to X is a point P_{mt} on a line tangent to C which is equidistance from X and the point of tangency. If P is the point of tangency, we call P_{mt} a Mid-tangent point associated to P.

Tangent Line

C

Y

P_{mt}

X

Step 1: Constructing the loci

The proof for circles



The proof with Euclidean's geometry approach

From picture we get $\angle BDH = x^\circ$ (External angle of triangle)
 Give $\angle DAH = \alpha^\circ$ We get $\angle DHB = x^\circ + \alpha^\circ$
 But $BG \parallel DH$ Therefore $\angle DBH = x^\circ + \alpha^\circ - x^\circ$
 So $2x^\circ + 2\alpha^\circ = 180^\circ$
 $2\alpha^\circ = 180^\circ - 2x^\circ$
 $\alpha^\circ = 90^\circ - x^\circ = y^\circ$
 We get $\angle AA'H + \angle AA'K = y^\circ + 180^\circ - y^\circ$
 Therefore B', A', C' are on the same line

Stereographic projection

Locus of Mid-tangent points

ตัวอย่างโปสเตอร์ในการนำเสนอโครงการงานคณิตศาสตร์แบบโปสเตอร์

The Locus of Mid-tangent Points of Planar Curves

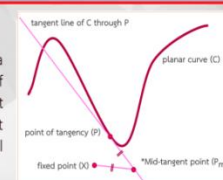
Kasidetch Thayacharoen^{1*}, Napob Na Ranong¹, Ratthee Theerakiatsakul¹,
 Saknarin Channark¹ and Supap Kirtsraeng²
¹ Princess Chulabhorn Science High School Phetchaburi, Cha-am, Phetchaburi, 76120, Thailand
² Department of Mathematics, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakhonpathom, 73000, Thailand
 *kasidetch.book@gmail.com

ABSTRACT

In this project, we define mid-tangent point with respect to a fixed point X to be a point on a tangent of C which is equidistance to X and the point of tangency. We study locus of mid-tangent points of curves obtained by conic sections. We found that the locus of mid-tangent points of most conic sections are non-linear curves. However, We observed and proved that the locus of mid-tangent points of circle are straight line. The mapping defined by mid-tangent point is further studied. Similarity between mid-tangent mapping and stereographic projection is discovered. We also extended the concept of mid-tangent point to three dimensional space and found that the similarity to the stereographic projection is retained in higher dimension.

INTRODUCTION

Let C be a curve on Euclidean plane. For a fixed point X on the plane, a mid-tangent point of C with respect to X is a point P_{mt} on a line tangent to C which is equidistance from X and the point of tangency. If P is the point of tangency, we call P_{mt} a mid-tangent point associated to P.



OBJECTIVES

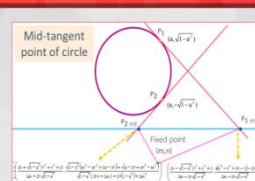
- To construct the loci of various planar curves with respect to a given point.
- To determine the relationship between the coordinates of a mid-tangent point and the coordinates of its associated point of tangency.
- To study maps defined by mid-tangent points of a circle and a sphere and compare the maps with stereographic projections.

METHODS

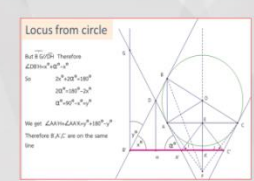
- Constructed the locus of mid-tangent points and determined the relation between the coordinates of mid-tangent points and point of tangency.
 - Created circle by GSP and define a fixed point X and used properties of isosceles triangle to find a point P_{mt} .
 - Defined the fixed point and point of tangency. Then find the mid-tangent points from those points.
- Proved that the locus of mid-tangent points of a circle is a line.
 - By used Euclidean's geometry approach to proof.
- Compared the coordinates and properties of mapping between mid-tangent points of circle and sphere with stereographic projection.
 - mid-tangent projection
 - stereographic projection

