# การพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

โดย

นางสาววรรณ์วิไล หงษ์ทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ

ภาควิชาหลักสูตรและวิธีสอน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

# การพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน


**โดย**

**นางสาววรรณ์วิไล หงษ์ทอง**


**วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต**

**สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ**

**ภาควิชาหลักสูตรและวิธีสอน**

**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร**

**ปีการศึกษา 2551**


**ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร**

# THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICS PROCESS SKILLS OF FOURTH GRADE STUDENTS TAUGHT BY PROJECT APPROACH

**By**

**Wanwilai Hongthong**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree**

**MASTER OF EDUCATION**

**Department of Curriculum and Instruction**

**Graduate School**

**SILPAKORN UNIVERSITY**

**2008**

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง " การพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน " เสนอโดย นางสาววรรณ์วิไล หงษ์ทอง เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ

…….....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ชินะตังกูร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ อ่วมเจริญ
2. อาจารย์ ดร.ประเสริฐ มงคล

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชรา เล่าเรียนดี)
...../...../.....

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์กาญจนา คุณารักษ์)
...../...../.....

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ อ่วมเจริญ)
...../...../.....

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ประเสริฐ มงคล)
...../...../.....

47253310 : สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ
คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน/ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

วรรณ์วิไล หงษ์ทอง : การพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผศ.ดร.สุเทพ อ่วมเจริญ และ อ.ดร.ประเสริฐ มงคล. 362 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง(Experimental Research) แผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวสอบก่อนและหลัง (One Group Pretest- Posttest Design) โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ สาระ เรขาคณิต ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน 2)เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน 3) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 23 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบโครงงาน 2) แบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 3) แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 4) แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้เรขาคณิต 5) แบบสอบถามความคิดเห็น การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าร้อยละ(%) ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)การทดสอบค่าที( t-test) แบบ Dependent และการวิเคราะห์เนื้อหา ( Content Analysis )

ผลการวิจัยพบว่า

1. ผลการเรียนรู้สาระเรขาคณิต ของนักเรียนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้

2. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงานโดยภาพรวม อยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าอยู่ในระดับสูง เรียงตามลำดับ ได้แก่ การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ การให้เหตุผล และ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ส่วนด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และ การแก้ปัญหา อยู่ในระดับปานกลาง

3. ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน พบว่า โดยภาพรวมนักเรียนเห็นด้วยอยู่ในระดับมากทั้งสามด้าน ดังนี้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ และด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ เรียงตามลำดับ

---



ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ 1. ..... 2. .....

47253310 : MAJOR : CURRICULUM AND SUPERVISION
KEY WORD : PROJECT APPROACH/MATHEMATICS PROCESS SKILLS
WANWILAI HONGTHONG : THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICS PROCESS SKILLS OF FOURTH GRADE STUDENTS TAUGHT BY PROJECT APPROACH. THESIS ADVISORS : ASST.PROF. SUTEP AUMCHAROEN, Ed.D. AND PRASERT MONGKOL, Ed.D. . 362 pp.

The purposes of this experimental research with one group pretest – posttest design were: 1) to compare learning outcomes on geometry of fourth grade students taught by project approach,2) to study the mathematics process skills of students taught by project approach and 3) to study the students' opinions toward project approach. The sample were 23 fourth grade students from Klongtonsai (suklom-utid) school Bangkok metropolitan in second semester of the academic year 2008. The research instruments used for gathering data were 1) lesson plans, 2) mathematics process skills evaluation form, 3) mathematics process skills test, 4) geometry learning outcomes test and 5) questionnaire. The statistical analysis employed were percentage(%),mean ($\overline{X}$), standard deviation (S.D.), t – test dependent and content analysis.

The results of this research were :

1. The learning outcomes on geometry of fourth grade students before and after being taught by project approach were statistically significant different at the 0.05 level; the students' learning outcomes after the instruction were higher than before the instruction.

2. The mathematics process skills of fourth grade students after being taught by project approach were at a high level. On the aspect of the communication, the reasoning and the connection were at a high satisfactory level but on the creativity and problem solving were at the moderate satisfactory level.

3. The students' opinions of fourth grade toward project approach were at a high agreement level in all aspects such as the learning activities, learning usefulness and learning environment respectively.


Student's signature .....
Thesis Advisors' signature 1. ..... 2. .....

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความอนุเคราะห์ และให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.สุเทพ อ่วมเจริญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร. มาเรียม นิลพันธุ์ และอาจารย์ดร.ประเสริฐ มงคล ซึ่งเป็นผู้ให้คำปรึกษาและเป็นผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.วัชรา เล่าเรียนดี ประธานกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์กาญจนา คุณารักษ์ ที่ช่วยชี้แนะด้วยความเมตตาและเอาใจใส่ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่าน จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 ท่าน ได้แก่ คุณครูปัญญา มิ่งแก้ว คุณครูรัตน์จณี ศิริบพิตร คุณครูพงษ์ศักดิ์ แพงคำอ้วน คุณครูจันทร์ตรี ฤกษ์ปฐมศักดิ์ คุณครูลักษมี สมจิตร และรองผู้อำนวยการนพดล ฤทธิโสม ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ให้มีประสิทธิภาพ

ขอกราบขอบพระคุณผู้บริหารโรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) และพี่ๆ ชาวคลองต้นไทรทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือให้คำแนะนำและสนับสนุน ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอขอบคุณพี่ปัญญา พี่ขวัญตา มิ่งแก้ว ที่ช่วยเหลือแนะนำผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย อีกทั้งเป็นธุระในการรับส่งงานให้กับผู้วิจัย ขอขอบคุณพี่นงค์รักษ์ สวัสดิ์ศรี ที่เสียสละชั่วโมงสอนให้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองในครั้งนี้ ขอขอบใจนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และ 5 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา คุณตา คุณยาย ซึ่งเป็นผู้เลี้ยงดูและให้โอกาสผู้วิจัยได้ศึกษาต่อ รวมทั้งญาติพี่น้องที่ใกล้ชิดทุกท่าน ที่ให้ความสนับสนุน ความรัก ความห่วงใย เป็นกำลังใจที่ดีให้ผู้วิจัยเสมอมา ขอขอบใจน้องชายที่รัก ที่อดทนและช่วยอำนวยความสะดวกพี่สาวเสมอ

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ นักศึกษาสาขาหลักสูตรและการนิเทศ 47 ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณพี่เบญจรัตน์ ปิ่นเวหาและครอบครัวที่คอยห่วงใจและติดตามงานผู้วิจัยอยู่เสมอ

ขอกราบขอบพระคุณทุกท่านที่มิได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือสนับสนุน และเป็นกำลังใจจนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จสมบูรณ์

คุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณา อนุเคราะห์และสนับสนุนด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัยตลอดมา

**สารบัญ**


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญแผนภูมิ ..... ฐ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่

1 บทนำ ..... 1

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา ..... 1

กรอบแนวคิดในการวิจัย ..... 8

วัตถุประสงค์ของการวิจัย ..... 11

คำถามการวิจัย ..... 11

สมมติฐานการวิจัย ..... 11

ขอบเขตการวิจัย ..... 11

นิยามศัพท์เฉพาะ ..... 12

2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ..... 14

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นบาน พุทธศักราช 2544 สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ .... 14

หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) : คณิตศาสคร์ ..... 20

เรขาคณิต ..... 30

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ..... 37

การพัฒนาทักษะกระบวนการแก้ปัญหา ..... 37

การพัฒนาทักษะกระบวนการให้เหตุผล ..... 42

การพัฒนาทักษะกระบวนการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ..... 50

การพัฒนาทักษะกระบวนการเชื่อมโยง ..... 54

การพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ..... 60

แนวการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ..... 74

บทที่ หน้า
การสอนคณิตศาสตร์ ..... 77
ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์ ..... 78
วิธีสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา ..... 86
วิธีสอนแบบโครงงาน ..... 95
ความหมายของโครงงาน ..... 95
จุดประสงค์ของการเรียนรู้ในรูปแบบของโครงงาน ..... 98
ประเภทของโครงงาน ..... 99
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ..... 100
ส่วนประกอบของโครงงาน ..... 111
การประเมินโครงงาน ..... 115
ประโยชน์ของโครงงาน ..... 117
โครงงานคณิตศาสตร์ ..... 118
วิธีสอนโครงงานคณิตศาสตร์ของครูต้นแบบ ..... 134
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 139
3 วิธีดำเนินการวิจัย ..... 145
การดำเนินการวิจัย ..... 145
ระเบียบวิธีวิจัย ..... 145
ตัวแปรที่ศึกษา ..... 146
เนื้อหา ..... 146
ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง ..... 146
แผนการวิจัย ..... 146
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ..... 147
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ..... 147
การดำเนินการทดลอง ..... 160
การวิเคราะห์ข้อมูล ..... 165
สรุปวิธีการดำเนินการวิจัย ..... 165

บทที่ หน้า

4 การวิเคราะห์ข้อมูล ..... 167
ตอนที่ 1 เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ สาระเรขาคณิต ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ..... 167
ตอนที่ 2 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ..... 168
ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ ..... 170
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ..... 174
สรุปผลการวิจัย ..... 175
อภิปรายผลการวิจัย ..... 176
ข้อเสนอแนะ ..... 183
บรรณานุกรม ..... 184
ภาคผนวก ..... 193
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย ..... 194
ภาคผนวก ข การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ..... 196
ภาคผนวก ค การตรวจสอบสมมติฐาน ..... 218
ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ..... 224
ประวัติผู้วิจัย ..... 362

**สารบัญตาราง**


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | เกณฑ์การประเมินและระดับคุณภาพในการประเมินคุณภาพการศึกษา (คณิตศาสตร์) ปีการศึกษา 2545 | 3 |
| 2 | เกณฑ์การประเมินและระดับคุณภาพในการประเมินผลสัมฤทธิ์นักเรียน ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน(คณิตศาสตร์) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 | 4 |
| 3 | โครงสร้างหลักสูตรสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนคลองต้นไทร | 22 |
| 4 | สาระการเรียนรู้รายปีและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | 28 |
| 5 | หน่วยการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ | 30 |
| 6 | เกณฑ์การให้คะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | 74 |
| 7 | หัวข้อเค้าโครงของโครงงาน | 104 |
| 8 | การเปรียบเทียบข้อเหมือนของการทำโครงงานกับวงจร P-D-C-A | 107 |
| 9 | เกณฑ์การพิจารณาประเมินผลโครงงานคณิตศาสตร์ ด้านความรู้ความเข้าใจ | 129 |
| 10 | เกณฑ์การพิจารณาประเมินผลโครงงานคณิตศาสตร์ ด้านการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางการศึกษา | 129 |
| 11 | เกณฑ์การพิจารณาประเมินผลโครงงานคณิตศาสตร์ด้านความคิดสร้างสรรค์ | 130 |
| 12 | เกณฑ์การพิจารณาประเมินผลโครงงานคณิตศาสตร์ด้านการเขียนรายงาน | 130 |
| 13 | เกณฑ์การพิจารณาประเมินผลโครงงานคณิตศาสตร์ด้านการจัดแสดง | 131 |
| 14 | การวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อสร้างแผนการเรียนรู้ | 148 |
| 15 | เกณฑ์การแปลความหมายของระดับคะแนนเฉลี่ย | 150 |
| 16 | เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน | 150 |
| 17 | เกณฑ์การแปลความหมายของระดับคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | 153 |
| 18 | เกณฑ์การแปลความหมายทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากคะแนนร้อยละ | 155 |
| 19 | วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาระการเรียนรู้/เนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เพื่อการออกข้อสอบ ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรขาคณิต | 155 |
| 20 | เกณฑ์การกำหนดค่าระดับความคิดเห็น | 158 |
| 21 | เกณฑ์การแปลค่าความหมายของค่าความคิดเห็น | 159 |
| 22 | สรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีสอนแบบโครงงาน | 161 |
| 23 | สรุปวิธีดำเนินการวิจัย | 166 |

ตารางที่ หน้า


24 เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ เรขาคณิต ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ..... 168

25 สรุปภาพรวมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากการเรียนรู้แบบโครงงาน รายด้าน ..... 168

26 คะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ..... 169

27 คะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน ..... 169

28 ระดับความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน..... 171

29 ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรขาคณิต 197

30 ค่าความยาก-ง่าย และค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ 199

31 ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ..... 201

32 ค่าดัชนีความสอดคล้องของเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน ..... 202

33 ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ..... 206

34 ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้..... 208

35 การปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ..... 215

36 การปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน ..... 216

37 การปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ..... 216

38 การปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรขาคณิต..... 217

39 การปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ..... 217

40 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน สาระเรขาคณิต ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ..... 219

41 ค่าสถิติการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ก่อนเรียน และหลังเรียน ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้โดยโครงงาน..... 220

ตารางที่ หน้า

42 คะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ..... 221
43 คะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน ..... 222
44 สรุปคะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ..... 223

**สารบัญแผนภูมิ**


| แผนภูมิที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | กรอบแนวคิดในการวิจัย | 10 |
| 2 | กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตร | 40 |
| 3 | ขั้นตอนการเรียนรู้ในรูปโครงงาน | 101 |
| 4 | ขั้นตอนการทำโครงงาน | 106 |
| 5 | ขั้นตอนการทำและเผยแพร่โครงงาน | 111 |
| 6 | ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีสอนแบบโครงงาน | 149 |
| 7 | การสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน | 153 |
| 8 | การสร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | 154 |
| 9 | ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรขาคณิต | 158 |
| 10 | ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน | 159 |
| 11 | ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน | 164 |

**สารบัญภาพ**


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ขั้นการมองเห็นภาพ (Visualization)..... | 31 |
| 2 | ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis) ..... | 31 |
| 3 | วิธีการนำเสนอจำนวนคี่ด้วยเลข 9 ..... | 45 |
| 4 | ลักษณะการเรียนรู้ตามแนวคิดของออซูเบล..... | 82 |
| 5 | ลักษณะของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส..... | 85 |
| 6 | แผงสำหรับแสดงโครงงาน ..... | 127 |

# บทที่ 1

# บทนำ

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

"ประเทศชาติของเราจะเจริญหรือเสื่อมลงนั้นย่อมขึ้นอยู่กับการศึกษาของประชาชนแต่ละคนเป็นสำคัญ ผลของการศึกษาอบรมในวันนี้จะเป็นเครื่องกำหนดอนาคตของชาติในวันข้างหน้า..." (พระบรมราโชวาทพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว, อ้างถึงใน กรมวิชาการ 2540: 79) จากพระบรมราโชวาทดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการศึกษานั้นเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง เนื่องด้วยการศึกษาเป็นหัวใจสำคัญในการพัฒนาคนอันเป็นทรัพยากรที่ทรงคุณค่าของสังคม ให้มีคุณภาพและมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างเป็นสุข ทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตามยุคสมัย ดังนั้นการศึกษาจึงต้องเป็นพลวัต คือต้องปรับเปลี่ยนให้ทันและสอดคล้องกับกระแสการเปลี่ยนแปลงของประเทศชาติและสังคมโลกอยู่ตลอดเวลา(วัฒนาพร ระงับทุกข์ 2541:1) ในปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกเป็นไปตามกระแสโลกาภิวัตน์ ประชากรทุกภูมิภาคสามารถหาข่าวสารความรู้ได้อย่างหลากหลาย อันเป็นผลมาจากความก้าวหน้าทางการสื่อสารโทรคมนาคม นอกจากนั้นแล้วทุกชาติยังต้องเผชิญกับการแข่งขันทางเศรษฐกิจ จึงมีการแสวงหาผลประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติโดยไม่จำกัดขอบเขต ก่อให้เกิดสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์โดยรวม อีกทั้งยังมีปัญหาสังคมต่างๆ เกิดขึ้นอย่างมากมาย ประเทศไทยจึงต้องปรับเปลี่ยนให้ทันต่อสถานการณ์เพื่อสร้างศักยภาพ ให้สามารถดำรงอยู่ในประชาคมโลกได้อย่างมีศักดิ์ศรีและสังคมส่วนรวมมีความสงบสุข ด้วยเหตุนี้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 จึงได้กำหนดเป้าหมายที่จะพัฒนาคุณภาพและสมรรถนะของคนให้เป็นคนดีมีสุขภาพพลานามัยที่ดีและมีส่วนร่วมในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งก็คือการพัฒนาคนเพื่อสร้างสังคมไทยให้เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ รู้เท่าทันโลก แข่งขันและร่วมมือ เป็นผู้มีสมรรถภาพ วินัย คุณธรรมตามหลักธรรมทางศาสนา เสรีภาพ ความยุติธรรม เมตตากรุณา คนมีความสุข ครอบครัวอบอุ่น ชุมชนเข้มแข็ง สังคมสันติ เศรษฐกิจสมดุล มีเสถียรภาพ สิ่งแวดล้อมยั่งยืน เคารพในสิทธิมนุษยชน ประเทศชาติมีความมั่นคง มีสันติกับเพื่อนบ้าน เพื่อนร่วมโลก และสันติกับธรรมชาติ ทั้งนี้ต้องอาศัยการศึกษามาเป็นกลไกพัฒนา เนื่องด้วยการศึกษาเป็นกระบวนการสำคัญในการพัฒนาคน ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการปฏิรูปการศึกษาโดยเฉพาะจัดกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด

อย่างเป็นระบบ เน้นการปฏิบัติมากกว่าการท่องจำ เพื่อให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และสร้างความรู้ ซึ่งเป็นพื้นฐานการเรียนรู้ในโลกแห่งอนาคต (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ 2548 : 1-2)

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 หมวด 4 มาตรา 22 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ และในมาตรา 24 ระบุว่าการจัดกระบวนการเรียนรู้ ให้จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็นทำเป็นและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่างๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน อำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกัน จากสื่อการเรียนการสอนและแหล่งวิทยาการประเภทต่างๆ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ 2542:12-14) สภาพสังคมโลกในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การศึกษาไทยจึงต้องปรับตัวให้ทันต่อกระแสการเปลี่ยนแปลงนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพ มีสติปัญญาเจริญงอกงาม เพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ประสบการณ์อื่นๆ ต่อไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำเนินชีวิตได้

คณิตศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์และยังเป็นพื้นฐานของวิทยาการแขนงต่างๆ เช่น วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ สังคมศาสตร์ ตลอดจนเทคโนโลยี เพราะการศึกษาวิชาคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการช่วยพัฒนาความคิดของนักเรียนให้เป็นลำดับขั้นตอนอย่างละเอียดถี่ถ้วน มีเหตุผล ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว อีกทั้งสามารถตรวจสอบได้ตามวิธีทางวิทยาศาสตร์ที่มีระเบียบวิธีและหลักเกณฑ์ที่แน่นอนในการแก้ปัญหาสอดคล้องกับ สิริพร ทิพย์คง (2545 : 1) ที่ว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ช่วยก่อให้เกิดความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทำให้โลกเจริญ เพราะจากการคิดค้นทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์ยังช่วยให้บุคคลเป็นคนที่สมบูรณ์เป็นพลเมืองที่ดี เพราะช่วยสร้างความมีเหตุผล ความเป็นคนช่างคิด ช่างริเริ่มสร้างสรรค์ รู้จักทำงานที่เป็นระบบระเบียบ มีการวางแผนในการทำงาน มีความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย และมีลักษณะของความเป็นผู้นำในสังคม