RESULTS AND DISCUSSION

Mid-tangent point of circle



Locus from circle



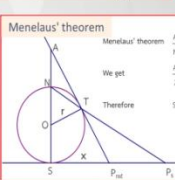
2D

one-to-one correspondence: $\omega_1: \{(t, P)\} \rightarrow \mathbb{R}^2 \{(x, y)\} = X$
 $\omega_1: \{(t, P)\} \rightarrow 2\omega_1: \{(x, P)\}$

3D

one-to-one correspondence: $\omega_2: \{(x, y, z)\} \rightarrow \mathbb{R}^3 \{(x, y, z)\} = (x, y)$
 $\omega_2: \{(t, P)\} \rightarrow 2\omega_2: \{(x, P)\}$

Menelaus' theorem

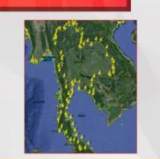


We get $\frac{AT}{TS} \cdot \frac{SP}{PT} = 1$
 $\frac{AT}{TS} \cdot \frac{SP}{PT} = 1$
 $\frac{AT}{TS} \cdot \frac{SP}{PT} = 1$
 Therefore $SP = 2 \cdot PT$

CONCLUSIONS

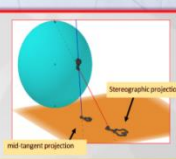
Both the mappings by mid-tangent point and the stereographic projections are one-to-one correspondence with the same domain and range. In 2D, they map a circle minus a point to a line. While in 3D, they map a sphere minus a point to a plane. The last coordinates of the images of the two maps are the same. For the remaining coordinates, those of the stereographic projections are twice in magnitude of those of the mid-tangent projections. Mid-tangent projections can be one of definition of stereographic projections.

APPLICATION



Randomly collect latitudes and longitudes on the perimeter of Thailand's map from Google Earth

Convert latitudes and longitudes to 3 dimension coordinates on the plane $z=1$



Stimulate Thailand's map by used GeoGebra

REFERENCES

Ron Larson. (2007). Precalculus. Books/Cole, Cengage Learning.
 John Thomas. (2001). Thomas' Calculus. Pearson Education Indochina.
 J.A. Steers. (1959). The study of map projections. University Of London Press LTD.
 Lev M. Bugayevskiy. (1995). Map Projection a reference Manual. Taylor&Francis.

ตัวอย่างการเขียนบทความทางวิชาการโครงการ

Projects Jomal,
Princess Chulabhorn's College Phetchaburi
Vol.3 No.3, 2015

วารสารโครงการ
โรงเรียนจุฬาราชมนตรีวิทยาลัย เพชรบุรี
ปีที่ 3 ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2558

การศึกษาโลคัสของจุดสัมผัสกลางของเส้นโค้งบนระนาบ The Locus of Mid-tangent Points of Planar Curves

กษิด์เดช ธีญญะเจริญ* ณภาพ ณ ระนอง และ รัฐธีร์ ธีระเกียรติสกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา ศักดิ์รินทร์ จันทร์นาค
โรงเรียนจุฬาราชมนตรีวิทยาลัย เพชรบุรี อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี 76120
*E-mail: kasidetch.book@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้นิยามจุดสัมผัสกลางว่าเป็น จุดที่อยู่บนเส้นสัมผัสของเส้นโค้ง C ที่จุด P และมีระยะไปจนถึงจุด P เท่ากับระยะไปจนถึงจุดคงที่ X การศึกษาโลคัสของจุดสัมผัสกลางของเส้นโค้งบนระนาบ ศึกษาจากการสร้างโลคัสและความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดของจุดสัมผัสบนภาคตัดกรวยและพิกัดของจุดสัมผัสกลางของจุดสัมผัสนั้น โดยโลคัสของจุดสัมผัสกลางที่ได้จากวงกลมเป็นเส้นตรงซึ่งแตกต่างจากโลคัสที่ได้จากภาคตัดกรวยรูปอื่นๆ และสามารถพิสูจน์ได้จากเรขาคณิตแบบยูคลิด จากนั้นเปรียบเทียบพิกัดของจุด พิกัดของภาพฉาย และคุณสมบัติของฟังก์ชันการส่งจุดระหว่างโลคัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมและทรงกลมกับ stereographic projection พบว่าเมื่อกำหนดพิกัดของจุดสัมผัสบนวงกลมและทรงกลมเป็น (a, b) และ (a, b, c) จะได้ว่าพิกัดของจุด พิกัดของภาพฉายที่ได้จากการส่งจุดผ่านฟังก์ชันการส่งจุดสัมผัสกลางของวงกลมและทรงกลม และพิกัดของจุด พิกัดของภาพฉายที่ได้จาก stereographic projection

คือ $\left(\frac{a}{1-b}, -1\right), \left(\frac{a}{1-c}, \frac{b}{1-c}, -1\right)$ และ $\left(\frac{2a}{1-b}, -1\right), \left(\frac{2a}{1-c}, \frac{2b}{1-c}, -1\right)$ ตามลำดับ ซึ่ง

พิกัด x ในสองมิติ และพิกัด x กับพิกัด y ในสามมิติที่ได้จาก stereographic projection มีค่าเป็นสองเท่าของจุดสัมผัสกลางของวงกลมและทรงกลมเสมอ พิสูจน์ได้จากทฤษฎีบทของเมเนลอส โดยฟังก์ชันทั้งสองมีคุณสมบัติเป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งและทั่วถึงเหมือนกัน จึงสรุปได้ว่า mid-tangent projection เป็นนิยามรูปแบบหนึ่งของ stereographic projection

คำสำคัญ : จุดสัมผัสกลาง ,โลคัส ,ฟังก์ชันการส่งจุด ,mid-tangent projection ,stereographic projection

1. บทนำ

การดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์เรานั้นมีความสัมพันธ์กับคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นการซื้อขายแลกเปลี่ยน การสร้างสิ่งปลูกสร้าง การหาความน่าจะเป็น ซึ่งการที่เราจะคิดคำนวณออกมาเป็นตัวเลข อาจจะต้องดำเนินการภายใต้เงื่อนไขบางอย่าง ยกตัวอย่างเช่น การเดินทางของโดยมีเงื่อนไขว่าคนที่ลากจะต้องเดินเป็นเส้นตรงเสมอเราพบว่าลักษณะการเคลื่อนที่ของสิ่งของจะเป็นเส้นโค้ง ซึ่งมีผู้ที่นำข้อสังเกตดังกล่าวมาศึกษา และเรียกเส้นโค้งนี้ว่า “เทรคทริกซ์” (Tractrix) คณะผู้จัดทำจึงเกิดข้อสงสัยว่า ถ้าการเคลื่อนที่ของคนที่เปลี่ยนจากเส้นตรงเป็นเส้นโค้ง และกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติมว่าระยะระหว่างสิ่งของกับคนจะเท่ากับระยะระหว่างสิ่งของกับจุดคงที่เสมอแล้วสิ่งของที่ถูกลากจะมีลักษณะการเคลื่อนที่ลักษณะใด โดยนิยามรอยการเคลื่อนที่ของสิ่งของว่า “โลคัสของจุดสัมผัสกลาง” (Locus of mid-tangent points) และเส้นโค้งที่คณะผู้จัดทำสนใจ ได้แก่ ภาคตัดกรวย (conic sections) ซึ่งเป็นเส้นโค้งที่ได้จากการตัดพื้นผิววงกลมด้วยระนาบ ภาคตัดกรวยไม่เพียงแต่เป็นเส้นโค้งที่สวยงามแต่นำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น การโคจรของดาวเคราะห์ การเคลื่อนที่ของสปริง การสร้างเครื่องรับสัญญาณ การสร้างเตาปฏิกรณ์หรือ การเคลื่อนที่ของดาวเทียม เป็นต้น จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าโลคัสของจุดสัมผัสกลางของ พาราโบลา ไฮเพอร์โบลา และวงรี เป็นเส้นโค้ง แต่โลคัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมเป็นเส้นตรง