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้กำหนดสาระการเรียนรู้หลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคนประกอบด้วยเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ในการจัดการเรียนรู้ผู้สอนควรบูรณาการสาระต่างๆ เข้าด้วยกันเท่าที่จะเป็นไปได้ สาระที่เป็นองค์ความรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ประกอบด้วย สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ สาระที่ 2 การวัด สาระที่ 3 เรขาคณิต สาระที่ 4 พีชคณิต สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น สำหรับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระบุอยู่ในสาระที่ 6 ซึ่งประกอบด้วย 1) ทักษะการแก้ปัญหา 2) ทักษะการให้เหตุผล 3) ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ 4) ทักษะการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และ 5) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

จากสภาพการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ของประเทศไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน พบว่าการสอนวิชาคณิตศาสตร์ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ซึ่งจากข้อมูลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับประเทศในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และ 6 พบว่า ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน(General Achievement Test: GAT) ระดับประเทศในปีการศึกษา 2545 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต้องปรับปรุงร้อยละ 24.78 ระดับพอใช้ ร้อยละ 45.04 และในระดับดีมีเพียงร้อยละ 30.15 โดยใช้เกณฑ์การประเมินดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมิน และระดับคุณภาพในการประเมินคุณภาพการศึกษา (คณิตศาสตร์)

ปีการศึกษา 2545

| ระดับชั้น | คะแนนเต็ม | คะแนนจุดตัด | | ระดับคุณภาพ/ช่วงคะแนน | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ขั้นผ่าน | ขั้นสูง | ปรับปรุง | พอใช้ | ดี |
| ป.3 | 30 | 11 (36.67%) | 20 (66.67%) | 0-10 | 11-19 | 20-30 |
| ป.6 | 40 | 14 (35.00%) | 25 (62.50%) | 0-13 | 14-24 | 25-40 |

และจากการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน(General Achievement Test : GAT ) ในปีการศึกษา 2547 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต้องปรับปรุงร้อยละ 34.85 ระดับพอใช้ร้อยละ 45.17 และระดับดี มีเพียงร้อยละ 19.98 โดยใช้เกณฑ์การประเมินดังรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมิน และระดับคุณภาพในการประเมินผลสัมฤทธิ์นักเรียน
ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (คณิตศาสตร์)ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2547

| คะแนนเต็ม | คะแนนจุดตัด | | ระดับคุณภาพ/ช่วงคะแนน | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ขั้นผ่าน | ขั้นสูง | ปรับปรุง | พอใช้ | ดี |
| 40 | 14 (35.00%) | 24 (60.00%) | 0-13 | 14-23 | 24-40 |

ซึ่งเมื่อพิจารณาแยกสังกัดในส่วนของสำนักการศึกษากรุงเทพมหานคร ซึ่งโรงเรียนคลองต้นไทร (สุขล้อมอุทิศ)สังกัดอยู่ ใช้เกณฑ์การประเมินตามตารางที่ 1 พบว่า ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน(General Achievement Test : GAT ) ระดับประเทศ ปีการศึกษา 2545 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปรับปรุง ร้อยละ 26.86 ระดับพอใช้ร้อยละ 48.10 และในระดับดีมีเพียงร้อยละ 25.04 ส่วนผลการประเมินของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในปีเดียวกัน พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปรับปรุงร้อยละ 24.12 ระดับพอใช้ 56.43 และระดับดีมีเพียงร้อยละ 19.50 (สำนักทดสอบทางการศึกษา,ออนไลน์) และจากการประเมินผลการเรียนรู้ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) สำนักงานเขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร ในหลายปีการศึกษาที่ผ่านมา พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในเกณฑ์ไม่เป็นที่น่าพอใจ และมีแนวโน้มว่าร้อยละของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่น่าพอใจนี้จะเพิ่มขึ้นอีก โดยในปีการศึกษา 2548 ที่ผ่านมา นักเรียนร้อยละ 51.46 มีผลการเรียนอยู่ในระดับพอใช้(ผลการเรียนอยู่ในระดับ2) และอยู่ในระดับดี (ผลการเรียนอยู่ในระดับ 3-4 ) ร้อยละ48.54ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายของโรงเรียนที่กำหนดให้นักเรียนมีผลการเรียนอยู่ในระดับดีร้อยละ 60 ของนักเรียนทั้งหมด และจากการประเมินผลการเรียนรู้รายหน่วยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เรขาคณิต พบว่า เมื่อประเมินในภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่มีผลการเรียนรู้อยู่ในระดับพอใช้เท่านั้น

จากผลการประเมินดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า นักเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) ประสบปัญหาด้านผลการเรียนรู้ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งจากการศึกษาสาเหตุสำคัญพบว่าการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนเป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเนื้อหาเป็นหลักขาดการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายและคิดว่าเป็นวิชาที่ยาก ทั้งนี้เนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ต้องใช้ทักษะ วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีเนื้อหาส่วนใหญ่เป็นนามธรรมยากแก่การอธิบายและยกตัวอย่างให้ชัดเจน ทำให้การสอนบางครั้งไม่บรรลุวัตถุประสงค์และส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน (วันเพ็ญ ผลอุดม 2546 : 2) ซึ่งทักษะ

กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 5 ด้านนี้ ได้แก่ 1) ทักษะการแก้ปัญหา 2) ทักษะการให้เหตุผล 3) ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ 4) ทักษะการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ 5) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ แม้ไม่ใช่สาระหรือเนื้อหาแต่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก การสอนแต่ละสาระจะให้ได้ผลดี มีประสิทธิภาพต้องคำนึงถึงทักษะทั้ง 5 นี้ประกอบกัน ต้องพยายามจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ทักษะและเนื้อหามีความสัมพันธ์กัน (สุวัฒนา เอี่ยมอรพรรณ 2549 : 2) ดังนั้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ไม่อาจมองข้ามได้

เรขาคณิต เป็นวิชาที่ศึกษารูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิตทั้งสองมิติและสามมิติในระบบคณิตศาสตร์ ซึ่งพัฒนาทักษะการให้เหตุผลแบบนิรนัย ทักษะการสื่อสารและการแก้ปัญหาที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนและชีวิตประจำวัน(DeGnire 1987:59-68,อ้างถึงใน อาพันธ์ชนิต เจนจิต 2546 : 2) เรขาคณิตมีความสำคัญต่อการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริง ซึ่งปรากฏอยู่รอบตัวเราทั้งที่เป็นธรรมชาติและสิ่งสร้างสรรค์ของมนุษย์ที่ส่วนใหญ่มีรูปแบบทางเรขาคณิตหรือใช้ความรู้ทางเรขาคณิตมาเกี่ยวข้อง เช่น สิ่งประดิษฐ์ในงานก่อสร้าง นอกจากนี้เรขาคณิตยังมีบทบาทสำคัญต่อการศึกษาวิทยาการสาขาอื่นๆ อย่างมาก เช่น วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ สถาปัตยกรรมศาสตร์ ศิลปกรรมศาสตร์ ทั้งยังเชื่อมโยงกับขอบข่ายอื่นของคณิตศาสตร์ เช่น พีชคณิต การวัดและจำนวนอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการที่สภาแห่งชาติของครูคณิตศาสตร์สหรัฐอเมริกา (The National Council of Teachers of Mathematics (NCTM))( NCTM 2001 : 41, อ้างถึงใน อาพันธ์ชนิต เจนจิต 2546:3) ระบุว่า การเรียนเรขาคณิตมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล เป็นเครื่องมือสำคัญในการแก้ปัญหาในขอบข่ายอื่นๆ ของคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตจริง เนื้อหาเรขาคณิตโดยส่วนใหญ่จะสัมพันธ์กับชีวิตจริง สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ทั้งในเรื่องรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ซึ่งได้แก่ รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม วงกลมและทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก สมบัติของรูปเรขาคณิตในเรื่องเกี่ยวกับการหาขนาดของมุมและเส้นขนาน เรขาคณิตที่เกี่ยวกับการวัด ซึ่งได้แก่ ความยาวรอบรูป พื้นที่และปริมาตร นอกจากนี้ยังมีเรื่องรูปสามเหลี่ยมคล้ายและสมบัติของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ที่นำมาใช้ในการหาระยะทางและความสูงต่างๆ ได้ จะเห็นได้ว่า เรขาคณิตเป็นเนื้อหาวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญและสามารถพัฒนาควบคู่ไปกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้

การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ควรจัดสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับวุฒิภาวะ ความสนใจ และความถนัดของผู้เรียน เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ ได้คิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาอย่างเป็นกระบวนการ ตลอดจนปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมรู้ ร่วมคิด ร่วมทำ การจัดการเรียนรู้จึงควรจัดให้มีอย่าง

หลากหลาย (กระทรวงศึกษาธิการ, สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา 2548 : 11) สอดคล้องกับ Bolt and Hobbs (ยุพิน พิพิธกุล แปล 2540:2) กล่าวถึงความสำคัญในการเรียนคณิตศาสตร์ว่า ผู้เรียนควรจะเรียนคณิตศาสตร์ในเรื่องที่สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่และสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันให้เกิดความชื่นชมต่อสิ่งต่างๆในโลกได้มากยิ่งขึ้น

ในยุคสังคมที่มีความรู้เป็นฐาน (Knowledge-based society) เป็นสังคมที่ต้องมีคนในสังคมเป็นผู้เรียนรู้แบบตลอดชีวิตหรือเรียนรู้แบบยั่งยืน การพัฒนาเยาวชนคนไทยให้มีลักษณะดังกล่าวคือ การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ,การจัดการเรียนการสอนที่เน้นบูรณาการ, การจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการวิจัย เป็นต้น การจัดการเรียนรู้ทั้งหลายดังกล่าวข้างต้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้น ให้ผู้เรียนได้ประโยชน์สูงสุด เรียนรู้ตามความสนใจตามความถนัด เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เต็มศักยภาพของตน ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดดังกล่าวนั้นพบว่า วิธีสอนที่เน้นให้ผู้เรียนทำโครงงาน สามารถสนองแนวคิดได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากการสอนเน้นการทำโครงงานเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญอย่างแท้จริง และประโยชน์สำคัญอีกประการหนึ่งคือ เป็นวิธีสอนที่พัฒนาทักษะการคิดและกระบวนการคิด (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ 2548: คำนำ) จากความสำคัญดังกล่าว จึงมีการระบุในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ว่าสถานศึกษาต้องจัดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการปฏิบัติโครงงานอย่างน้อย 1 โครงงานในแต่ละช่วงชั้น ซึ่งในปัจจุบันการสอนให้นักเรียนทำโครงงานนั้นกำลังเป็นที่สนใจของสำนักการศึกษากรุงเทพมหานคร ดังจะเห็นได้จากนโยบายการจัดการศึกษาที่สนับสนุนให้มีการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน และใช้โครงงานเป็นร่องรอยหนึ่งในการประเมินการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน อีกทั้งยังส่งเสริมให้มีการจัดประกวดแข่งขันการทำโครงงานตามสาระการเรียนรู้ต่างๆ อีกด้วย โดยมีความเชื่อว่าโครงงานเป็นสิ่งหนึ่งที่สนับสนุนให้ผู้เกิดการเรียนรู้โดยการค้นพบ(Discovery Learning) ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง มีทักษะในการคิด ใช้เหตุผลจัดการกับปัญหาได้

การให้นักเรียนทำโครงงานคณิตศาสตร์เป็นการสอนตามเจตนารมณ์ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ที่ต้องการให้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้นักเรียนรู้จักนำประสบการณ์และความรู้มาใช้แก้ปัญหาหรือข้อสงสัยในเรื่องที่ตนเองสนใจ การทำโครงงานเปรียบเสมือนเป็นการทำงานวิจัยเล็ก ๆ สำหรับนักเรียน มีขั้นตอนการเขียนคล้ายกับรายงานการวิจัย แต่เนื้อหาที่เขียนไม่ละเอียดเท่า จะเขียนเฉพาะจุดที่นักเรียนสนใจจะศึกษาเท่านั้น และจะศึกษาเพียงจุดเล็ก ๆที่เหมาะสมกับความรู้พื้นฐานของนักเรียน วัย และเวลาเท่านั้น (กิตติ พัฒนตระกูลสุข 2543 , อ้างถึงใน วัฒนา เอี่ยวเส็ง 2544 : 4)

การสอนโครงงานคณิตศาสตร์จะส่งเสริมและฝึกฝนให้นักเรียนได้รู้วิธีการศึกษาค้นคว้า ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองภายใต้การดูแลให้คำปรึกษาของครูทำให้นักเรียนแสดงออกถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ได้ประมวลความรู้และนำความรู้ความสามารถ ตลอดจนกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาอย่างครบถ้วน ก่อให้เกิดความรู้ ความคิด การประดิษฐ์ คิดค้น และการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆเป็นการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างแท้จริง (ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล ม.ป.ป. : 5 )

การจัดทำโครงงานคณิตศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งในการเสริมทักษะการเรียนรู้ เป็นการฝึกปฏิบัติจริง ไม่ใช่เป็นการเพิ่มเนื้อหาให้ผู้เรียน แต่เป็นการฝึกปฏิบัติงานที่ให้ผู้เรียนหาข้อสรุป เผยแพร่หรือนำเสนอรายงานข้อค้นพบด้วยตนเอง เป็นการส่งเสริมให้ผู้ทำโครงงานได้คิดอย่างอิสระในเรื่องที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ โครงงานคณิตศาสตร์จึงเป็นกิจกรรมหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนนำกระบวนการเรียนรู้มาประยุกต์ใช้และปฏิบัติจริงให้เข้ากับเรื่องใกล้ตัว และเป็นพื้นฐานของการวิจัยที่ช่วยพัฒนาทักษะและแสวงหาความรู้เพื่อเป็นการเตรียมสร้างนักวิจัยอีกทางหนึ่งนั่นเอง (สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทย 2541, อ้างถึงใน วัฒนา เอี่ยวเส็ง 2544 : 3)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ผลการวิจัยของนักการศึกษาหลายท่านสอดคล้องและเป็นที่ยอมรับกันว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาผู้เรียนทั้งในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านทักษะกระบวนการ และด้านเจตคติที่มีต่อการเรียน ดังมีผู้ให้ความเห็นไว้ดังนี้ ผลการวิจัยของนุจรินทร์ คำแพง ( 2544 ) สอดคล้องกับเบญญา ศรีดารา (2544) พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยโครงงานช่วยพัฒนานักเรียนทั้งในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ จากผลงานวิจัยของปริวัติ สิงหาเวช (2548 ) พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานสามารถพัฒนา ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนได้อีกด้วย บุรัช แก้วแสนเมือง (2544), ศุภสิริ โสมาเกตุ (2544), สุธาทิพย์ สุดหนองบัว (2545) และราตรี ทองสามสี (2547) มีผลการวิจัยที่สอดคล้องกันว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน นอกจากช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้ว ยังช่วยส่งเสริมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ อีกทั้งนักเรียนยังมีเจตคติที่ดีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ผลการวิจัยของ รุ่งทิวา สิงหัดชัย (2547 ) ซึ่งสอดคล้องกับศักดิ์ดา ศรีผาวงศ์ (2547 ) พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิธีหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น มีความคงทนในการเรียน มีการพัฒนาความสามารถด้านทักษะกระบวนการแก้ปัญหา การสื่อสารสื่อความหมาย การนำเสนอ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีการพัฒนาคุณลักษณะอันพึงประสงค์ Krajick (1994 : 483-497, อ้างถึงใน ศักดิ์ดา ศรีผาวงศ์ 2547 : 63-64) พบว่า การสอนโครงงานเป็นการพัฒนาความคิดรวบยอดและมนุษยสัมพันธ์ทาง

วิชาการของนักเรียนที่ได้เป็นอย่างดี กรีนวู้ด (Greenwood 2004 : Abstract) , ฮาร์แกรฟ (Hargrave 2004 : Abstract ) และ นีซ (Niesz 2004 : Abstract ) มีผลการศึกษาที่สอดคล้องกันว่า การเรียนรู้ด้วยโครงงานทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ส่งเสริมการบรรยากาศการเรียนรู้ร่วมกันและช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยและเอกสารต่างๆ จึงพอสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติจริงช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการ ตลอดจนเจตคติที่มีต่อการเรียนนับได้ว่าโครงงานเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ และมีความสำคัญ ด้วยเหตุนี้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 จึงได้ระบุว่า ในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละช่วงชั้นสถานศึกษาต้องจัดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการปฏิบัติโครงงานอย่างน้อย 1 โครงงาน

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผลการเรียนรู้ เรขาคณิต และศึกษาความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงผลการเรียนรู้สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ต่อไป

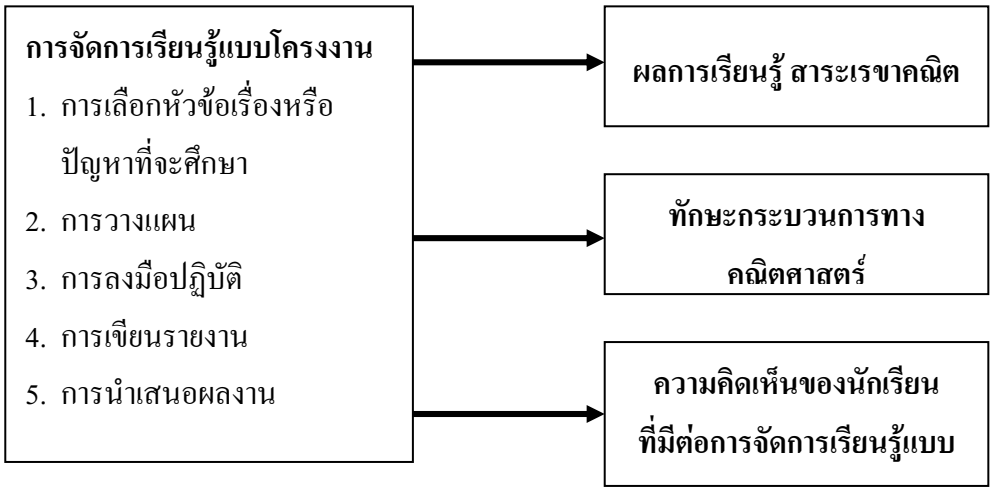
**กรอบแนวคิดในการวิจัย**

จากการศึกษาค้นคว้าการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน พบว่าการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ได้ จากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นวิธีหนึ่งที่ตอบสนองความต้องการในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นวิธีที่เน้นการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทำให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการที่หลากหลายในการแก้ปัญหาที่เกิดจากความสนใจของผู้เรียนเอง นับเป็นรูปแบบการสอนที่มีประสิทธิภาพรูปแบบหนึ่ง โดยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ศึกษา ได้แก่ 1)ทักษะการแก้ปัญหา 2) ทักษะการให้เหตุผล 3) ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ 4) ทักษะการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ 5)ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยเลือกใช้เนื้อหาในหน่วยที่ 3 เรขาคณิตของระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มาใช้ในการทำโครงงาน เนื่องจากเนื้อหาสาระเกี่ยวกับเรขาคณิต มีความหลากหลาย อีกทั้งยังสามารถสะท้อนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้อีกด้วย จึงมีความเหมาะสมที่จะนำเนื้อหานี้นำมาใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน และจากการศึกษาค้นคว้าแนวคิดและงานวิจัยต่างๆ เพื่อ

เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน มีรายละเอียดดังนี้ แคทซ์ และชาร์ด (Katz and Chard 1989 : 105) ได้เสนอขั้นตอนการทำโครงงานเป็น 3 ระยะดังนี้ระยะที่ 1 Getting Started เป็นการอภิปรายเพื่อเลือกหัวข้อเรื่องที่จะศึกษา โดยหัวข้อนั้นอาจมากจากการเขียนแผนที่ความคิด , การระดมสมองของผู้เรียน โดยควรเป็นเรื่องเกี่ยวกับชีวิตประจำวันที่ใกล้ตัวผู้เรียน การกำหนดเป้าหมายการศึกษาอาจกำหนดโดยผู้เรียนหรือผู้สอน ระยะที่ 2 Field Work เป็นการลงมือปฏิบัติค้นหาข้อมูล นับเป็นหัวใจสำคัญของการทำโครงงาน ระยะที่ 3 Culminating and Debriefing Events เป็นการนำเสนอผลงานที่ศึกษาค้นคว้า กันทิมา เอมประเสริฐ (2542 : 74 ) ศึกษาการพัฒนาคู่มือการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานในระดับประถมศึกษาแบ่งวิธีการสอนแบบโครงงานเป็น 4 ระยะคือ 1) เตรียมวางแผน 2) เริ่มต้นโครงงาน 3) พัฒนาโครงงาน 4) สรุปผลโครงงาน สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ ( 2542:13-14) ได้เสนอการเรียนรู้ในรูปโครงงาน มีขั้นตอนดังนี้ 1) กำหนดหัวข้อที่จะศึกษา ถ้าเป็นชั้นต้นๆ ควรจะเป็นเรื่องใกล้ตัวที่เกี่ยวข้องกับประสบการณ์แต่ละวันอย่างน้อยที่สุดผู้เรียนควรมีความคุ้นเคยกับหัวเรื่องนั้น ซึ่งจะทำให้สามารถตั้งคำถามกับเรื่องนั้น ควรจะเป็นเรื่องที่ต้องใช้เวลาในการศึกษา และควรเป็นเรื่องที่เหมาะจะดำเนินการที่สถานศึกษามากกว่าที่จะทำที่บ้าน เช่น การศึกษาแมลงชนิดต่าง ๆ ในท้องถิ่น 2) สร้างแผนที่ความคิด ถ้าทำงานเป็นกลุ่มใช้การระดมสมอง เพื่อให้เห็นโครงข่ายของหัวข้อ และมีหัวข้อย่อยรวมอยู่ด้วย จะช่วยให้สามารถสรุปความคืบหน้าได้ตามกระบวนการเรียนรู้ของโครงงาน คำถามที่ผู้เรียนตั้งจะหาคำตอบได้ โดยผ่านการศึกษาค้นคว้าในช่วงแรกผู้เรียนจะนำเอาประสบการณ์ในอดีตมาสัมพันธ์กับหัวข้อที่จะศึกษา 3) การทำงานภาคสนาม ประกอบด้วยการศึกษาค้นคว้าโดยตรง ซึ่งมักจะรวมไปถึงการเดินทางเข้าพื้นที่เพื่อสำรวจ ซึ่งเป็นช่วงที่สำคัญของการเรียนในรูปโครงงานนี้ ผู้เรียนจะศึกษาค้นคว้ารับรู้ได้จากการสังเกตอย่างใกล้ชิด สร้างแบบจำลอง บันทึกสิ่งที่สำรวจ การคาดคะเนรวมทั้งการอภิปรายและการแสดงละครเพื่อสื่อความเข้าใจแบบใหม่ 4) การสรุป ซึ่งเป็นกิจกรรมขั้นสุดท้ายประกอบด้วยการจัดเตรียม และการเสนอบันทึกรายงานของผลที่ได้ ในรูปแบบของการแสดงให้เห็นสิ่งที่ค้นพบและสิ่งที่ทำขึ้น การพูดคุย การเสนอในรูปการละคร หรือแนะนำชวนชมสิ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้นมา สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ และคณะ ( 2546: 231-233 ) เสนอขั้นตอนการทำโครงงานดังนี้ 1) การวางแผน คือ สร้างแผนที่ความคิดและใช้เทคนิค 5WH ให้ครอบคลุมสาระของโครงงาน คือ Who (ใครทำอะไร), Why (ทำไมต้องทำ), Where (ทำที่ไหน), When (ทำเมื่อไร), What (ทำอะไร), และ How (ทำอย่างไร) 2) การปฏิบัติ เป็นการทำโครงงานตามขั้นตอนที่วางไว้ 3) การเขียนรายงาน 4) การนำเสนอ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอโครงงานและได้รับฟังข้อเสนอแนะจากผู้อื่น นันทิยา คุมพล (2545: 8-9) กล่าวถึง ขั้นตอนการทำโครงงานโดยทั่วไปประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้น คือ 1) การคิดการศึกษาค้นคว้า การสำรวจ การ

สอบถาม เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา และหรือพัฒนาให้ดีขึ้น 2) การวางแผนการดำเนินงานตั้งแต่เริ่มต้นจนจบให้เห็นภาพตลอดแนวแล้วเขียนโครงงาน 3) การดำเนินงานเริ่มตั้งแต่การนำเค้าโครงงานไปสู่การปฏิบัติ การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และประมวลผล 4) การเขียนรายงาน ซึ่งมีสาระสำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนประกอบตอนต้น (ปก คำนำ สารบัญ) ส่วนเนื้อหา (ความเป็นมา วัตถุประสงค์ ผลที่คาดว่าจะได้ แนวคิดทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ระเบียบวิธีการดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสรุปผล) ส่วนอ้างอิง (บรรณานุกรม ภาคผนวก) หรืออาจเขียนเป็นรายงานสรุปก็ได้ประกอบด้วย ความเป็นมา วัตถุประสงค์ระเบียบวิธีดำเนินงาน สรุปผลการศึกษา บรรณานุกรม และภาคผนวก 5) การนำเสนอผลงาน เป็นการเผยแพร่ข้อค้นพบจากการดำเนินงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การจัดบอร์ด จัดนิทรรศการนำเสนอในที่ประชุมสัมมนา จัดพิมพ์เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ในการอ้างอิงหรือปฏิบัติจริง ราตรี ทองสามสี (2547:6) มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นนำ 2) ขั้นกำหนดจุดมุ่งหมาย 3) ขั้นวางแผน 4) ขั้นดำเนินการตามแผน และ5) ขั้นนำเสนอและประเมินผล รุ่งทิวา สิงหัดชัย (2547) มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน 5 ขั้นตอน คือ 1) การเลือกเรื่องหรือประเด็นปัญหา 2) การกำหนดจุดประสงค์ 3) การกำหนดวิธีการศึกษา 4) ลงมือปฏิบัติ 5) การรายงานและนำเสนอข้อมูล ศักดิ์ดา ศรีผาวงศ์ (2547) มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน 6 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเผชิญปัญหา 2) ขั้นรวบรวมข้อมูล 3) ขั้นมีปฏิสัมพันธ์ 4) ขั้นลงมือปฏิบัติ 5) ขั้นสรุปผล 6) ขั้นนำเสนอผลงาน

จากแนวคิดและหลักการข้างต้นผู้วิจัยจึงได้สังเคราะห์วิธีการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนคือ 1) การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา 2) การวางแผน 3) การลงมือปฏิบัติ 4)การเขียนรายงาน และ 5) การนำเสนอผลงาน ตามกรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้ ดังแผนภูมิที่ 1




แผนภูมิที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ สาระ เรขาคณิต ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

2. เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

**คำถามการวิจัย**

1. ผลการเรียนรู้ สาระ เรขาคณิต ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานแตกต่างกันหรือไม่

2. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงานอยู่ในระดับใด

3. นักเรียนมีความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นอย่างไร

**สมมติฐานการวิจัย**

ผลการเรียนรู้ สาระ เรขาคณิต ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานแตกต่างกัน

**ขอบเขตการวิจัย**

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2551 ของโรงเรียนในกลุ่มมหาสวัสดิ์ สำนักงานเขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร จำนวน 6 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) จำนวน 45 คน,โรงเรียนตั้งพิรุฬห์ธรรม จำนวน 118 คน,โรงเรียนคลองทวีวัฒนา จำนวน 115 คน,โรงเรียนวัดปุรณาวาส จำนวน 123 คน, โรงเรียนคลองบางพรหม จำนวน 53 คนและโรงเรียนคลองมหาสวัสดิ์ จำนวน 48 คน รวมทั้งสิ้น 502 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) สำนักงานเขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 23 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่

2.2.1 ผลการเรียนรู้ สาระ เรขาคณิต

2.2.2 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.2.3 ความคิดเห็น ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

3. เนื้อหา

เนื้อหาที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สาระที่ 3 เรขาคณิต ตามหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) สำนักงานเขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ระหว่างวันที่ 15 ธันวาคม 2551 - 4 กุมภาพันธ์ 2552 เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ๆ ละ 3 ชั่วโมง รวม 16 ชั่วโมง

**นิยามศัพท์เฉพาะ**

**1. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์** หมายถึง คะแนนความสามารถในการปฏิบัติงานและกิจกรรมต่าง ๆ ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ซึ่งประเมินโดยแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ ประกอบด้วย

1.1 การแก้ปัญหา หมายถึง คะแนนความสามารถของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่4 ในการใช้กระบวนการต่างๆ ของนักเรียนในการหาคำตอบของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจ ประกอบด้วย ความสามารถในการศึกษาปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจ การวางแผนและการดำเนินการตามแผนการ การประเมินและการเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการทำงาน

1.2 การให้เหตุผล หมายถึง คะแนนความสามารถของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่4 ในการแสดงแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการสร้างหลักการ การอ้างอิง และเสนอแนวคิด ประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล

1.3 การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ หมายถึง คะแนนความสามารถของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่4 ในการถ่ายทอดเรื่องราวต่างๆอาจเป็นภาษาพูด หรือการเขียนเพื่อแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนให้ผู้อื่นเข้าใจได้ชัดเจน สามารถใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ กราฟ แผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูล

1.4 ทักษะการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หมายถึงคะแนนความสามารถของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในการผสมผสานแนวความคิด ความรู้ ความเข้าใจ และทักษะต่างๆ จากสิ่งที่ได้เรียนมาแล้ว นำไปสร้างความสัมพันธ์ความเกี่ยวข้อง หรือการนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่างๆ ได้

1.5 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ หมายถึง คะแนนความสามารถทางความคิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีลักษะแปลกใหม่แตกต่างไปจากเดิม อันจะนำไปสู่การค้นพบและการประดิษฐ์สิ่งที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์

**2. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน** หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติจริง เป็นการศึกษาค้นคว้าตามความสนใจ เพื่อตอบสนองความสงสัยหรือปัญหาที่เกิดขึ้นโดยมีการศึกษาอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนและกระบวนการที่ต่อเนื่อง โดยมีครูเป็นผู้คอยกระตุ้น แนะนำ และให้คำปรึกษา ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนคือ 1) การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา 2) การวางแผน 3) การลงมือปฏิบัติ 4) การเขียนรายงาน และ 5) การนำเสนอผลงาน

**3. ผลการเรียนรู้สาระเรขาคณิต** หมายถึง คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ สาระ เรขาคณิต ประกอบด้วย เรื่องส่วนของระนาบ จุด ส่วนของเส้นตรง เส้นตรง และรังสี มุม จุดยอดมุม แขนของมุม การเรียกชื่อมุม รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก เส้นทแยงมุม เส้นขนาน ส่วนประกอบของรูปวงกลมและสมบัติพื้นฐานของรูปวงกลม รูปที่มีแกนสมมาตร และการประดิษฐ์ลวดลายโดยใช้รูปเรขาคณิต

**4. ความคิดเห็นของนักเรียน** หมายถึง ความรู้สึกนึกคิดของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ด้านบรรยากาศการจัดการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน และประโยชน์ที่ได้รับจากจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ในการวิจัยครั้งนี้ประเมินโดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็น

**5. นักเรียน** หมายถึง ผู้ที่เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ของโรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) สำนักงานเขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร

# บทที่ 2

# วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเสนอผลการศึกษาค้นคว้าตามรายละเอียดดังต่อไปนี้ 1) หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 : สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 2) หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ)และหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 3) เรขาคณิต 4) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5) การสอนคณิตศาสตร์ 6) วิธีสอนแบบโครงงาน และ 7) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 : สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เป็นหลักสูตรแกนกลางของประเทศมีจุดประสงค์ที่จะพัฒนาคุณภาพของนักเรียน ให้เป็นคนดี มีปัญญา มีคุณภาพชีวิตที่ดี มีขีดความสามารถในการแข่งขันโดยในการจัดการศึกษาจะมุ่งเน้นความสำคัญทั้งด้านความรู้ ความคิด ความสามารถ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ และความรับผิดชอบต่อสังคม เพื่อพัฒนาคนให้มีความสมดุล โดยยึดหลักผู้เรียนสำคัญที่สุด ทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้

**ธรรมชาติ/ลักษณะเฉพาะ**

คณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นนามธรรม มีโครงสร้างซึ่งประกอบด้วยคำนิยาม บทนิยาม สัจพจน์ที่เป็นข้อตกลงเบื้องต้น จากนั้นจึงใช้การให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลสร้างทฤษฎีบทต่างๆ ขึ้นและนำไปใช้อย่างเป็นระบบ คณิตศาสตร์มีความถูกต้องเที่ยงตรง คงเส้นคงวา มีระเบียบแบบแผนเป็นเหตุเป็นผล และมีความสมบูรณ์ในตัวเอง

**วิสัยทัศน์การเรียนรู้**

การศึกษาคณิตศาสตร์สำหรับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เป็นการศึกษาเพื่อปวงชนที่เปิดโอกาสให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่อง และตลอดชีวิตตามศักยภาพ ทั้งนี้เพื่อให้เยาวชนเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่พอเพียง สามารถนำความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นไปพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งสามารถนำไปเป็นเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ และเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาต่อ

ดังนั้นจึงเป็นความรับผิดชอบของสถานศึกษาที่ต้องจัดสาระการเรียนรู้ที่เหมาะสมแก่ผู้เรียนแต่ละคน ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

สำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ และต้องการเรียนคณิตศาสตร์มากขึ้น ให้ถือเป็นหน้าที่ของสถานศึกษา ที่จะต้องจัดโปรแกรมการเรียนการสอนให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้คณิตศาสตร์เพิ่มเติมตามความถนัดและความสนใจ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ที่ทัดเทียมกับนานาอารยประเทศ

**คุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบการศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

เมื่อผู้เรียนจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน 12 ปีแล้ว ผู้เรียนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ ตระหนักถึงคุณค่าของคณิตศาสตร์ และสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปพัฒนาคุณภาพชีวิต ตลอดจนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และเป็นพื้นฐานในการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น

การที่ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีคุณภาพนั้นจะต้องมีความสมดุลระหว่างสาระทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ ควบคู่ไปกับคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม ดังนี้

1. มีความรู้ความเข้าใจในคณิตศาสตร์พื้นฐานเกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการ การวัด เรขาคณิต พีชคณิต การวิเคราะห์ข้อมูล และความน่าจะเป็น พร้อมทั้งสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ได้

2. มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

3. มีความสามารถในการทำงานอย่างเป็นระบบ มีระเบียบวินัย มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ มีวิจารณญาณ มีความเชื่อมั่นใจตนเอง พร้อมทั้งตระหนักในคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์

**คุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบช่วงชั้นที่ 2 (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6)**

เมื่อผู้เรียนจบการเรียนช่วงชั้นที่ 2 ผู้เรียนควรจะมีความสามารถดังนี้

1. มีความคิดรวบยอด และความรู้สึกเชิงจำนวนเกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการของจำนวน สามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ เศษส่วน ทศนิยมและร้อยละ พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้และสร้างโจทย์ได้

2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติต่างๆของจำนวนพร้อมทั้งสามารถนำความรู้ไปใช้ได้

3. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตร และความจุ สามารถวัดปริมาณดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

4. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบรูปและอธิบายความสัมพันธ์ได้

5. สามารถวิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหาพร้อมทั้งเขียนให้อยู่ในรูปของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และแก้สมการได้

6. เก็บรวบรวมข้อมูลและนำเสนอในรูปแผนภูมิต่างๆ สามารถอภิปรายประเด็นต่างๆ จากแผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิแท่ง แผนภูมิรูปวงกลม ตาราง และกราฟ รวมทั้งใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นเบื้องต้นในการอภิปรายเหตุการณ์ต่างๆ ได้

7. มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลายและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม การให้เหตุผล การสื่อสาร สื่อความหมายและการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ การมีความคิดริเริ่มสรรค์และการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์

**สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

สาระการเรียนรู้ที่กำหนดไว้นี้เป็นสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคนประกอบ ด้วยเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ในการจัดการเรียนรู้ผู้สอนควรบูรณาการสาระต่างๆ เข้าด้วยกันเท่าที่จะเป็นไปได้

สาระที่เป็นองค์ความรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ประกอบด้วย

สาระที่ 1 : จำนวนและการดำเนินการ

สาระที่ 2 : การวัด

สาระที่ 3 : เรขาคณิต

สาระที่ 4 : พีชคณิต

สาระที่ 5 : การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

สาระที่ 6 : ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

สำหรับผู้เรียนที่มีความสนใจหรือมีความสามารถสูงทางคณิตศาสตร์ สถานศึกษาอาจจัดให้ผู้เรียนเรียนรู้สาระที่เป็นเนื้อหาวิชาให้กว้างขึ้น เข้มข้นขึ้น หรือฝึกทักษะกระบวนการมากขึ้น โดยพิจารณาจากสาระหลักที่กำหนดไว้นี้ หรือสถานศึกษาอาจจัดสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์อื่นๆ เพิ่มเติมก็ได้ เช่น แคลคูลัสเบื้องต้น หรือทฤษฎีกราฟเบื้องต้น โดยพิจารณาให้เหมาะสมกับความสามารถและความต้องการของผู้เรียน