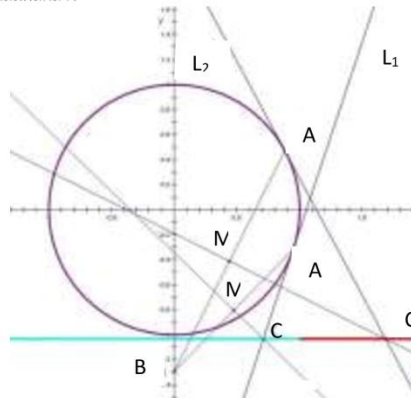
จากการสืบค้นข้อมูลพบว่าโลคัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมมีลักษณะเป็นเส้นตรงคล้ายกับ stereographic projection ซึ่งสามารถดำเนินการได้ทั้งในปริภูมิ 2 มิติและ 3 มิติ คณะผู้จัดทำจึงต้องการศึกษาโดย เปรียบเทียบพิกัดของจุด พิกัดของภาพฉายและคุณสมบัติของฟังก์ชันการส่งจุดระหว่างโลคัสของจุดสัมผัสกลางที่เกิดจากวงกลมและทรงกลม กับ stereographic projection

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 การสร้างโลคัสจากภาคตัดกรวยทั้ง 4 แบบโดยใช้โปรแกรม GSP

2.1.1 สร้างกราฟวงกลม

- 2.1.2 กำหนดจุดคงที่ X ให้อยู่ภายนอกกราฟวงกลม
- 2.1.3 กำหนดจุดสัมผัส P บนกราฟแล้วลากเส้นสัมผัส l
- 2.1.4 ลากส่วนของเส้นตรง XP แล้วหาจุดกึ่งกลาง M
- 2.1.5 สร้างเส้นตั้งฉากจากจุด M ไปตัด l ที่จุด P_{mt}
- 2.1.6 สร้างรอยเดินของจุดที่จุด P_{mt}
- 2.1.7 เลื่อนจุด P ไปบนกราฟวงกลมรอยเดินของจุด P_{mt} คือโลคัสของจุดสัมผัสสกลกลาง



ภาพที่ 1 สร้างโลคัสของจุดสัมผัสสกลกลางของวงกลม

- 2.1.8 บันทึกผลภาพโลคัสที่ได้
- 2.1.9 เปลี่ยนจุดคงที่ X ให้อยู่ภายในวงกลม
- 2.1.10 บันทึกผลภาพโลคัสที่ได้
- 2.1.11 สร้างกราฟของ พาราโบลา ไฮเปอร์โบลา และวงรี แล้วทำตามข้อ 1.2-1.10
- 2.1.12 บันทึกผลภาพโลคัสที่ได้จากภาคตัดกรวยทุกชนิด

2.2 การหาความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดของจุดสัมผัสบนภาคตัดกรวยและพิกัดของจุดสัมผัสสกลกลางที่ได้

2.1 สร้างกราฟพาราโบลา ไฮเปอร์โบลา วงรี และ วงกลม ที่มีสมการคือ

$$y = x^2, \quad x^2 - y^2 = 1, \quad \frac{x^2}{25} + \frac{y^2}{9} = 1 \quad \text{และ} \quad x^2 + y^2 = 9$$

ตามลำดับ

- 2.2 หาความชัน ณ ตำแหน่งใดๆบนภาคตัดกรวยชนิดต่างๆ จากการหาอนุพันธ์โดยปริยาย
- 2.3 กำหนดจุดใดๆบนภาคตัดกรวย และหาสมการเส้นสัมผัส
- 2.4 หาความชันและจุดกึ่งกลางระหว่างจุดคงที่กับจุดสัมผัสบนภาคตัดกรวย
- 2.5 หาสมการเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับเส้นตรงที่เชื่อมจุดคงที่กับจุดสัมผัสบนภาคตัดกรวย
- 2.6 หาจุดตัดระหว่างสมการเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับสมการเส้นสัมผัส
- 2.7 เปรียบเทียบและบันทึกผล

2.3 การพิสูจน์ว่าโลคัสของจุดสัมผัสสกลกลางของวงกลมเป็นเส้นตรง

2.4 เปรียบเทียบโลคัสของจุดสัมผัสสกลกลางของวงกลมกับ stereographic projection

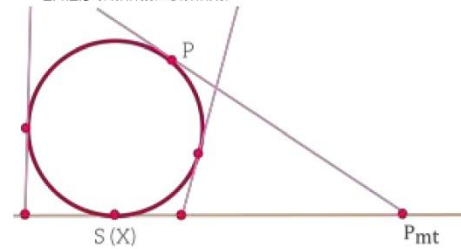
- 2.4.1 การเปรียบเทียบพิกัดของจุด
 - 2.4.1.1 กำหนดจุดบนวงกลม
 - 2.4.1.2 หาพิกัดของจุดสัมผัสสกลกลางของวงกลม
 - 2.4.1.3 หาพิกัดของจุดที่ได้จาก stereographic projection
 - 2.4.1.4 เปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของพิกัดของจุดทั้งสอง
 - 2.4.1.5 สังเกตและบันทึกผล

2.4.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติ

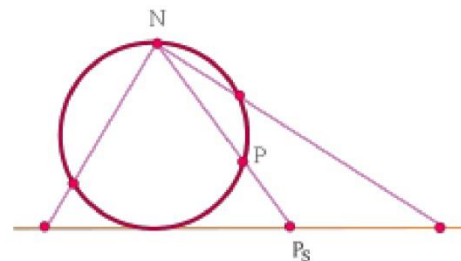
2.4.2.1 ศึกษาคุณสมบัติการเป็น well-defined function, one to one function และ onto function ของ stereographic Projection

2.4.2.2 ศึกษาคุณสมบัติการเป็น well-defined function, one to one function และ onto function ของ Mid-tangent projection

2.4.2.3 สังเกตและบันทึกผล



ภาพที่ 2 โลคัสของจุดสัมผัสสกลกลางของวงกลม (P_{mt})



ภาพที่ 3 stereographic projection (P_s)

2.5 เปรียบเทียบโลคัสของจุดสัมผัสสกลกลางของทรงกลมกับ stereographic projection

- 2.5.1 การเปรียบเทียบพิกัดของภาพฉาย
 - 2.5.1.1 กำหนดจุดบนทรงกลม
 - 2.5.1.2 หาพิกัดของภาพฉายที่ได้จากจุดสัมผัสสกลกลางของทรงกลม
 - 2.5.1.3 หาพิกัดของภาพฉายที่ได้จาก stereographic projection
 - 2.5.1.4 เปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของพิกัดของภาพฉายทั้งสอง
 - 2.5.1.5 สังเกตและบันทึกผล

2.5.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติ

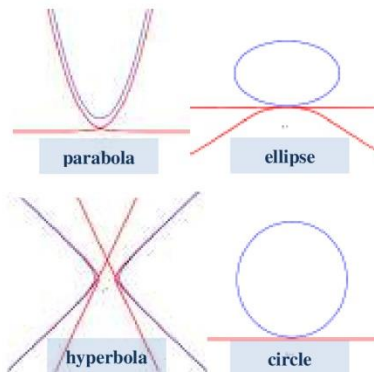
2.5.2.1 ศึกษาคุณสมบัติการเป็น well-defined function, one to one function และ onto function ของ stereographic projection

2.5.2.2 ศึกษาคุณสมบัติการเป็น well-defined function, one to one function และ onto function ของ mid-tangent projection

2.5.2.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติและบันทึกผล

3. ผลการศึกษา

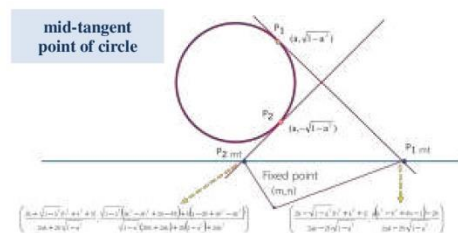
3.1 การสร้างโลคัสจากภาคตัดกรวยทั้ง 4 แบบโดยใช้โปรแกรม GSP