**แนวการจัดการเรียนรู้**

ในการจัดการเรียนรู้กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ และสามารถนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์เพื่อพัฒนาคุณภาพของชีวิตและพัฒนาคุณภาพของสังคมไทยให้ดีขึ้นนั้นผู้จัดควรคำนึงถึงความเหมาะสมและความจำเป็นในหลายๆด้าน ได้แก่ ความพร้อมของสถานศึกษาในด้านบุคลากร ผู้บริหาร ผู้สอน ผู้เรียน และสิ่งอำนวยความสะดวก การจัดสาระการเรียนรู้จะต้องจัดให้สอดคล้องกับสาระของกลุ่มคณิตศาสตร์ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544

สถานศึกษาต้องจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุมาตรฐานการเรียนรู้ และมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่กำหนดไว้ในหลักสูตร นอกจากนี้สถานศึกษาสามารถจัดสาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนเพิ่มขึ้นจากที่กำหนดไว้ในหลักสูตรก็ได้ การจัดการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ และมุ่งหวังให้ผู้เรียนบรรลุมาตรฐานการเรียนรู้ของกลุ่มคณิตศาสตร์ คำนึงถึงองค์ประกอบต่อไปนี้

1. ปัจจัยสำคัญของการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ปัจจัยด้านผู้บริหาร ผู้สอน ผู้เรียน และสภาพแวดล้อม

2. แนวคิดพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้ คือการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ได้ศึกษาค้นคว้าจากสื่อ และเทคโนโลยีต่างๆ โดยอิสระ ผู้สอนมีส่วนช่วยในการจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้สอนทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำและชี้แจงในข้อบกพร่องของผู้เรียน การจัดกิจกรรมควรให้ผู้เรียนมีโอกาสเรียนรู้จากการปฏิบัติ โดยฝึกการสังเกต ฝึกให้เหตุผล และหาข้อสรุปจากสื่อรูปธรรม และขยายวงความรู้สู่นามธรรมให้กว้างขึ้นสูงขึ้นตามความสามารถของผู้เรียน

3. รูปแบบของการจัดการเรียนรู้ รูปแบบของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีหลายรูปแบบ ผู้สอนสามารถนำไปจัดให้เหมาะสมกับเนื้อหา และเวลาเรียนของผู้เรียนได้ดังนี้

3.1 การเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง

3.2 การเรียนรู้จากการใช้คำถามประกอบการอธิบายและแสดงเหตุผล

3.3 การเรียนรู้จากการศึกษาค้นคว้า

3.4 การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

**การประเมินผลการเรียนรู้**

การประเมินผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการที่ช่วยให้ได้ข้อมูลสารสนเทศ ซึ่งแสดงถึงพัฒนาการและความก้าวหน้าในการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ คือ

1. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการ การวัด เรขาคณิต พีชคณิต การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น รวมทั้งการนำความรู้ดังกล่าวไปประยุกต์

2. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยง และการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

**หลักการของการประเมินผลการเรียนรู้**

การประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ยึดหลักการสำคัญดังนี้

1. การประเมินผลต้องกระทำอย่างต่อเนื่องและควบคู่ไปกับกระบวนการเรียนการสอน ผู้สอนควรใช้งานหรือกิจกรรมคณิตศาสตร์เป็นสิ่งเร้าให้ผู้เรียนเข้าไปมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และใช้การถามคำถาม นอกจากการถามเพื่อตรวจสอบและส่งเสริมความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้ว ควรถามคำถามเพื่อตรวจสอบ และส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้วยการกระตุ้นด้วยคำถามซึ่งเน้นกระบวนการคิดทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนด้วยกัน และระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ผู้เรียนมีโอกาสได้พูดแสดงความคิดเห็นของตน แสดงความเห็นพ้องและโต้แย้ง เปรียบเทียบวิธีการของตนกับของเพื่อนเพื่อเลือกวิธีการที่ดีในการแก้ปัญหา ด้วยหลักการเช่นนี้ทำให้ผู้สอนสามารถใช้คำตอบของผู้เรียนเป็นข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ ความเข้าใจ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

2. การประเมินผลต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์และเป้าหมายการเรียนรู้ จุดประสงค์และเป้าหมายการเรียนรู้ในที่นี้เป็นจุดประสงค์และเป้าหมายที่กำหนดไว้ในระดับชั้นเรียน ระดับสถานศึกษา และระดับชาติในลักษณะของสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ที่ประกาศไว้ในหลักสูตร เป็นหน้าที่ของผู้สอนที่ต้องประเมินผลตามจุดประสงค์ และเป้าหมายการเรียนรู้เหล่านี้เพื่อให้สามารถบอกได้ว่าผู้เรียนบรรลุผลการเรียนรู้ตามมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ผู้สอนต้องแจ้งจุดประสงค์และเป้าหมายการเรียนรู้ในแต่ละเรื่องให้ผู้เรียนทราบ เพื่อให้ผู้เรียนเตรียมพร้อมและปฏิบัติตนให้บรรลุจุดประสงค์และเป้าหมายที่กำหนด

3. การประเมินผลทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญเท่าเทียมกับการวัดความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหา ผู้สอนต้องออกแบบงานหรือกิจกรรมซึ่งส่งเสริมให้เกิดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์อาจใช้วิธีการสังเกต สัมภาษณ์ หรือตรวจสอบคุณภาพผลงาน เพื่อประเมินความสามารถของผู้เรียน งาน หรือกิจกรรมการเรียนบางกิจกรรม อาจครอบคลุมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์หลายด้าน งาน หรือกิจกรรมจึงควรมีลักษณะต่อไปนี้

3.1 สาระในงานหรือกิจกรรมอาศัยการเชื่อมโยงความรู้หลายเรื่อง

3.2 ทางเลือกในการดำเนินงานหรือแก้ปัญหามีได้หลายวิธี

3.3 เงื่อนไขหรือสถานการณ์ปัญหามีลักษณะเป็นปัญหาปลายเปิด ที่ให้ผู้เรียนที่มีความสามารถต่างกันมีโอกาสแสดงกระบวนการคิดตามความสามารถของตน

3.4 งานหรือกิจกรรมต้องเอื้ออำนวยให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอในรูปการพูด การเขียน การวาดรูป เป็นต้น

3.5 งานหรือกิจกรรมที่ใกล้เคียงสภาพจริงหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เพื่อให้ผู้เรียนตระหนักในคุณค่าของคณิตศาสตร์

4. การประเมินผลการเรียนรู้ต้องนำไปสู่ข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับผู้เรียนรอบด้าน การประเมินผลการเรียนรู้มิใช่เป็นเพียงการให้นักเรียนทำแบบทดสอบในช่วงเวลาที่กำหนดเท่านั้นแต่ควรใช้เครื่องมือวัด และวิธีการที่หลากหลาย เช่น การทดสอบ การสังเกต การสัมภาษณ์ การมอบหมายงานให้ทำเป็นการบ้าน การทำโครงงาน การเขียนบันทึกโดยผู้เรียน การให้ผู้เรียนจัดทำแฟ้มสะสมงานของตนเอง หรือการให้ผู้เรียนประเมินตนเอง การใช้เครื่องมือวัดและวิธีการที่หลากหลาย จะทำให้ผู้สอนมีข้อมูลรอบด้านเกี่ยวกับผู้เรียน เพื่อนำไปตรวจสอบกับจุดประสงค์และเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

5. การประเมินผลการเรียนรู้ต้องเป็นกระบวนการที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น ในการปรับปรุงความสามารถด้านคณิตศาสตร์ของตน การประเมินผลที่ดีโดยเฉพาะการประเมินผลระหว่างเรียน ต้องทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น คิดปรับปรุงข้อบกพร่อง และพัฒนาความสามารถด้านคณิตศาสตร์ของตนให้สูงขึ้น เป็นหน้าที่ของผู้สอนที่ต้องสร้างเครื่องมือวัดหรือวิธีการที่ท้าทาย และส่งเสริมกำลังใจแก่ผู้เรียนในการขวนขวายเรียนรู้เพิ่มขึ้น

การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมินตนเอง ด้วยการสร้างงานหรือกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมบรรยากาศให้เกิดการไตร่ตรองถึงความสำเร็จ หรือความล้มเหลวในการทำงานของตนได้อย่าง อิสระ เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการปรับปรุงและพัฒนาความสามารถด้านคณิตศาสตร์ของตน

**ขั้นตอนการประเมินผลการเรียนรู้**

ขั้นตอนการประเมินผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ อาจดำเนินการดังนี้

1. วางแผนการประเมินผลการเรียนรู้ ผู้สอนและผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้บริหารควรร่วมกันพิจารณากำหนดรูปแบบ และช่วงเวลาการประเมินผลให้เหมาะสม และสอดคล้องกับจุดประสงค์และเป้าหมายของการประเมิน

2. สร้างคำถามหรืองาน และเกณฑ์การให้คะแนนให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ถ้าผลการเรียนรู้ที่คาดหวังเน้นความรู้ความเข้าใจ การประยุกต์ความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ วิธีการประเมินอาจกระทำได้ในรูปการเขียนตอบ รูปแบบของคำถามอาจเป็นคำถามให้ค้นหาคำตอบ ให้พิสูจน์ หรือแสดงเหตุผล ให้สร้างหรือตอบคำถามปลายเปิดที่เน้นการคิดแก้ปัญหาและเชื่อมโยงความรู้หลายเรื่องเข้าด้วยกันถ้าต้องการประเมินทักษะกระบวนการ

ทางคณิตศาสตร์ และการตระหนักในคุณค่าของคณิตศาสตร์ วิธีการประเมินอาจทำได้ในรูปการให้ผู้เรียนปฏิบัติจริง ผู้สอนสังเกตกระบวนการทำงาน การพูดแสดงความคิดของผู้เรียน ดูร่องรอยความชำนาญและความสามารถจากผลงานที่ปรากฏคำถามหรืองานอาจอยู่ในรูปสถานการณ์หรือปัญหา ปัญหาปลายเปิดหรือโครงงานที่ผู้เรียนคิดขึ้นเอง นอกจากนี้อาจใช้วิธีให้ผู้เรียนประเมินตนเองหรือประเมินโดยกลุ่มเพื่อน

3. จัดระบบข้อมูลจากการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ ถ้าข้อมูลเป็นผลจากการทำแบบทดสอบ หรือเขียนตอบ ก็ควรเก็บรวบรวมในรูปคะแนน ถ้าข้อมูลอยู่ในรูปพฤติกรรมที่สังเกตได้ ก็ควรมีระบบการบันทึก แบบฟอร์มการบันทึกควรประกอบด้วย ส่วนนำ คือ การระบุวัน เวลา สถานที่ ชื่อผู้เรียน และผู้สังเกต เรื่องที่เรียนและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ส่วนเนื้อหา คือ การบันทึกรายละเอียดของงาน และพฤติกรรมต่าง ๆ ของผู้เรียน ที่ปรากฏจริง ส่วนสรุป คือ การตีความเบื้องต้นของผู้สังเกต พร้อมทั้งระบุปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น การรวบรวมสารสนเทศเกี่ยวกับผลการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องกระทำหลายครั้ง และใช้ข้อมูลจากหลายด้าน

4. นำข้อมูลจากการวัดผล และประเมินผลมาวิเคราะห์ และสังเคราะห์ เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยอาจจำแนกเป็นรายบุคคล รายกลุ่ม รายประเภท ( ความคิดรวบยอด กระบวนการ เจตคติ ฯลฯ) และรายมาตรฐานการเรียนรู้

(กระทรวงศึกษาธิการ , กรมวิชาการ 2545 : 1-6, 188-193, 208-211)

## หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนคลองต้นไทร (สุขล้อมอุทิศ)

**ข้อมูลพื้นฐาน**

โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ)ตั้งอยู่เลขที่ 87/2 หมู่19 แขวงศาลาธรรมสพน์ สำนักงานเขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร บนเนื้อที่ 6 ไร่ 1 งาน 57 ตารางวา เปิดทำการสอนชั้นอนุบาล ถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 15 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งสิ้น 413 คน ผู้บริหาร 1 คน , ธุรการ 1 คน , ครู 16 คน ,ครูช่วยสอน 1 คน ,พี่เลี้ยงเด็ก 4 คน , และ นักการภารโรง 3 คน

**วิสัยทัศน์**

โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) มุ่งมั่นในการจัดการศึกษา ให้มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานการศึกษา โดยมุ่งเน้นให้นักเรียน มีนิสัยใฝ่รู้ ใฝ่เรียน มีทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ และมีวิจารณญาณ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ มีสุขภาพกายและใจที่สมบูรณ์ รักวัฒนธรรมไทย ใฝ่ใจสิ่งแวดล้อม ดำรงตนอยู่ในสังคมอย่างมีความสุข

**พันธกิจ**

1. พัฒนาระบบการบริหารจัดการศึกษาให้มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน

2. จัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์และมีวิจารณญาณ มีนิสัยรักการอ่านและการค้นคว้า รู้จักการแสวงหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ทั้งภายในและ ภายนอกโรงเรียน

3. พัฒนาคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมที่พึงประสงค์ ด้วยการสอดแทรกและบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ทุกกลุ่มสาระและทุกกิจกรรม

4. จัดกิจกรรมเพื่อเสริมสร้างสุขภาพ ให้นักเรียนมีนิสัยรักการออกกำลังกายและมีน้ำใจเป็นนักกีฬา

5. จัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีค่านิยมที่ดีงาม เห็นคุณค่าของวัฒนธรรมไทย ภูมิใจในภูมิปัญญาท้องถิ่น มีส่วนร่วมในการรักษาสิ่งแวดล้อม

**เป้าหมาย**

1. นักเรียนได้รับการศึกษาที่มีคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษา บรรลุจุดมุ่งหมายของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544

2.นักเรียนมีความรู้ความสามารถและทักษะที่จำเป็นตามหลักสูตรมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มีทักษะในการแสวงหาความรู้ เพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและรักการเรียนรู้

3. นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรมและมีค่านิยมที่พึงประสงค์ มีจิตสำนึกในความเป็นคนไทย อนุรักษ์วัฒนธรรมไทยและรักษ์สิ่งแวดล้อม

4. นักเรียนเป็นผู้ที่มีสุขภาพกายและใจที่สมบูรณ์

5. ครูมีความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

6.โรงเรียนมีระบบการบริหารจัดการที่มีคุณภาพ เป็นที่ยอมรับและเลื่อมใสจากบุคคลทั่วไป โดยชุมชน ผู้ปกครอง ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง มีส่วนร่วมในการพัฒนาการศึกษาของโรงเรียน

**คุณลักษณะอันพึงประสงค์**

1. มีวินัยและมีความรับผิดชอบ
2. ใฝ่รู้ใฝ่เรียน
3. สุขภาพกายใจสมบูรณ์
4. รักษาสิ่งแวดล้อม

**หลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ)**

โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) ได้กำหนดโครงสร้างของหลักสูตรและเวลาเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในแต่ละช่วงชั้น ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 โครงสร้างหลักสูตรสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ)

| ช่วงชั้นที่ 1 | | | ช่วงชั้นที่ 2 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ชั้น | รายปี/ ชม. | รายสัปดาห์/ ชม. | ชั้น | รายปี/ ชม. | รายสัปดาห์/ ชม. |
| ประถมศึกษาปีที่ 1 | 160 | 4 | ประถมศึกษาปีที่ 4 | 120 | 3 |
| ประถมศึกษาปีที่ 2 | 160 | 4 | ประถมศึกษาปีที่ 5 | 120 | 3 |
| ประถมศึกษาปีที่ 3 | 160 | 4 | ประถมศึกษาปีที่ 6 | 120 | 3 |

ที่มา : โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ), หลักสูตรสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) ปีการศึกษา2548 (กรุงเทพมหานคร : ม.ป.ท. ,2548 ),13.

**ความสำคัญ**

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความสามารถในการคิด กระบวนการคิด การแก้ปัญหา ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ ระเบียบ สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งเป็นพื้นฐานของวิทยาการหลายสาขา

**ธรรมชาติ / ลักษณะเฉพาะ/ วิสัยทัศน์**

การศึกษาคณิตศาสตร์ เป็นการศึกษาเพื่อปวงชน เปิดโอกาสให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต เพื่อให้เยาวชนทุกคนมีความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่สามารถนำความรู้ไปพัฒนาคุณภาพชีวิตได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนสามารถนำไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และเป็น พื้นฐานในการศึกษา ดังนั้นสถานศึกษาจึงจำเป็นต้องจัดสาระการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ให้แก่ผู้เรียนตามศักยภาพของแต่ละคน โดยให้สอดคล้องตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนด

**ขอบข่าย**

ขอบข่ายสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ประกอบด้วย สาระด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการ คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยม

**พันธกิจ**

1. สอนให้เด็กมีความรู้ความเข้าใจคณิตศาสตร์พื้นฐานตามขอบข่ายเนื้อหาที่หลักสูตรกำหนด
2. สอนให้เด็กมีทักษะในการคิดคำนวณและแก้โจทย์ปัญหาตรงตามศักยภาพของเด็ก

และหลักสูตรกำหนด

3. สอนให้เด็กมีความสุขในการเรียน มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีเจตคติที่ดีและตระหนักถึงความสำคัญของคณิตศาสตร์

4. สอนให้เด็กคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น และมีทักษะการปฏิบัติงานที่มีระบบระเบียบ ละเอียด รอบคอบ มีความรับผิดชอบ เชื่อมั่นในตนเอง

5. สอนให้เด็กนำความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันและไปใช้เป็นพื้นฐานและประยุกต์ใช้กับศาสตร์อื่น ๆ

6. สอนให้เด็กเป็นคนดีของสังคม

**เป้าหมาย/จุดหมาย**

เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาความคิด การคำนวณ สามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และในการดำรงชีวิตให้มีคุณภาพ จึงต้องปลูกฝังให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะดังนี้

1. มีความรู้ ความเข้าใจ ในคณิตศาสตร์พื้นฐาน และมีทักษะในการคิดคำนวณ

2. รู้จักการคิดอย่างมีเหตุผลและแสดงความคิดออกมาอย่างมีระเบียบ ชัดเจนและรัดกุม

3. รู้คุณค่าของคณิตศาสตร์ และมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์

4. สามารถนำประสบการณ์ทางด้านความรู้ ความคิด และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ และใช้ในชีวิตประจำวัน

**คุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบช่วงชั้นที่ 2 (ชั้น ป.4-6)**

เมื่อผู้จบการเรียนช่วงชั้นที่ 2 (ชั้น ป.4-6) แล้ว ผู้เรียนควรจะมีความสามารถ ดังนี้

1. มีความรู้เชิงคำนวณและความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการของจำนวน สามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบวก การลบ การคูณ และหารจำนวนนับ เศษส่วน ทศนิยม และร้อยละ พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้และสร้างโจทย์ได้

2. มีความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติต่าง ๆ ของจำนวนพร้อมทั้งสามารถนำความรู้ไปใช้ได้

3. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตร และความจุ สามารถวัดปริมาณดังกล่าวได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม และนำความรู้เรื่องการวัดไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตได้

4. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของรูปเรขาคณิตและมีความรู้สึกเชิงปริภูมิเกี่ยวกับรูปเรขาคณิตหนึ่งมิติ สองมิติ และสามมิติ

5. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรูปแบบและอธิบายความสัมพันธ์ได้

6. สามารถวิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหาพร้อมทั้งเขียนให้อยู่ในรูปของประโยคคณิตศาสตร์ที่มีตัวไม่ทราบค่า ตลอดจนแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวได้

7. เก็บรวบรวมข้อมูลและนำเสนอข้อมูลในรูปแผนภูมิต่าง ๆ จากแผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิแท่ง แผนภูมิรูปวงกลม ตาราง และกราฟ รวมทั้งใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นเบื้องต้นในการอภิปรายเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้

8. มีทักษะกระบวนการที่จำเป็นทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา การใช้เหตุผล การสื่อสาร สื่อความหมายและการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์

**สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

สาระที่ 1 : จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 : เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 : เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่าง การดำเนินการต่าง ๆ และสามารถใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหาได้

มาตรฐาน ค 1.3 : ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหาได้

มาตรฐาน ค 1.4: เข้าใจในระบบจำนวนและสามารถนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้ได้

สาระที่ 2 : การวัด

มาตรฐาน ค 2.1 : เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด

มาตรฐาน ค 2.2 : วัดและคาดคะเนขนาดและน้ำหนักของสิ่งที่ต้องการวัดได้

มาตรฐาน ค 2.3 : แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัดได้

สาระที่ 3 : เรขาคณิต

มาตรฐาน ค 3.1 : อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติได้

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

สาระที่ 4 : พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.1 : อธิบายและวิเคราะห์รูปแบบ ( pattern ) ความสัมพันธ์ และฟังก์ชันต่างๆ ได้

มาตรฐาน ค 4.2 : ใช้นิพจน์สมการ อสมการ กราฟ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปล ความหมายและนำไปใช้ แก้ปัญหาได้

สาระที่ 5 : การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 5.1 : เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลได้

มาตรฐาน ค 5.2 : ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

มาตรฐาน ค 5.3 :ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหาได้

สาระที่ 6 : ทักษะ / กระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 : มีความสามารถในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 6.2 : มีความสามารถในการให้เหตุผล

มาตรฐาน ค 6.3 : มีความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ

มาตรฐาน ค 6.4 : มีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้

มาตรฐาน ค 6.5 : มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

**มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 2 ( ป.4-6 ) สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

สาระที่ 1 : จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 : เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

1.1.1 มีความคิดรวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวน (Number)เกี่ยวกับจำนวนนับ เศษส่วน ทศนิยม

1.1.2 อ่านเขียนตัวหนังสือและตัวเลขแสดงจำนวนนับเศษส่วน ทศนิยม และ ร้อยละได้

1.1.3 เปรียบเทียบจำนวนนับ เศษส่วน ทศนิยม และร้อยละได้

มาตรฐาน ค 1.2 : เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และสามารถใช้การดำเนิน การในการแก้ปัญหาได้

1.2. 1 มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับ การบวก การลบการคูณ การหาร จำนวนนับ เศษส่วน ทศนิยมและร้อยละได้

1.2.2 บวก ลบ คูณ และหารจำนวนนับ ศูนย์ เศษส่วนและทศนิยมพร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

1.2.3 อธิบายผลที่ได้จาก การบวก การลบ การคูณ และการหาร จำนวนนับ ศูนย์ เศษส่วน และทศนิยมพร้อมทั้งบอกความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการของจำนวนต่าง ๆ ได้

มาตรฐาน ค 1.3 : ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหาได้

1.3.1 บวก ลบ คูณ หาร จำนวนนับ เศษส่วนและทศนิยมโดยการประมาณได้

1.3.2 เข้าใจเกี่ยวกับการประมาณค่าและนำไปใช้แก้ปัญหาได้

มาตรฐาน ค 1.4 : เข้าใจในระบบจำนวนและสามารถนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้ได้

1.4.1 เข้าใจเกี่ยวกับหลักและค่าประจำหลักและสามารถเขียนจำนวนในรูปกระจายได้

1.4.2 เข้าใจสมบัติต่าง ๆ เกี่ยวกับจำนวนนับและศูนย์พร้อมทั้งสามารถนำสมบัติไปใช้ในการคำนวณได้

1.4.3 เข้าใจเกี่ยวกับ ห.ร.ม. และ ค.ร.น. และสามารถนำไปใช้ได้

สาระที่ 2 : การวัด

มาตรฐาน ค 2.1 : เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด

2.1.1 เข้าใจเกี่ยวกับการวัดความยาว (กิโลเมตร เซนติเมตร มิลลิเมตร วา) การวัดพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร ตารางเมตร ตารางเซนติเมตร ตารางวา) การวัดน้ำหนัก (เมตริกตัน กิโลกรัม ขีด กรัม) การวัดปริมาตร(ลูกบาศก์เมตร ลูกบาศก์เซนติเมตร ลิตร ถัง เกวียน)

2.1.2 เข้าใจเกี่ยวกับเงิน เวลา ทิศ และแผนผัง ปริมาตร และความจุ

2.1.3 เลือกใช้เครื่องมือวัดและหน่วยวัดที่เป็นมาตรฐานได้อย่างเหมาะสม

2.1.4 บอกความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยการวัดในระบบเดียวกัน

มาตรฐาน ค 2.2 : วัดและคาดคะเนขนาดและน้ำหนักของสิ่งที่ต้องการวัดได้

2.2.1 ใช้เครื่องมือวัดที่เป็นมาตรฐานวัดความยาวน้ำหนักและปริมาตรของสิ่งต่างๆ ได้

2.2.2 หาความยาวพื้นที่ปริมาตรและความจุจากการทดลองและใช้สูตรได้

2.2.3 บอกเวลา ช่วงเวลา และจำนวนเงินได้

2.2.4 วัดขนาดของมุมได้

2.2.5 คาดคะเนความยาว ระยะทาง พื้นที่ น้ำหนัก ปริมาตร และความจุ เพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

มาตรฐาน ค 2.3 : แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัดได้

2.3.1 ความรู้เกี่ยวกับการวัด เงิน เวลาไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้

2.3.2 นำความรู้เกี่ยวกับเรื่องทิศและมาตรส่วนไปใช้อ่านและเขียนแผนผังได้

สาระที่ 3 : เรขาคณิต

มาตรฐาน ค 3.1 : อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติได้

3.1.1 จำแนกชนิดของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติได้

3.1.2 บอกสมบัติของรูปเรขาคณิตสองมิติและและสามมิติสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้

3.1.3 สร้างรูปเรขาคณิตสองมิติและประดิษฐ์รูปเรขาคณิตสามมิติได้

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

3.2.1 นึกภาพสิ่งของรูปเรขาคณิต และเส้นทางพร้อมทั้งอธิบาย

3.2.2 บอกได้ว่ารูปเรขาคณิตสามมิติที่กำหนดให้ ประกอบด้วยรูปเรขาคณิตสองมิติใดบ้างพร้อมทั้งเขียนรูปเรขาคณิตสองมิตินั่นด้วย

3.2.3 บอกได้ว่ารูปเรขาคณิตสองมิติที่กำหนด สามารถประกอบเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติได้

สาระที่ 4 : พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.1 : อธิบายและวิเคราะห์รูปแบบ ( pattern ) ความสัมพันธ์ และฟังก์ชันต่างๆ ได้

4.1.1 อธิบายแบบรูปและความสัมพันธ์และนำความรู้ไปใช้ได้

มาตรฐาน ค 4.2 : ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหาได้

4.2.1 วิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหาที่ซับซ้อนและสามารถจำลอง สถานการณ์นั้นให้อยู่ในรูปประโยคสัญลักษณ์ที่มีตัวไม่ทราบค่าได้

4.2.2 แก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวที่กำหนดให้ได้

สาระที่ 5 : การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 5.1 : เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลได้

5.1.1 รวบรวมข้อมูลจากการสังเกต การสำรวจ และการทดลองได้

5.1.2 อ่านและอภิปรายประเด็นต่าง ๆ จากแผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิแท่ง แผนภูมิรูปวงกลม ตาราง และกราฟได้

5.1.3 นำเสนอข้อมูลในรูปแผนภูมิแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

มาตรฐาน ค 5.2 : ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

5.2.1 อภิปรายสถานการณ์เพื่อสร้างความคุ้นเคยกับคำที่มีความหมายเช่นเดียวกับคำว่า “แน่นอน” “อาจจะใช่หรือไม่ใช่” “เป็นไปไม่ได้” และรู้จักคาดเดาสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้คำเหล่านี้ได้

มาตรฐาน ค 5.3 : ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้

สาระที่ 6 : ทักษะ / กระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 : มีความสามารถในการแก้ปัญหา

6.1.1 ใช้วิธีที่หลากหลายแก้ปัญหาได้

6.1.2 ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้

มาตรฐาน ค 6.2 : มีความสามารถในการให้เหตุผล

6.2.1 ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม

มาตรฐาน ค 6.3 : มีความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

6.3.1 ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมายและนำเสนอได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

มาตรฐาน ค 6.4 : มีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้

6.4.1 นำความรู้ทางคณิตศาสตร์เชื่อมโยงในการเรียนรู้เนื้อหาต่าง ๆ ในวิชาคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นได้

6.4.2 นำความรู้และทักษะจากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และชีวิตจริงได้

มาตรฐาน ค 6.5 : มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

6.5.1 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการทำงาน

สาระการเรียนรู้รายปีและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) สำนักงานเขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร สาระที่ 3 เรขาคณิต และสาระที่ 6ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กำหนดไว้ดังตารางที่ 4 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4 สาระการเรียนรู้รายปีและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

| สาระการเรียนรู้รายปี | ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง |
|---|---|
| สาระที่ 3 เรขาคณิต<br>1. เรขาคณิต<br>1.1จุดส่วนของเส้นตรง รังสี เส้นตรง<br>1.2มุม มุมฉาก มุมแหลม มุมป้าน<br>1.3รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก(รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส, รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า)<br>1.4เส้นทแยงมุม<br>1.5ส่วนของระนาบ<br>1.6เส้นขนาน<br>1.7ส่วนประกอบของรูปวงกลม<br>1.8รูปที่มีแกนสมมาตร<br>1.9การประดิษฐ์ลวดลายโดยใช้รูปเรขาคณิต | 1.เมื่อกำหนดสิ่งของรูปเรขาคณิตและเส้นทางให้สามารถนึกภาพพร้อมทั้งอธิบายได้<br>2.เมื่อกำหนดจุดให้หนึ่งจุดหรือสองจุดสามารถเขียนเส้นตรง ส่วนของเส้นตรงหรือรังสีผ่านจุดที่กำหนดให้ได้<br>3.เมื่อกำหนดมุมให้สามาถบอกชื่อมุม จุดยอดมุมและแขนของมุม<br>4.เมื่อกำหนดมุมให้สามารถใช้สิ่งของที่มีลักษณะเป็นมุมฉากช่วยในการให้เหตุผลว่ามุมใดเป็นมุมฉาก มุมแหลมหรือมุมป้าน<br>5.เมื่อกำหนดรูปสี่เหลี่ยมหรือสิ่งของที่มีส่วนใดส่วนหนึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมให้สามารถบอกได้ว่ารูปใดหรือส่วนใดของสิ่งของนั้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก<br>6.เมื่อกำหนดรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากให้สามารถจำแนกได้ว่าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า |

ตารางที่ 4 (ต่อ)

| สาระการเรียนรู้รายปี | ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง |
|---|---|
| | 7.เมื่อกำหนดเส้นตรงหรือส่วนของเส้นตรงตั้งแต่สองเส้นขึ้นไปที่อยู่บนระนาบเดียวกันให้สามารถบอกได้ว่าเส้นตรงหรือส่วนของเส้นตรงคู่ใดขนานกัน<br>8.เมื่อกำหนดรูปวงกลมให้สามารถบอกจุดศูนย์กลางรัศมีและสมบัติพื้นฐานของรูปวงกลมได้<br>9.เมื่อกำหนดรูปเรขาคณิตให้สามารถบอกได้ว่ารูปใดเป็นรูปที่มีแกนสมมาตรและบอกแกนสมมาตรได้<br>10.สามารถนำรูปเรขาคณิตมาประดิษฐ์เป็นลวดลายต่าง ๆ ได้ |
| สาระที่ 6 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | |
| 1.ทักษะกระบวนการแก้ปัญหา | 1.ใช้วิธีการหลากหลายแก้ปัญหาได้<br>2.ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้ |
| 2.ทักษะกระบวนการให้เหตุผล | 3.ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม |
| 3.ทักษะกระบวนการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ | 4.ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารสื่อความหมายและนำเสนอได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม |
| 4.ทักษะกระบวนการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ | 5.นำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงในการเรียนรู้เนื้อหาต่าง ๆ ในวิชาคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นได้<br>6.นำความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริงได้ |
| 5.ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | 7. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการทำงาน |

**คำอธิบายรายวิชา**

รูปเรขาคณิตและสมบัติบางประการของรูปเรขาคณิต ส่วนของระนาบ จุด ส่วนของเส้นตรง และรังสี มุม รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก เส้นทแยงมุม เส้นขนาน ส่วนประกอบของรูปวงกลม และสมบัติพื้นฐานของรูปวงกลม รูปที่มีแกนสมมาตร การประดิษฐ์ลวดลายโดยใช้รูปเรขาคณิต

การจัดประสบการณ์หรือสร้างสถานการณ์ที่ใกล้ตัวผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าโดยปฏิบัติจริง ทดลอง สรุป รายงานเพื่อพัฒนาทักษะ/กระบวนการในการคิดคำนวณ การแก้ปัญหา การหาเหตุผล

การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การนำประสบการณ์ด้านความรู้ ความคิดทักษะกระบวนการที่ได้ไปใช้ในการเรียนสิ่งต่าง ๆ และใช้ในชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์รวมทั้งเห็นคุณค่าและมีเจคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์สามารถทำงานอย่างเป็นระบบระเบียบรอบคอบ มีวิจารณญาณและเชื่อมั่นในตนเอง

การวัดผลและประเมินผล ใช้วิธีการหลากหลายตามสภาพความเป็นจริงของเนื้อหาและทักษะที่ต้องการวัด

**การจัดทำหน่วยการเรียนรู้**

โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) ได้จัดทำหน่วยการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้ 13 หน่วย รวมเวลา 120 ชั่วโมง เรขาคณิตถูกจัดไว้ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 แสดงไว้ดังตารางที่ 5 ต่อไปนี้

ตารางที่ 5 หน่วยการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

| หน่วยการเรียนที่ | สาระการเรียนรู้ | เวลา (ชั่วโมง) |
|---|---|---|
| 3 | เรขาคณิต | 15 |
| | 3.1 ส่วนของระนาบ จุด ส่วนของเส้นตรง เส้นตรง และรังสี | 3 |
| | 3.2 มุม จุดยอดมุม แขนของมุม การเรียกชื่อมุม | 1 |
| | 3.3 การจำแนกชนิดของมุม (มุมฉาก มุมแหลม มุมป้าน) | 3 |
| | 3.4 รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า | 2 |
| | 3.5 เส้นทแยงมุม | 1 |
| | 3.6 เส้นขนาน | 1 |
| | 3.7 ส่วนประกอบของรูปวงกลมและสมบัติพื้นฐานของรูปวงกลม | 1 |
| | 3.8 รูปสมมาตรและแกนสมมาตร | 1 |
| | 3.9 การประดิษฐ์ลวดลายโดยใช้รูปเรขาคณิต | 1 |

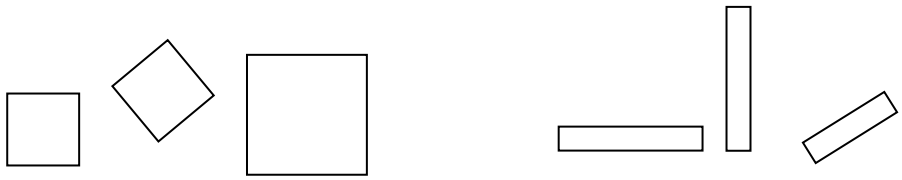
**เรขาคณิต**

**แนวคิดในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรขาคณิต**

ปีแอร์ และไดนา แวน ฮิลลี (Pierre and Dina Van Hiele ) ได้ข้อสรุปจากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับระดับขั้นของพัฒนาการความคิดทางเรขาคณิตของผู้เรียน โดยแบ่งระดับความคิดทางเรขาคณิตออกเป็น 5 ระดับ ตามลำดับขั้นดังนี้ (สสวท. 2544 : 2-3 ,อ้างถึงใน บุษบา โคตรพันธุ์ 2546 : 19-22)

ระดับที่ 1 : ขั้นการมองเห็นภาพ (Visualization)

ความสามารถในระดับนี้นักเรียนระลึกถึงรูปร่างภายนอกของรูปเรขาคณิต มีการแสดงความคิดออกมาเป็นรูปธรรมภายนอกมากกว่าองค์ประกอบหรือคุณลักษณะของรูป เช่น ถ้ากำหนดรูปเรขาคณิตให้นักเรียนบอกรูปร่างภายนอกได้แต่บอกสมบัติต่าง ๆ ของรูปไม่ได้ คำถามต่าง ๆ ในระดับนี้จะเป็นคำถามที่ถามเกี่ยวกับรูปร่างที่เกี่ยวกับภายนอก ดังในภาพที่ 1 นักเรียนบอกได้ว่ากลุ่ม a คือรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส กลุ่ม b สี่เหลี่ยมผืนผ้า และบอกว่ารูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและสี่เหลี่ยมผืนผ้าคล้ายกัน แต่บอกไม่ได้ว่ารูปมีมุมเป็นมุมฉาก หรือด้านตรงข้ามขนานกัน



(a) (b)

ภาพที่ 1 ขั้นการมองเห็นภาพ (Visualization)

ระดับที่ 2 : ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis)

ความสามารถในระดับนี้เป็นการเริ่มต้นการคิดวิเคราะห์มโนมติทางเรขาคณิต จากการสังเกตและทดลองนักเรียนเริ่มเห็นคุณลักษณะเฉพาะของรูป และจัดกลุ่มรูปตามลักษณะเฉพาะได้ ตัวอย่างเช่น จากภาพที่ 2 นักเรียนบอกได้ว่ามุมที่ระบายนั้นมีขนาดเท่ากัน และสรุปได้ว่ามุมตรงข้ามของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานมีขนาดเท่ากัน และเมื่อให้ตัวอย่างที่มากพอนักเรียนสามารถบอกสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานได้ แต่ไม่สามารถบรรยายถึงความสัมพันธ์ระหว่างรูปที่เห็นกับรูปที่ยังไม่ได้เห็นได้ ถึงบรรยายได้แต่ก็ไม่เข้าใจ

ภาพที่ 2 ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis)

ระดับที่ 3 : ขั้นสรุปที่ไม่เป็นแบบแผน(Informal Deduction)