ภาพที่ 4 โลคัสของจุดสัมผัสกลางของภาคตัดกรวยทั้ง 4 แบบ (เส้นสีแดง)

จะเห็นว่าโลคัสของจุดสัมผัสกลางของพาราโบลา ไฮเปอร์โบลา และวงรี เป็นเส้นโค้ง แต่ของวงกลมเป็นเส้นตรง

3.2 การหาความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดของจุดสัมผัสบนภาคตัดกรวยและพิกัดของจุดสัมผัสกลางที่ได้



ภาพที่ 5 พิกัดของจุดสัมผัสต่างๆของวงกลม

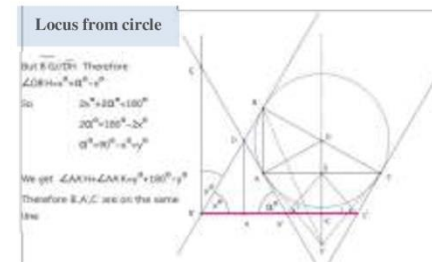
ถ้า P_1 คือ $(a, \sqrt{1-a^2})$ P_{mt} คือ

$$\left(\frac{2k - \sqrt{1-a^2}(h^2+k^2+1)}{2ak-2h\sqrt{1-a^2}}, \frac{a(k^2-h^2+4h-1)-2h}{2ak-2h\sqrt{1-a^2}} \right)$$

ถ้า P_2 คือ $(a, -\sqrt{1-a^2})$ P_{mt} คือ

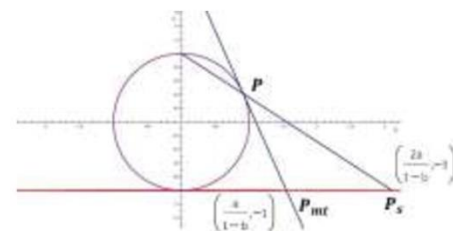
$$\left(\frac{2k + \sqrt{1-a^2}(h^2+k^2+3)}{2ak+2h\sqrt{1-a^2}}, \frac{\sqrt{1-a^2}(ak^2-ah^2+3a-4h) + k(a-2h+ah^2-ak^2)}{\sqrt{1-a^2}(2hk+2ak)+2h(1-a^2)+2ak^2} \right)$$

3.3 การพิสูจน์ว่าโลคัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมเป็นเส้นตรง



ภาพที่ 6 บทพิสูจน์เพื่อแสดงว่าโลคัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมเป็นเส้นตรง โดยใช้เรขาคณิตแบบยูคลิด

3.4 เปรียบเทียบโลคัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมกับ stereographic projection

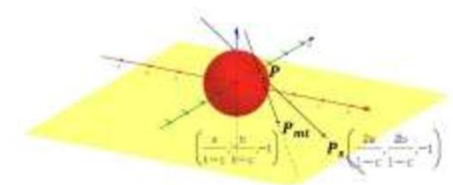


ภาพที่ 7 พิกัดของจุดสัมผัสกลางของวงกลมและจุดที่ได้จาก stereographic projection

ใน 2 มิติ พิกัดค่า x ของจุด P_s จะมีค่าเป็นสองเท่าของพิกัดค่า x ของจุด P_{mt}

ทั้งนี้ฟังก์ชันการส่งจุดสัมผัสกลางเป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง และทั่วถึงเหมือนกับ stereographic projection

3.5 เปรียบเทียบโลคัสของจุดสัมผัสกลางของทรงกลมกับ stereographic projection



ภาพที่ 8 พิกัดของจุดสัมผัสกลางของทรงกลมและจุดที่ได้จาก stereographic projection

ใน 3 มิติ พิกัดค่า x และพิกัดค่า y ของจุด P_s จะมีค่าเป็นสองเท่าของพิกัดค่า x และพิกัดค่า y ของจุด P_{mt}