ผู้เรียนสามารถบอกรายละเอียดปลีกย่อยเกี่ยวกับสมบัติต่างๆทางเรขาคณิตเปรียบเทียบและบอกความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันรวมทั้งบอกลักษณะที่แตกต่างกันได้ เช่น รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีด้านตรงข้ามเท่ากันและขนานกัน มีมุมตรงข้ามเท่ากัน บอกภาพรวมของรูปได้ เช่นบอกได้ว่ารูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสทุกรูปคือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และสามารถแยกรูปต่าง ๆ ออกเป็นกลุ่ม ๆ ได้ตามสมบัติอย่างที่

เข้าใจบอกความหมายได้สามารถสรุปอย่างไม่เป็นแบบแผนจากสิ่งที่กำหนดให้ได้แต่ไม่สามารถสรุปโดยใช้สัจพจน์ ทฤษฎี บทนิยามต่างๆ ได้ไม่สามารถให้เหตุผลในลักษณะที่เป็นโครงสร้างได้

ระดับที่ 4 : ขั้นการพิสูจน์แบบนิรนัยอย่างเป็นแบบแผน(Deduction)

ความสามารถในระดับนี้นักเรียนสามารถสรุปเรขาคณิตภายใต้สัจพจน์ ทฤษฎีบท อนิยาม และบทนิยามต่าง ๆ ได้อย่างเข้าใจและถูกโครงสร้างการให้ลำดับเหตุผล สามารถทำการพิสูจน์ได้หลายรูปแบบภายใต้ข้อเท็จจริง สามารถทำทฤษฎีบทกลับได้ สามารถสรุปจากสิ่งที่กำหนดให้ได้ถูกต้องตามลำดับของเหตุผล ผู้เรียนที่มีความคิดในขั้นนี้เริ่มเข้าใจการพิสูจน์โดยให้เหตุผลแบบนิรนัย สามารถพิสูจน์หลักเกณฑ์ทางเรขาคณิตตามหลักการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ รู้จักการตั้งกฎเกณฑ์และข้อโต้แย้งในการคิดไปตามลำดับเหตุผล ติดตามการพิสูจน์ได้ เรียนรู้ที่จะดำเนินการพิสูจน์ด้วยตนเองพิสูจน์สิ่งที่ต้องการได้มากกว่าหนึ่งวิธี

ระดับที่ 5 : ขั้นการคิดขั้นสูง(Rigor)

ความสามารถในระดับนี้นักเรียนต้องมีความรอบรู้ระบบสัจพจน์อย่างหลากหลาย เช่น สามารถศึกษาเรขาคณิตที่ไม่ใช่ของระบบยุคลิดได้ สามารถเปรียบเทียบเนื้อหาในระบบต่างๆ ได้ และสามารถมองเรขาคณิตในลักษณะของนามธรรม สามารถจัดทฤษฎีบทต่างๆ เข้าเป็นระบบระเบียบและสร้างทฤษฎีใหม่ๆ ทางเรขาคณิต

แวน ฮิลลี (อ้างถึงใน วรรณวิภา สุทธเกียรติ 2542 :22) ได้ระบุสมบัติของพัฒนาการทางความคิดของเรขาคณิตดังกล่าว ไว้ดังนี้

1. นักเรียนจะต้องผ่านระดับขั้นของความคิดจากขั้นแรกไปสู่ขั้นที่สูงกว่าโดยไม่ข้ามระดับ

2. การที่นักเรียนจะผ่านแต่ละระดับขั้นขึ้นอยู่กับเนื้อหา และวิธีสอนมากกว่าขึ้นอยู่กับอายุ ไม่มีวิธีสอนใดที่จะทำให้นักเรียนข้ามระดับได้ เช่น ข้ามจากขั้น 1 ไปเป็นขั้น 3 ไม่ได้

3. ลักษณะของสิ่งที่อยู่ในระดับหนึ่งจะกลายเป็นสิ่งที่ต้องศึกษาระดับถัดไป เช่น ในขั้น 1 เพียงรู้จักรูป เมื่อถึงขั้น 2 จึงวิเคราะห์รูปและองค์ประกอบของรูป และค้นพบสมบัติต่าง ๆ

4. ในแต่ละระดับจะมีลักษณะเฉพาะของภาษาที่ใช้ และมีลักษณะของการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับภาษาที่ใช้

5. ถ้าใช้การสอนในระดับที่สูงกว่า ไปสอนนักเรียนที่อยู่ในระดับต่ำกว่าแล้วความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนก็จะไม่เกิดขึ้น

จะเห็นได้ว่าระดับขั้นของ แวน ฮิลลี มีความสำคัญต่อการศึกษาและการนำไปใช้ในการเรียนการสอนเรขาคณิต และเป็นที่เชื่อกันว่าความล้มเหลวต่าง ๆ ในการเรียนการสอนเรขาคณิตปัจจุบันมีส่วนมาจากการจัดการเรียนการสอนที่ไม่คำนึงถึงระดับขั้นของแวน ฮิลลี

แวน ฮิลลี (อ้างถึงใน วรรณวิภา สุทธเกียรติ 2542 : 22-23 , สิริพร ทิพย์คง 2537 : 270-271)ได้เสนอแนะระดับขั้นวิธีสอนที่ช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้นดังนี้

1. การให้ข้อมูล(Inquiry/Information) ครูสนทนากับนักเรียน มีการแนะคำศัพท์ แจ้งจุดประสงค์ตั้งคำถาม แล้วสังเกตการตอบของนักเรียน ครูใช้คำถามให้นักเรียนได้มีโอกาสได้อภิปราย เช่น ครูถามว่า รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน คืออะไร รูปสี่เหลี่เหลี่ยมผืนผ้ามีลักษณะสำคัญอะไรบ้าง รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือไม่ เพราะเหตุใด เป็นต้น ซึ่งจุดประสงค์ของขั้นนี้มี 2 ประการคือ เพื่อให้ครูได้รู้พื้นพื้นความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับหัวข้อที่จะเรียนต่อไป และนักเรียนได้รู้แนวทางของหัวข้อที่จะเรียนต่อไป

2. การแนะนำโดยตรง (Directed Orientation) นักเรียนปฏิบัติตามในสิ่งที่ครูบอกแต่ละขั้นตอน ครูแนะนำคำศัพท์ที่ใช้ในวิชาเรขาคณิตในเนื้อหาที่กำลังสอน ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้มีโอกาสสังเกต สำรวจและศึกษาจนเข้าใจและเห็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา เช่น ครูให้นักเรียนใช้กระดาษจุดสร้างรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนที่มีเส้นทแยงมุมยาวเท่ากัน หรือสร้างให้มีขนาดใหญ่กว่าหรือเล็กกว่า เป็นต้น

3. การแสดงความคิดเห็น (Explication) ครูส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็นสิ่งที่นักเรียนพบจากการสังเกต การสำรวจ และการคิด เพื่อสรุปและทำความเข้าใจมโนมตินั้นๆ ในขั้นนี้ ครูจะมีบทบาทน้อยที่สุดเป็นเพียงผู้ช่วยแก้คำศัพท์หรือช่วยให้ นักเรียนใช้ศัพท์คณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง

4. การศึกษาอย่างอิสระ (Free Orientation) ครูให้นักเรียนมีอิสระในการเรียนมากขึ้น ครูกำหนดปัญหาที่ท้าทาย สลับซับซ้อน เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่มีมาใช้ในแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างอิสระและมีโอกาสสำรวจความสามารถของตนมีประสบการณ์ในการเรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น สามารถคิดและพิสูจน์เรขาคณิตได้ด้วยตนเอง การคิดหรือการพิสูจน์นั้นอาจจะมีได้หลายวิธี นอกจากนั้นนักเรียนยังมีโอกาสแก้ปัญหาโจทย์ที่สลับซับซ้อนและสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับความเป็นเหตุเป็นผลได้ เช่น นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า “ทำไมพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนจึงเท่ากับเครื่องหนึ่งของผลคูณของเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยมนั้น” หือการทำนายผลจากการปฏิบัติจริง เช่น “จะเกิดภาพอะไรขึ้นเมื่อนักเรียนตัดมุมของกระดาที่พับซ้อนกัน 2 ครั้ง โดยการตัดเป็นมุม 30 องศา และ 45 องศา”

5. การบูรณาการ (Integration) นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากข้อ 1-4 มาผนวกเข้าด้วยกันเพื่อสร้างข้อสรุปโดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ ครูมีบทบาทในการกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความรู้ทางเรขาคณิตที่นักเรียนเข้าใจเพื่อนำไปใช้ได้ง่าย เช่น สรุปสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน

ดวงเดือน อ่อนน่วม (2535 :246) กล่าวถึงการสอนเขาคณิตว่า ควรพยายามใช้สิ่งที่เป็นรูปธรรมเป็นสื่อ เพื่อให้เกิดมโนมติทางเขาคณิต เพราะมโนมติทางเรขาคณิตเป็นสิ่งที่เป็นนามธรรมมาก ตัวอย่างเช่น การใช้ลูกบอลแสดงทรงกลม ขอบสองข้างของไม้บรรทัดแสดงส่วนของเส้นตรงที่ขนานกัน เป็นต้น นอกจากนี้ควรพยายามให้นักเรียนเกิดความสนุกจากการค้นพบด้วยตัวเองโดยอาศัยไหวพริบ และประสบการณ์จากสิ่งแวดล้อม เช่น การค้นพบว่ารูปสี่เหลี่ยมเกิดจากรูปสามเหลี่ยมหลายรูปมาต่อกัน ข้อคนพบนี้ได้มาจากการทดลองนำกระดาษรูปสามเหลี่ยมหลาย ๆ ชนิด หลาย ๆ ขนาดมาวางต่อกัน เป็นต้น

มานะ เอกจริยวงศ์ (2537 : 1-5) ได้กล่าวถึง จุดมุ่งหมายของการสอนเรขาคณิตในโรงเรียนว่าเรขาคณิตเป็นวิชาที่เรียนรู้โดยผ่านทางการมองเห็น (Visual Subject) ดังนั้นการสอนเรขาคณิตควรมีจุดมุ่งหมาย ดังต่อไปนี้

1. เพื่อให้ตระหนักถึงคุณค่าของเรขาคณิตว่ามีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตในโลกที่เป็นจริง

2. เพื่อท้าทายความคิด ปลูกฝังความสามารเชิงปริภูมิ และพัฒนาแบบความคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Cast of Mind) ในส่วนที่เป็นแบบความคิดที่เกิดจากการใช้ภาพ สีความสามารถในการคิดเชิงนามธรรม โดยอาศัยองค์ประกอบด้านภาษาเพื่อการใช้เหตุผล (Verbal – Logical)

3. เพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ มองเห็นความหมายและความสำคัญของการพิสูจน์

4. เพื่อเชื่อมโยงแนวคิดทางเรขาคณิตกับคณิตศาสตร์แขนงอื่นๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา

สิริพร ทิพย์คง (2537 : 272 ) กล่าวว่าการเรียนการสอนเรขาคณิตในระดับชั้นต่างก็เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้และนำความรู้ไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์กับศิลปะ สามารถอธิบายสิ่งแวดล้อมที่นักเรียนพบเห็นในชีวิตประจำวัน มีความเข้าใจและซาบซึ้งในวิชาเรขาคณิต ตลอดจนการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาและการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในชั้นสูงต่อไปในชั้นประถมศึกษานักเรียนควรได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง โดยใช้สื่อรูปธรรม เช่น การตัดกระดาษเป็นรูปต่างๆ การสร้างรูปเรขาคณิตบนกระดานตะปู การพับกระดาษให้เป็นรูปเรขาคณิต การใช้กระจกเงาให้เกิดภาพสะท้อนในการเรียนเรื่องการสมมาตร

ปานทอง กุลนาถศิริ (2541 : 65-68 ) กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรขาคณิต ควรเอื้อต่อการค้นพบ เพื่อเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจ และเพื่อให้เกิดมโนมติต่าง ๆ ทางเรขาคณิต กิจกรรมต่าง ๆ ควรท้าทาย น่าสนใจ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดลองปฏิบัติ สังเกต

สัมผัส สำรวจ วิพากษ์วิจารณ์ พูด คิด แก้ปัญหา และแสดงเหตุผลทางคณิตศาสตร์ การจัดกิจกรรมเรขาคณิตเพื่อให้เกิดวิสัยทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความรู้สึกเชิงปริภูมิ ตลอดจนการสร้างเจตคติที่ดีและการให้นักเรียนเห็นถึงความงดงามของเรขาคณิตกับศิลปะเป็นสิ่งที่ครูควรตระหนักด้วยในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรขาคณิต

วรรณวิภา สุทธเกียรติ (2542 :27 ) กล่าวว่าการเรียนการสอนเรขาคณิตต้องอาศัยบทบาทของครูในการกำหนดกิจกรรม การวางขั้นตอนที่เหมาะสม รวมทั้งบทบาทในการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความต้องการที่จะเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อค้นพบสิ่งใหม่ ๆ จึงเป็นสิ่งท้าทายความสามารถ ความอยากรู้อยากเห็นตามลักษณะของวัยของนักเรียน เพื่อทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นและยังส่งผลให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีจินตนาการพร้อมที่จะแก้ปัญหาต่างๆ

สมเดช บุญประจักษ์ (อ้างถึงใน สสวท. 2544 : 2) กล่าวว่าเพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเรขาคณิตสามารถใช้ความรู้และเชื่อมโยงความรู้เรขาคณิตกับความรู้แขนงอื่นๆ ได้ ผู้เรียนจะต้องได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ โดยเริ่มจากกิจกรรมง่ายๆ ไปสู่สถานการณ์ปัญหาที่ท้าทาย ผู้เรียนจะต้องทำการสืบค้น ทดลองและสำรวจ สิ่งที่อยู่รอบตัว เช่น ฝึกการมองภาพ และเปรียบเทียบรูปร่างในตำแหน่งต่างๆ กัน

นักเรียนควรได้รับความช่วยเหลือในการทำกิจกรรม ครูอาจตั้งคำถาม พูดคุยกับนักเรียน หรือให้เรขาคณิต ครั้งแรกนักเรียนต้องสร้างความคุ้นเคยกับวัตถุ เช่น เรียกทรงกระบอกแทนกระป๋องความสามารถในการใช้ถ้อยคำควรควบคู่ไปกับความสามารถในการใช้ตัวเลข

ปัจจุบันกรมวิชาการได้จัดทำคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ซึ่งได้กำหนดสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ประกอบด้วย 6 สาระ เรขาคณิต ถูกกำหนดให้เป็นสาระที่ 3 มีรายละเอียดของมาตรฐานดังนี้

มาตรฐาน ค 3.1 : อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติได้

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

นอกจากนี้คู่มือที่จัดทำขึ้น ได้จัดทำรายละเอียดของมาตรฐานและสาระการเรียนรู้เป็นช่วงชั้น สำหรับช่วงชั้นที่ 2 ป. 4 – 6 สาระที่ 3 เรขาคณิต ได้กำหนดรายละเอียดมาตรฐานการเรียนรู้ดังนี้

มาตรฐาน ค 3.1 : อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติได้

3.1.1 จำแนกชนิดของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติได้

3.1.2 บอกสมบัติของรูปเรขาคณิตสองมิติและและสามมิติสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้

3.1.3 สร้างรูปเรขาคณิตสองมิติและประดิษฐ์รูปเรขาคณิตสามมิติได้

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

3.2.1 นึกภาพสิ่งของรูปเรขาคณิต และเส้นทางพร้อมทั้งอธิบาย

3.2.2 บอกได้ว่ารูปเรขาคณิตสามมิติที่กำหนดให้ ประกอบด้วยรูปเรขาคณิตสองมิติใดบ้างพร้อมทั้งเขียนรูปเรขาคณิตสองมิตินั่นด้วย

3.2.3 บอกได้ว่ารูปเรขาคณิตสองมิติที่กำหนด สามารถประกอบเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติได้

สำหรับเนื้อหาวิชาเรขาคณิตในระดับประถมศึกษา จากการศึกษาหลักสูตรคณิตศาสตร์พบว่า เนื้อหาในหลักสูตรวิชาเรขาคณิตระดับประถมศึกษาของประเทศไทยที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีรายละเอียดในแต่ละระดับชั้นดังต่อไปนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ 2534 : 19-21, อ้างถึงใน บุษบา โคตรพันธุ์ 2546: 12)

ระดับประถมศึกษาปีที่ 1-2

เรขาคณิต เรียนเกี่ยวกับการจำแนกรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม รูปวงกลม รูปวงรี ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ทรงกระบอก ทรงกลม

ระดับประถมศึกษาปีที่ 3-4

เรขาคณิต เรียนเกี่ยวกับ เส้นตรง ส่วนของเส้นตรง มุม เส้นขนาน ส่วนของระนาบ รูปเรขราคณิต และรูปทรงเรขาคณิต ส่วนต่าง ๆของรูปเรขาคณิต รูปสมมาตร การเขียนรูปเรขาคณิตด้วยวิธีง่ายๆ การประมาณพื้นที่ของรูปโดยใช้ตาราง การประมาณและคาดคะเนที่ใช้ในชีวิตประจำวัน การหาพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก

ระดับประถมศึกษาปีที่ 5 – 6

เรขาคณิต เรียนเกี่ยวกับเส้นตรงและมุม การแบ่งครึ่งส่วนของเส้นตรงโดยไม่ใช้วงเวียน เส้นขนาน การสร้างเส้นขนานโดยใช้ไม้ฉาก ชนิดของมุม การวัดมุม การสร้างมุมและการแบ่งครึ่งมุมโดยไม่ใช้วงเวียน รูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยม ชนิด คุณสมบัติของส่วนต่างๆ การสร้าง การหาความยาวรอบรูปและพื้นที่ รูปสามเหลี่ยมคล้ายและการสร้าง รูปวงกลม ส่วนต่างๆ ของรูปวงกลม การสร้าง การหาความยาวรอบรูปและพื้นที่ รูปทรงเรขาคณิต การหาปริมาตรและการหาปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากโดยใช้สูตร

ส่วนในชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีรายละเอียดของเนื้อหา เรขาคณิต ดังต่อไปนี้

1)ส่วนของระนาบ จุด ส่วนของเส้นตรง เส้นตรง และรังสี 2)มุม จุดยอดมุม แขนของมุม การเรียกชื่อมุม 3)การจำแนกชนิดของมุม (มุมฉาก มุมแหลม มุมป้าน) 4)รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก รูป

สี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า 5)เส้นทแยงมุม 6)เส้นขนาน 7)ส่วนประกอบของรูปวงกลมและสมบัติพื้นฐานของรูปวงกลม 8)รูปสมมาตรและแกนสมมาตร 9)การประดิษฐ์ลวดลายโดยใช้รูปเรขาคณิต

## ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คือ กระบวนการปฏิบัติที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งมีรูปแบบและขั้นตอนในการดำเนินการจัดการเรียนรู้ที่ชัดเจน ตรวจสอบได้ โดยที่ผู้เรียนสมารถปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมได้อย่างเหมาะสม (ศักดิ์ดา ศรีผาวงศ์ 2547 : 24)

**แนวการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์**

ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ในสาระการเรียนรู้กลุ่มคณิตศาสตร์ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นไว้ 5 มาตรฐาน ในการการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนจะต้องจัดกิจกรรม กำหนดสถานการณ์หรือปัญหา เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุมาตรฐานด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว แนวการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นมีดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ,กรมวิชาการ 2545: 194)

**การพัฒนาทักษะกระบวนการแก้ปัญหา**

การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่มีความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่มีอยู่ในปัญหากับผู้แก้ปัญหา ในการนำประสบการณ์ ความรู้ ความเข้าใจ และความคิดมาประยุกต์หาวิธีการที่จะเอาชนะอุปสรรคหรือปัญหาที่เผชิญอยู่ เพื่อหาคำตอบของปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่ไม่คุ้นเคยมาก่อน(ปรีชา เนาว์เย็นผล 2544:18)

กระบวนการแก้ปัญหา (Problem solving process) กระบวนการแก้ปัญหามีบทบาทสำคัญในการที่จะพัฒนาคณิตศาสตร์เพราะ คำตอบของปัญหาที่ได้จากกระบวนการแก้ปัญหาจะทำให้เกิดข้อค้นพบใหม่ และเป็นวิธีการที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาอื่นๆ ได้(Perdikaris 1993 : 423, อ้างถึงใน กรมวิชาการ, ศูนย์พัฒนาหลักสูตร 2540 : 1)

**ขั้นตอนการแก้ปัญหา**

การจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการแก้ปัญหาได้ ผู้สอนต้องให้โอกาสผู้เรียนได้ฝึกคิดด้วยตนเองให้มาก โดยจัดสถานการณ์หรือปัญหาหรือเกมที่น่าสนใจ ท้าทายให้อยากคิด เริ่มด้วยปัญหาที่เหมาะกับศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคน หรือผู้เรียนแต่ละกลุ่มโดยอาจเริ่มด้วยปัญหาที่ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้ที่เรียนมาแล้วประยุกต์ก่อน ต่อจากนั้นจึงเพิ่มสถานการณ์หรือ

ปัญหาที่แตกต่างจากที่เคยพบมา การเริ่มต้นพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะในกระบวนการแก้ปัญหา ผู้สอนจะต้องสร้างพื้นฐานให้ผู้เรียนเกิดความคุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหาก่อน แล้วจึงฝึกทักษะในการแก้ปัญหา โดย กระทรวงศึกษาธิการ,กรมวิชาการ(2545 : 195) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) พิจารณาว่า อะไรคือข้อมูล อะไรคือสิ่งไม่รู้ อะไรคือเงื่อนไขของปัญหา ปัญหาต้องการให้หาอะไร คำตอบของปัญหาอยู่ในรูปแบบใดแล้วยังต้องพิจารณาถึงเงื่อนไขที่ให้เพียงพอจะแก้ปัญหาหรือไม่ มากเกินความจำเป็นหรือขัดแย้งกันเองหรือไม่

ขั้นที่ 2 วางแผนการแก้ปัญหา (Devising a plan) เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากเพราะต้องพิจารณาว่าจะแก้ปัญหาด้วยวิธีใด แก้อย่างไร ต้องพิจารณาความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่มีในปัญหา ค้นหาความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่รู้กับที่ไม่รู้ ถ้าหาความเชื่อมโยงไม่ได้ ก็อาศัยหลักการวางแผนในการแก้ปัญหาดังนี้ เคยเห็นปัญหานี้มาก่อนหรือไม่ หรือมีลักษณะคล้ายกับปัญหาที่เคยแก้มาก่อนหรือไม่ รู้ว่าปัญหาสัมพันธ์กับอะไรหรือไม่ และรู้ทฤษฎีที่จะนำมาใช้แก้ปัญหานั้นหรือไม่ พิจารณาสิ่งที่ไม่รู้ในปัญหา และพยายามคิดถึงปัญหาที่คุ้นเคย ซึ่งมีสิ่งที่ไม่รู้เหมือนกัน หรือคล้ายกัน โดยพิจารณาดูว่าจะใช้วิธีการแก้ปัญหาที่คุ้นเคยมาใช้กับปัญหาที่กำลังจะแก้ได้หรือไม่ ควรอ่านปัญหาอีกครั้ง และวิเคราะห์ดูว่าแตกต่างจากปัญหาที่เคยพบหรือไม่

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) เป็นขั้นลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ ตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน ตรวจสอบในแต่ละขั้นตอนที่ปฏิบัติว่าถูกต้องหรือไม่ เพิ่มเติมรายละเอียดที่จำเป็นเพื่อความชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งพบคำตอบหรือพบวิธีการแก้ปัญหาได้

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล (Looking back) เป็นการตรวจผลที่ได้ในแต่ละขั้นตอนที่ผ่านมาเพื่อดูความถูกต้องของคำตอบ และวิธีการในการแก้ปัญหา พิจารณาว่ายังมีคำตอบอื่น หรือวิธีการแก้ปัญหาวิธีอื่นๆ อีกหรือไม่ แล้วตรวจว่าผลลัพธ์ตรงกันหรือไม่ ปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาให้กะทัดรัด ชัดเจน และเหมาะสม ตลอดจนขยายแนวคิดในการแก้ปัญหาให้กว้างขวางขึ้น นอกจากนี้ยังอาจปรับเปลี่ยนบางเงื่อนไขเพื่อหาข้อสรุปและสรุปผลการแก้ปัญหาในรูปทั่วไป

เทราท์แมน และลิชเทนเบอร์ก (Troutman and Lichtenberg 1995 : 4 - 7) ได้เสนอขั้นตอนของการแก้ปัญหาไว้ 6 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา ผู้แก้ปัญหาต้องทำความเข้าใจสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏในปัญหา แล้วยังต้องมีความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ในปัญหานั้น สิ่งสำคัญ คือการตั้งคำถามถามตัวเองเพื่อให้เข้าใจปัญหาได้อย่างลึกซึ้ง

ขั้นที่ 2 กำหนดแผนในการปัญหา กำหนดอย่างน้อยที่สุดหนึ่งแผน การกำหนดแผนไว้หลาย ๆ แผนจะเป็นประโยชน์ต่อการเปรียบเทียบและเลือกใช้แผนที่ดีที่สุด อันส่งผลต่อการกำหนดยุทธวิธีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผนเป็นขั้นลงมือทำตามแผนที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 4 ประเมินแผน และคำตอบ ในขั้นนี้จะมีการพิจารณาถึง ความเป็นไปได้หรือความสมเหตุสมผลของคำตอบ ความสอดคล้องกับเงื่อนไขในปัญหา เปรียบเทียบผลจากการลองแก้ปัญหาใหม่ด้วยวิธีการอื่นเปรียบเทียบผลของตนเองกับผลของเพื่อนๆ

ขั้นที่ 5 ขยายปัญหา ผู้แก้ปัญหาต้องค้นหารูปแบบทั่วไปของคำตอบของปัญหา การที่จะขยายปัญหาได้นั้นผู้แก้ปัญหาต้องเข้าใจโครงสร้างของปัญหาอย่างชัดเจน การขยายปัญหาจะช่วยสร้างทักษะในการแก้ปัญหา การขยายปัญหาทำได้โดย เขียนปัญหาที่คล้ายกับปัญหาเดิม เสนอปัญหาใหม่ เพื่อผู้แก้ปัญหาอาจจะค้นหารูปแบบทั่วไป หรือกฎ ในการหาคำตอบ

ขั้นที่ 6 บันทึกการแก้ปัญหา นักแก้ปัญหาที่ดีต้องจดบันทึกการแก้ปัญหาของตนไว้เพื่อที่จะได้รื้อฟื้นหรือทบทวน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาครั้งต่อไป สิ่งที่ควรจดบันทึกได้แก่ แหล่งของปัญหา ตัวปัญหาที่กำหนด แนวคิดในการแก้ปัญหา หรือแบบแผนการคิดอย่างคร่าว ๆ ยุทธวิธีที่นำมาใช้ หรือสามารถจะนำมาใช้ได้ ข้อแนะนำเกี่ยวกับการขยายผลการแก้ปัญหา

เบลล์ ((Bell 1978 : 312 , อ้างถึงใน สมเดช บุญประจักษ์ 2540 : 15) ได้เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาเป็นขั้นๆไว้ 5 ขั้นตอนดังนี้

1.นำเสนอปัญหาในรูปทั่วไป

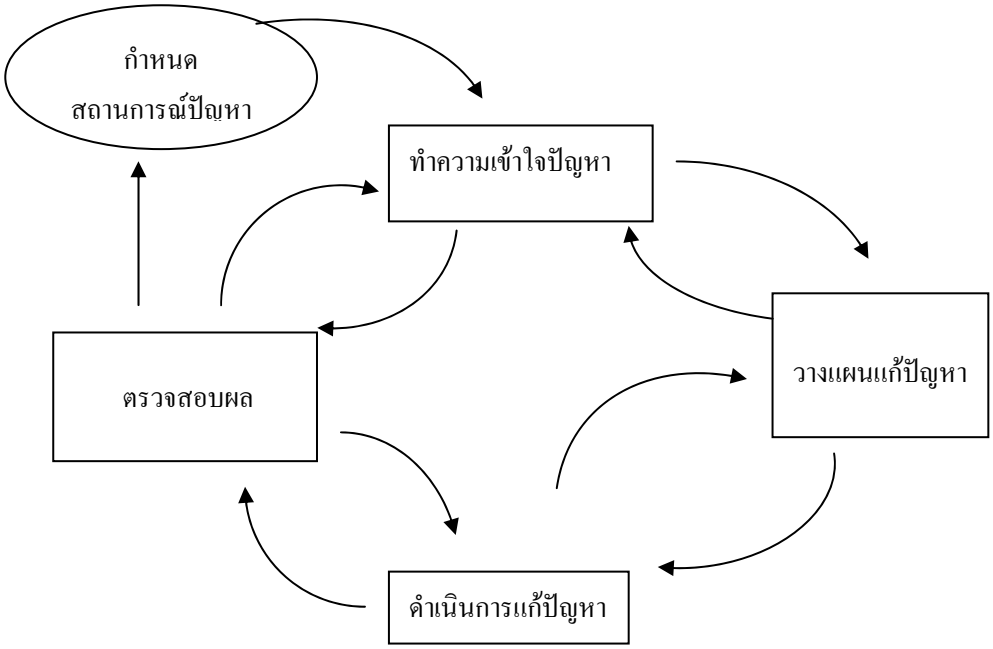
2.เสนอปัญหาในรูปที่สามารถดำเนินการได้

3.ตั้งสมมติฐานและเลือกวิธีดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบของปัญหา

4.ตรวจสอบสมมติฐานและดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบหรือชุดคำตอบที่เป็นไปได้

5.วิเคราะห์และประเมินคำตอบ รวมถึงวิธีซึ่งนำไปสู่การค้นพบยุทธวิธีในการแก้ปัญหา อ่านปัญหา พิจารณาปัญหา แก้ปัญหา ตรวจสอบคำตอบ อ่านปัญหา ทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา ตรวจสอบผล หรือ กระบวนการแก้ปัญหา

วิลสัน, เฟอร์นันเดช และฮาดาเวย์ (Wilson, Fernandez and Hadaway 1993 : 60 – 62 , อ้างถึงใน สมเดช บุญประจักษ์ 2540 : 17 ) ได้ปรับปรุงแก้ไขกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา โดยเสนอเป็นกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่แสดงความเป็นพลวัตร(Dynamic) และเป็นวงจรของขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ดังแผนภูมิที่ 2




แผนภูมิที่ 2 กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตร

ที่มา : สมเดช บุญประจักษ์, “การพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือ” (กรุงเทพมหานคร : ม.ป.ท.,2540),17.

ลูกศร แสดงการตัดสินใจ ที่เป็นการทำงานจากขั้นตอนหนึ่งไปสู่อีกขั้นตอนหนึ่ง หรืออาจเป็นการพิจารณาย้อนกลับไปขั้นตอนเดิม หากมีปัญหาหรือข้อสงสัย จะเห็นว่ากระบวนการไม่จำเป็นต้องเป็นแนวตรงดังรูปแบบเดิม เช่น เมื่อผู้เรียนทำการแก้ปัญหาในขั้นตอนแรก คือ ทำความเข้าใจปัญหาแล้วเคลื่อนไปสู่ขั้นการวางแผน ระหว่างนั้นผู้เรียนอาจค้นพบสิ่งที่ทำให้เข้าใจปัญหาได้ดียิ่งขึ้น หรือขณะที่ผู้เรียนดำเนินการตามแผนที่วางไว้แต่ไม่สามารถดำเนินการได้ ผู้เรียนอาจจะกลับไปเริ่มวางแผนใหม่หรือทำความเข้าใจปัญหาใหม่ ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวเป็นการดำเนินการที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหา โดยไม่จำเป็นต้องเริ่มต้นใหม่ในขั้นทำความเข้าใจปัญหาเสมอไป

**ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนมีดังนี้**

1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสามารถด้านนี้ คือ ทักษะการอ่านและการฟัง เนื่องจากผู้เรียน จะรับรู้ปัญหาได้จากการอ่านและการฟัง ผู้เรียนต้องอ่านอย่างรอบคอบ วิเคราะห์และทำความเข้าใจกับปัญหาโดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับศัพท์ บทนิยาม มโนมติ และข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อที่จะได้ตัดสินใจว่าควรจะทำอะไรและอย่างไรเป็นการแสดงออกถึงศักยภาพทางสมองของผู้เรียนในการระลึก การนำมาเชื่อมโยงกับปัญหาที่เผชิญอยู่

2. ทักษะในการแก้ปัญหา เมื่อผู้เรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาอยู่เสมอ ย่อมมีโอกาสที่จะพบ

ปัญหาต่าง ๆ หลายรูปแบบ ทั้งที่มีโครงสร้างของปัญหาที่คล้ายคลึง หรือแตกต่างกัน การเผชิญกับปัญหาที่แปลกใหม่ การเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมจะเป็นการสั่งสมประสบการณ์ในการแก้ปัญหา ทำให้สามารถวางแผนเพื่อกำหนดยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสม

3. ความสามารถในการคิดคำนวณและความสามารถในการใช้เหตุผล เมื่อทำความเข้าใจกับปัญหา และวางแผนการปัญหาเรียบร้อยแล้ว ก็ต้องลงมือปฏิบัติตาม แผนที่วางไว้ ซึ่งบางปัญหาต้องใช้การคิดคำนวณ บางปัญหาต้องใช้กระบวนการใช้เหตุผล ผู้เรียนต้องมีความเข้าใจในกระบวนการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เท่าที่จำเป็นและเพียงพอในระดับของตน

4. แรงขับ ในการแก้ปัญหาผู้เรียนจะพบปัญหาที่แปลกใหม่ ปัญหาที่ไม่เคยพบเจอมาก่อน ปัญหา ที่ไม่สามารถหาคำตอบในทันทีทันใด ต้องคิดวิเคราะห์อย่างเต็มที่เพื่อจะหาคำตอบให้ได้ จึงจำเป็นที่ผู้เรียนต้องมีแรงขับที่จะสร้างพลังในการคิด ซึ่งแรงขับนี้มาจากความสนใจ เจตคติ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความสำเร็จ ตลอดจนความซาบซึ้งในการแก้ปัญหา ซึ่งแรงขับนี้ผู้เรียนต้องใช้เวลาในการบ่มเพาะมายาวนาน

5. ความยืดหยุ่น การจะเป็นนักแก้ปัญหาที่ดี ผู้เรียนต้องมีความยืดหยุ่นในการคิด คือ ไม่ยึดติดกับรูปแบบ การแก้ปัญหาแบบใดแบบหนึ่ง หรือยึดติดรูปแบบที่ตนเองคุ้นเคย แต่ต้องยอมรับรูปแบบและวิธีการใหม่ๆ อยู่เสมอ ความยืดหยุ่นเป็นความสามารถในการปรับกระบวนการแก้ปัญหาโดยบูรณาการความเข้าใจทักษะและความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ

6. ความรู้พื้นฐาน ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความเชื่อมโยงกับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ผู้เรียนต้องมีความรู้พื้นฐานที่ดีพอ สามารถนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับสาระของปัญหา ระดับสติปัญญา การแก้ปัญหาจำเป็นต้องใช้การคิดระดับสูง สติปัญญาจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งประการหนึ่งใน การแก้ปัญหา ซึ่งมีส่วนสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้ปัญหา ผู้ที่มีสติปัญญาดีจะมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีกว่าผู้ที่มีสติปัญญาที่ด้อยกว่า

7. การอบรมเลี้ยงดู ผู้เรียนที่มาจากครอบครัวที่มีการเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย ให้โอกาสแสดงความคิดเห็น คิดและตัดสินใจได้ด้วยตนเอง มีแนวโน้มที่จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่าผู้เรียนที่มาจากครอบครัวที่เลี้ยงแบบปล่อยปละละเลยหรือเข้มงวดเกินไป

8. วิธีสอนของครู การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดอย่างอิสระมีเหตุผล ให้ ความสำคัญกับการคิดของผู้เรียน ย่อมส่งเสริมให้ผู้เรียน มีความสามารถในการแก้ปัญหาดีกว่า แบบที่บทบาทการเรียนการสอนตกอยู่ที่ผู้สอนแต่เพียงฝ่ายเดียวนอกจากนี้การจัดสภาพแวดล้อมก็มีผลที่เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถของผู้เรียนเช่นกัน (สมาคมผู้สอนคณิตศาสตร์ ในสหรัฐอเมริกา (NCTM) 1991 : 57, อ้างถึงใน สมเดช บุญประจักษ์ 2540:33 )

9.สภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน คือ

บรรยากาศที่ยอมรับและเห็นคุณค่าของแนวคิด วิธีการคิด และความรู้สึกของผู้เรียน,ให้เวลาในการสำรวจแนวคิดทางคณิตศาสตร์,ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำงานทั้งส่วนบุคคลและร่วมมือกัน,ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลองใช้ความสามารถในการกำหนดปัญหาและสร้างข้อคาดเดา,ให้ผู้เรียนได้ให้เหตุผลและสนับสนุนแนวคิดด้วยข้อความทางคณิตศาสตร์ กอนซาเลส (Gonzales 1994 : 74 ) ได้ให้ความเห็นว่า บรรยากาศที่ส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ต้องเป็นบรรยากาศที่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกสะดวกสบายในการแสดงแนวคิด ไม่เข้มงวด เอาจริงเอาจังจนเกิดความตึงเครียด เพราะถ้าผู้เรียนเกิดความรู้สึกกลัวในสิ่งที่ทำผิดพลาด หรือกลัวถูกหัวเราะเยาะจากเพื่อนผู้เรียนจะไม่กล้าซักถาม ไม่กล้าแสดงความคิดเห็น ฉะนั้น ผู้สอนจะต้องจัดบรรยากาศของชั้นเรียนที่ทำให้ผู้เรียนมีความรู้สึกเป็นอิสระเป็นบรรยากาศที่ส่งเสริมให้มีการสำรวจ สืบค้น ให้เหตุผล และสื่อสารกัน