ทั้งนี้ฟังก์ชันการส่งจุดสัมผัสกลางเป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งและทั่วถึงเหมือนกับ stereographic projection

4.สรุปและอภิปรายผล

4.1 สรุปผลการทดลอง

จากการสร้างโลกสัมผัสของจุดสัมผัสกลางของภาคตัดกรวยพบว่าโลกสัมผัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมมีลักษณะคล้ายเส้นตรงซึ่งแตกต่างจากโลกสัมผัสของจุดสัมผัสกลางของภาคตัดกรวยรูปอื่นๆซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นโค้งอย่างเห็นได้ชัด โลกสัมผัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลม จะได้โลกสัมผัสเป็นเส้นตรงเสมอ โดยถ้ากำหนดจุด (h,k) เป็นจุด

คงที่ และมีจุด $(a, \pm\sqrt{1-a^2})$ เป็นจุดสัมผัสใดๆ บนวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด $(0,0)$ และ รัศมีเท่ากับ 1 หน่วย แล้วจุดบนเส้นตรงที่ได้ จะแบ่งเป็น 2 ช่วง โดยช่วงแรก คือ ครึ่งบนหรือช่วงที่ค่า y ของกราฟวงกลมเป็นบวก จะได้พิกัดของจุดสัมผัสกลาง คือ

$$\left(\frac{2k - \sqrt{1-a^2}(h^2+k^2+1)}{2ak-2h\sqrt{1-a^2}}, \frac{a(k^2-h^2+4h-1)-2h}{2ak-2h\sqrt{1-a^2}} \right)$$

และช่วงครึ่งล่างหรือช่วงที่ค่า y ของกราฟวงกลมเป็นลบ คือ

$$\left(\frac{2k + \sqrt{1-a^2}(h^2+k^2+3)}{2ak+2h\sqrt{1-a^2}}, \frac{\sqrt{1-a^2}(ak^2-ah^2+3a-4h)+k(a-2h+ah^2-ak^2)}{\sqrt{1-a^2}(2hk+2ak)+2h(1-a^2)+2ak^2} \right)$$

และพิสูจน์ได้ว่าโลกสัมผัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมเป็นเส้นตรงโดยใช้เรขาคณิตแบบยูคลิด

สำหรับการเปรียบเทียบ พิกัดของจุด และพิกัดของภาพฉาย เมื่อกำหนดพิกัดของจุดบนวงกลมและทรงกลมเป็น และ ทำให้ได้ว่าพิกัดของภาพฉายที่ได้จากจุดสัมผัสกลางของวงกลมและทรงกลม และพิกัดของภาพฉายที่ได้จาก stereographic projection คือ

$$\left(\frac{a}{1-b}, -1 \right), \left(\frac{a}{1-c}, \frac{b}{1-c}, -1 \right)$$

และ $\left(\frac{2a}{1-b}, -1 \right), \left(\frac{2a}{1-c}, \frac{2b}{1-c}, -1 \right)$ ตามลำดับ

ซึ่งพิกัดค่า x ใน 2 มิติของ stereographic projection มีค่าเป็น 2 เท่าของพิกัดค่า x ของจุดสัมผัสกลาง ในทำนองเดียวกันพิกัดค่า x และพิกัดค่า y ใน 3 มิติ ของ stereographic projection ก็มีค่าเป็น 2 เท่าของพิกัดค่า x และพิกัดค่า y ของจุดสัมผัสกลาง พิสูจน์โดยใช้ทฤษฎีบทของเมนเนลอส และสำหรับการเปรียบเทียบคุณสมบัติของ mid-tangent projection กับ stereographic projection พบว่าฟังก์ชันการส่งจุดทั้ง 2 มีคุณสมบัติเป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งและทั่วถึงเหมือนกัน

4.2 อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการศึกษาจึงกล่าวได้ว่า mid-tangent projection เป็นนิยามรูปแบบหนึ่งของ stereographic projection ซึ่งถูกคิดค้น

ขึ้นเป็นครั้งแรก โดยโลกสัมผัสของจุดสัมผัสกลางของวงกลมและทรงกลมมีความเหมือนและความแตกต่างจาก stereographic projection เมื่อพิจารณาในมุมมองของความแตกต่าง พิกัดสุดท้ายของจุดที่ได้จาก stereographic projection จะเท่ากับกับจุดสัมผัสกลาง แต่พิกัดส่วนที่เหลือของจุดที่ได้จาก stereographic projection จะมีค่าเป็นสองเท่าของจุดสัมผัสกลาง และเมื่อพิจารณาในมุมมองของความเหมือนทั้งคู่เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งและทั่วถึง ซึ่งอยู่ภายใต้โดเมนและเรนจ์เดียวกัน ทำให้เกิดความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

สองมิติ

$$\text{กำหนดฟังก์ชัน } \Omega_1 : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R} \mid \Omega_1(x, y) = x$$

$$\text{จะได้ว่า } \Omega_1(f_s(P)) = 2\Omega_1(f_{mt}(P))$$

สามมิติ

$$\text{กำหนดฟังก์ชัน } \Omega_2 : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^2 \mid \Omega_2(x, y, z) = (x, y)$$

$$\text{จะได้ว่า } \Omega_2(f_s(P)) = 2\Omega_2(f_{mt}(P))$$

นั่นคือ mid-tangent projection สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในการทำงานเดียวกันกับ stereographic projection เช่น การสร้างแผนที่ดาวเคราะห์ การทำแผนที่ทางธรณีวิทยา การศึกษาดาราศาสตร์ แต่สิ่งที่ได้จะมีระยะของพิกัดเป็นครึ่งหนึ่งของ stereographic projection

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาโลกสัมผัสของจุดสัมผัสกลางของระนาบโค้งอื่นๆ นอกเหนือจากกราฟของภาคตัดกรวย
2. ควรศึกษาโลกสัมผัสของจุดสัมผัสกลางของภาคตัดกรวยในเชิงลึกมากขึ้น
3. ควรขยายการดำเนินการของโลกสัมผัสของจุดสัมผัสกลางในมิติที่สูงขึ้น
4. เนื่องจากโลกไม่ใช่ทรงกลม แต่เป็นทรงรี ดังนั้นควรสร้างฟังก์ชันการส่งจุดจากทรงรีไปทรงกลม แล้วจึงดำเนินการสร้างแผนที่ต่อได้
5. เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ เป็นการส่งจุดโดยใช้ mid-tangent projection สามารถทำได้เพียงครั้งละหนึ่งจุดเท่านั้น ซึ่งหากนำไปใช้ในการสร้างแผนที่อาจต้องใช้เวลามาก จึงควรนำฟังก์ชันการส่งจุดดังกล่าวมาพัฒนาเป็นโปรแกรมที่สามารถนำไปใช้ในการสร้างแผนที่ได้สะดวกขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ นายศักดิ์นรินทร์ จันทร์นาค อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ให้ความรู้และช่วยเหลือในด้านต่างๆ และขอบพระคุณคณะกรรมการสนับสนุนการวิจัยจากโครงการโครงการของนักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์ (YSC) ครั้งที่ 18

เอกสารอ้างอิง

- Ron Larson.(2007).Precalculus. Books/Cole, Cengage Learning.
- John Thomas. (2001). Thomas' Calculus. Pearson Education Indochina.
- J. A. Steers, M.A. (1959). The study of map projections. University Of London Press LTD.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ศักดิ์นรินทร์ จันทร์นาค
วัน เดือน ปี เกิด	19 พฤศจิกายน 2530
สถานที่เกิด	เพชรบุรี
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2555 สำเร็จการศึกษาปริญญาครุศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2) วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป และวิชาเอกคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2557 ศึกษาในระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	199 หมู่ 6 ตำบลไร่สะทอน อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี 76150