สรุปได้ว่า แนวทางที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ได้แก่ ปัญหาที่นำมาใช้บรรยากาศในชั้นเรียน การเปิดโอกาสให้เด็กได้แสดงความคิด เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของผู้สอน เป็นต้น

**การพัฒนาทักษะกระบวนการให้เหตุผล**

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM 1989:81)กล่าวว่า การให้เหตุผลเป็นการสร้างข้อคาดเดาและตรวจสอบข้อคาดเดา จากสถานการณ์ที่กำหนดจำเป็นต้องใช้การให้เหตุผลทั้งแบบอุปนัยและนิรนัย

โอดาฟเฟอร์ (O'Daffer 1990:378 , อ้างถึงใน ชัยรัตน์ สุลำนาจ 2547: 53) มองว่าทักษะการให้เหตุผลที่มีความสำคัญต่อความสำเร็จทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ 2 ประการ คือ

1. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) เป็นกระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ซึ่งเกี่ยวกับการใช้ข้อมูลในการสร้างหลักการใหม่ ค้นหารูปแบบทั่วไป รูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายสมบัติและโครงสร้างต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์เพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นมโนมติหรืออาจกล่าวได้ว่า การให้เหตุผลแบบอุปนัยเกิดจากผลของกรณีเฉพาะหลาย ๆ ตัวอย่าง แล้วนำไปสู่การสรุปเป็นกฎเกณฑ์ทั่วไป

2. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) เป็นกระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้รูปแบบการลงความเห็นที่สมเหตุสมผลในการสรุปจากหลักฐานที่ปรากฏเป็นการพิสูจน์ข้อสรุปและตัดสินความถูกต้องของขั้นตอนการคิด การให้เหตุผลแบบนี้เป็นการให้เหตุผลที่เป็นระบบตรรกะ เป็นการให้เหตุผลที่ใช้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน คือ อนิยาม นิยาม สัจพจน์ และทฤษฎีบท อาจกล่าวได้ว่า การให้เหตุผลแบบนิรนัย เป็นการให้เหตุผลที่ใช้ข้อสรุปที่เป็นกฎเกณฑ์ทั่วไปเป็นหลักแล้วจะได้ผลสรุปของกรณีเฉพาะที่สอดคล้องกับกฎเกณฑ์หลักการที่เป็นจริงเสมอ

บารูดี้ (Baroody 1993:2-59) ได้กล่าวถึงการให้เหตุผลที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ว่ามี 3 ประการ โดยเพิ่มการให้เหตุผลแบบสามัญสำนึก (Intuitive Reasoning) เป็นอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งเป็นลักษณะของการให้เหตุผลที่เกิดจากการหยั่งรู้ (Insight) หรือเกิดจากลางสังหรณ์ไม่ได้มีข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดในการตัดสินใจ หรือตัดสินใจจากสิ่งที่เห็นได้ชัดเจน หรือจากความรู้สึกภายในส่วนอีก2ประเภทคือ การให้เหตุผลแบบอุปนัยและการให้เหตุผลแบบนิรนัยเช่นเดียวกับของโอดาฟเฟอร์

เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์เกี่ยวข้องของการให้เหตุผลทั้ง 3 ประการของบารูดี้ จะเห็นว่าในกระบวนการสืบค้นทางคณิตศาสตร์มักเริ่มด้วยการสรุปจากการให้เหตุผลแบบสามัญสำนึกหรืออุปนัยที่เรียกว่า การสร้างข้อคาดเดา (Conjecture) แล้วตรวจสอบข้อคาดเดาโดยการพิสูจน์ ซึ่งก็คือการให้เหตุผลแบบนิรนัยนั่นเอง

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า ทักษะการให้เหตุผล หมายถึง ความสามารถ/ความชำนาญการแสดงแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการสร้างหลักการ การอ้างอิงและเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล

**มาตรฐานของทักษะการให้เหตุผล**

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM 2000 : 56-59 , อ้างถึงใน ชัยรัตน์ สุลำนาจ 2547:54 ) ได้กำหนดมาตรฐานของการให้เหตุผล (Reasoning) ไว้ดังนี้

โปรแกรมการสอนตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงเกรด 12 มุ่งให้นักเรียนสามารถ

1. มีความเข้าใจเกี่ยวกับการให้เหตุผลและการพิสูจน์ในฐานะที่เป็นพื้นฐานสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ ประสบการณ์เดิมของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ มีส่วนสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงการให้เหตุผล เช่นคำถามนี้ “ทำไมคุณถึงคิดว่ามันเป็นจริง” “มีใครคิดคำตอบได้แตกต่างจากนี้หรือไม่”และ “ทำไมจึงคิดเช่นนั้น” ช่วยให้นักเรียนเห็นว่าคำอธิบายจะต้องได้รับการสนับสนุนหรือโต้แย้งอย่างชัดเจน นักเรียนอาจต้องอาศัยสิ่งที่เป็นที่มาของเหตุผลของเขา (พี่สาวบอกฉันมาอย่างนี้ ) หรือแม้แต่การลงคะแนนก็เป็นการระบุถึงคำอธิบายที่ดีที่สุดได้ แต่นักเรียนต้องเรียนรู้และตกลงกันว่าข้อโต้แย้งแบบใดที่สามารถยอมรับได้ในการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นขั้นแรกของความจริงที่ว่าการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานในเรื่องสมมติฐานและกฎเกณฑ์

คุณค่าของวิชาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าสนใจ ความมีคุณค่าเป็นเรื่องปกติสำหรับเหตุผลที่ดี นักเรียนที่เรียนคณิตศาสตร์เข้าใจถึงสิ่งนี้ พิจารณาได้จากตัวอย่าง “กลมหัศจรรย์” ซึ่งอาจพบในหนังสือคณิตศาสตร์ที่แต่งขึ้นมาใหม่

“เขียนอายุของคุณลงในกระดาษแล้วบวกด้วย 5 นำผลที่ได้คูณ 2 แล้วบวกด้วย 10 นำผลที่คูณด้วย 5 จงบอกผลลัพธ์ที่ได้กับฉัน ฉันสามารถทายอายุของคุณได้”

การกระทำดังกล่าวหาคำตอบได้โดยการตัด 0 ตัวสุดท้ายจากผลลัพธ์ที่คุณได้และลบจำนวนที่เหลือด้วย 10 ผลลัพธ์ที่ได้คืออายุของคน ๆนั้น “ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น” นักเรียนในทุกระดับชั้นสามารถสำรวจและอธิบายปัญหาดังกล่าวได้ด้วยตัวของเขาเอง

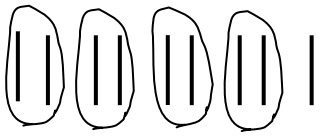
การให้เหตุผลอย่างเป็นระบบเป็นการนิยามที่เป็นลักษณะที่สำคัญทางคณิตศาสตร์เป็นการสร้างนิยามในเนื้อหาทั้งหมดและเป็นสิ่งที่ต้องกวดขันในแต่ละระดับชั้น ตัวอย่างเช่น ในเกรด 1 นักเรียนสามารถเขียนจำนวนคู่และจำนวนคี่สลับกันได้ ในเกรด 3 สามารถคาดการณ์และให้เหตุผลอย่างเป็นกันเองโดยการพับกระดาษว่า เส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยมตั้งฉากกัน ในชันมัธยมศึกษาตอนต้นสามารถระบุได้ว่า คำตอบที่ได้จะเป็นจำนวนคู่หรือจำนวนคี่ เมื่อกำหนดตัวเลข 2 ตัว ยกกำลัง 3 และจำนวนที่เกิดขึ้นเป็นพหุคูณ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายสามารถตอนปลายสามารถตอบคำถามได้ เมื่อให้พิจารณาว่ามีอะไรเกิดขึ้นเมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใต้การถ่ายทอดเชิงเส้นเปลี่ยนแปลง

2. คาดการณ์และสืบสวนการคาดการณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ การดำเนินการในวิชาคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า การคาดการณ์เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการเดาซึ่งเป็นแนวทางหลักในการศึกษาค้นคว้า ครูและนักวิจัยลงความเห็นกันว่า นักเรียนสามารถเรียนรู้การคาดการณ์ แก้ไข และทดสอบการคาดการณ์ในระดับประถมศึกษาได้ การเริ่มต้นในช่วงแรก ๆ ครูสามารถช่วยให้นักเรียนเรียนรู้การคาดการณ์ได้ด้วยการตั้งคำถามเช่น “นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นต่อไปจากนี้” “แบบรูปคืออะไร” เป็นจริงเช่นนี้เสมอไปหรือไม่” “หรือบางครั้ง” การหลีกเลี่ยงงานที่กำหนดไว้สามารถช่วยให้นักเรียนเรียนรู้การคาดการณ์ได้ เช่นแทนที่จะบอกกับนักเรียนว่า “ค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลจะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า เมื่อกลุ่มข้อมูลนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า” ครูควรถามว่า “สมมติว่าของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า แล้วค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างนี้จะเปลี่ยนไปอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น” นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจะให้โปรแกรมที่ปรับเปลี่ยนรูปทางเรขาคณิตได้(Dynamic geometry software) ช่วยในการซักถามครู เพื่อให้นักเรียนสังเกตเกี่ยวกับแบบรูปของภาพที่ใช้จุดกลางร่วมกันของด้านที่อยู่ติดกันของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและให้นักเรียนพิสูจน์ให้ได้ เพื่อให้คาดการณ์ได้ นักเรียนต้องได้รับโอกาสที่เหมาะสมและหลาย ๆ ครั้ง เนื้อหาที่ใช้ต้องสร้างความสนใจเพื่อให้เกิดการเรียนรู้

นักเรียนจะแสดงการคาดการณ์และอธิบายความคิดในรูปของคำพูดโดยใช้ของจริงและของตัวอย่าง นักเรียนในทุกระดับชั้นจะเรียนรู้ด้วยการสืบสวนการคาดการณ์ของตัวเองโดยใช้ของจริง เครื่องคำนวณและเครื่องมืออื่นๆ เมื่อเรียนในระดับต่อไปจะใช้การนำเสนอทางคณิตศาสตร์และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์นักเรียนต้องเรียนรู้การทำงานร่วมกับผู้อื่นในการวางแผนและสำรวจการคาดการณ์ของพวกเขา ฟังและทำความเข้าจากการคาดการณ์และอธิบายนำเสนอต่อเพื่อร่วมชั้น

ครูสามารถช่วยนักเรียนโดยการดูการคาดการณ์ของนักเรียนว่ายังยึดเนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่งหรือยึดเนื้อหาใหม่ ตัวอย่างเช่น ความคิดเห็นทั่วไปที่ว่า “การคูณทำให้มีค่ามากขึ้น” เป็นสิ่งที่ถูกต้องในการกระทำของนักเรียนในเรื่องจำนวนเต็มที่มีค่ามากกว่า 1 เหมือนที่นักเรียนได้เรียนมาในเรื่องเศษส่วน การคาดการณ์เช่นนี้ต้องตรวจทานอีกครั้งหนึ่ง นักเรียนอาจจะไม่มีความรู้และเครื่องมือทางคณิตศาสตร์เสมอไปพวกเขาต้องหาเหตุผลสำหรับการคาดการณ์หรือตัวอย่างที่ขัดแย้งกัน ตัวอย่างเช่น ในเรื่องหลักการทำงานของนักเรียนในการเขียนกราฟด้วยเครื่องคำนวณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความเชื่อว่าฟังก์ชันพหุนามมีค่ามากกว่า 0 และน้อยกว่า 0 เมื่อตัดแกน x ที่จุดใดจุดหนึ่ง ครูสามารถชี้ให้เห็นว่าในการแข่งขันการพิสูจน์นักเรียนต้องมีความรู้มากกว่านักเรียนส่วนใหญ่ที่เข้าร่วมการแข่งขัน

3. สามารถพัฒนาและประเมินข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ และการพิสูจน์ได้ ในการคาดการณ์และสืบสวนการคาดการณ์ นักเรียนจะเรียนรู้เพื่อใช้ในการตอบคำถาม “ทำไมต้องทำเช่นนี้” นักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษามักจะอ้างเหตุผลโดยใช้กรณีที่เฉพาะเจาะจง ตัวอย่างเช่น นักเรียนอาจนำเสนอจำนวนคี่ด้วยเลข 9 ดังภาพที่ 3 และบันทึกไว้ว่าจำนวนคี่ คือ มีจำนวนที่อยู่นอกเหนือจากทางซ้ายอยู่หนึ่งจำนวน นักเรียนอาจให้เหตุผลว่าจำนวนคี่จะมีความพิเศษในหน่วยนี้และเมื่อจำนวนที่ 2 จำนวนมารวมกันได้เท่ากับ 2 ความพิเศษในหน่วยนี้จะเป็นคู่ ทำให้จำนวนคู่ไม่มีความพิเศษเลย



ภาพที่ 3 วิธีการนำเสนอจำนวนคี่ด้วยเลข 9

ที่มา: ชัยรัตน์ สุลำนาจ , “ผลการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ ที่มีต่อทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3” (กรุงเทพมหานคร : ม.ป.ท.,2547),56.

ในชั้นประถมศึกษาตอนปลายนักเรียนจะให้เหตุผลในรูปทั่วๆ ไปมากกว่าและสามารถอธิบายข้อสรุปทางคณิตศาสตร์อื่นๆ การใช้ข้อเท็จจริงที่ว่ารูปที่ทับกันสนิทจะมีพื้นที่เท่ากันเพราะว่ารูปสามเหลี่ยมเกิดจากการแบ่งครึ่งของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า นักเรียนถูกคาดหวังว่าจะสร้างความสัมพันธ์ของชุดการให้เหตุผลที่ซับซ้อนและหาเหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ ในการช่วยนักเรียนพัฒนาและให้เหตุผลการคาดการณ์ทั่วๆ ไป และการคาดการณ์ที่ขัดแย้งกันด้วย โดยครูตั้งคำถามว่า “ต้องทำเช่นนี้เสมอไปหรือไม่” “หรือว่าบางครั้ง” “หรือว่าไม่เคยเลย” “ทำไม” ส่วนที่เพิ่มเติมนี้เป็นการอธิบายในกรณีทั่วๆ ไปในด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์มากกว่าการอ้างเหตุผลแบบผิดๆ ซึ่งจะเกิดขึ้นในระดับชั้นต่อไป

นักเรียนสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับการให้เหตุผลโดยการอภิปรายในชั้นเรียนตัวอย่างเช่น “ถ้ามีจำนวนที่หารด้วย 6 และ 4 ลงตัวแล้วสามารถหารด้วย 24 ลงตัวได้ด้วย” สามารถตรวจสอบได้หลายๆ วิธีในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจะพบข้อขัดแย้งจากตัวอย่างดังกล่าว “12 หารด้วย 6 และ 4 ลงตัวแต่หารด้วย 24 ไม่ได้” นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายอาจพบความสัมพันธ์ของการคาดการณ์ที่เกี่ยวข้องกับจำนวนเฉพาะ ซึ่งนักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือสำรวจความสัมพันธ์ของการคาดการณ์อื่นมีทั้งข้อโต้แย้งที่มีเหตุผลและข้อโต้แย้งทีมีข้อบกพร่อง ซึ่งถูกนำเสนอโดยนักเรียนเป็นผู้สร้างสรรค์การอภิปรายที่เหมาะสม เมื่อนักเรียนเลื่อนชั้นขึ้นไปนักเรียนจะเปรียบเทียบความคิดของตนเองกับความคิดของผู้อื่น ซึ่งอาจเป็นเหตุให้ต้องแก้ไข รวบรวม หรือสนับสนุนข้อโต้แย้งหรือการให้เหตุผลของพวกเขา ในชั้นเรียนจะได้รับการส่งเสริมการนำเสนอความคิดและได้รับการสนับสนุนด้วยการประเมินความคิดของคนอื่นๆ โยการจัดสภาพแวดล้อมที่ดีในการเรียนรู้ในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

การอธิบายของนักเรียนจะใช้ภาษาของตนเองและนำเสนอด้วยคำพูดหรือวัตถุนักเรียนสามารถเรียนรู้การให้เหตุผลเป็นข้อ ๆ โดยการนำเสนอการคิดของตนเองภายในกลุ่มภายในชั้นเรียนและนอกชั้นเรียน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายใช้ความสามารถในการนำเสนอข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ในรู้การเขียน ซึ่งจะได้รับการยอมรับว่าเป็นนักคณิตศาสตร์ที่มีความเชี่ยวชาญ ในส่วนของการให้เหตุผลหรือการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์เป็นการอธิบายข้อโต้แย้ง “พิสูจน์ได้ใน 2 คอลัมน์” หรือเป็นการแสดงข้อโต้แย้งที่มีความสำคัญน้อยกว่าการสื่อสารที่ชัดเจนและถูกต้องของความคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมในระดับชั้นต่อไป

4. เลือกและใช้วิธีการในการให้เหตุผลต่าง ๆ และวิธีการพิสูจน์ได้ ในชั้นประถมศึกษาการให้เหตุที่นักเรียนเรียนรู้และใช้ในชั้นเรียนเป็นการเปรียบเทียบในเรื่องการให้เหตุผลเชิงนิรนัยทางตรรกศาสตร์โดยนักคณิตศาสตร์ นอกเหนือจากการเรียนแล้วครูสามารถช่วยนักเรียนเรียนรู้รูปแบบในการให้เหตุผลและการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์โดยแสดงวิธีการให้เหตุผลในรูปแบบต่างๆ ต่อนักเรียน การให้เหตุผลทางพีชคณิตและเรขาคณิต การให้เหตุผลในเรื่องสัดส่วน การให้เหตุผลในเรื่องความน่าจะเป็น การให้เหตุผลทางสถิติ และการให้เหตุผลในเรื่องอื่นๆ นักเรียนต้องเผชิญและสร้างความชำนาญในทุกรูปแบบที่กล่าวมา

นักเรียนได้รับการส่งเสริมในการให้เหตุผลจากสิ่งที่พวกเขารู้ นักเรียนที่แก้ปัญหา 6+7 โดยการนำ 6+6 ก่อนแล้วบวกเข้าอีก1 เป็นการอธิบายความรู้ของนักเรียนในการบวกเป็นคู่และเพิ่มอีก 1 แล้วนำมารวมกัน นักเรียนถูกสอนให้แสดงความรู้อย่างชัดเจนในส่วนที่เขาได้สร้างข้อโต้แย้งและให้เหตุผลขึ้นมา

ความพยายามในการให้เหตุผลของนักเรียนจะเกี่ยวข้องกับยุทธวิธีในการลองผิดลองถูก หรือความไม่เป็นระบบระเบียบในกรณีอื่น ๆ ด้วยการแนะนำและการให้โอกาสในการสำรวจการทดลองทั้งหมดและการสร้างสรรค์ข้อโต้แย้งที่ใช้ในกรณีต่าง ๆ จากการวิจัยพบว่า การพิสูจน์ของนักเรียนในเกรด 5 โดยใช้กรณีในการตอบปัญหา

การพิสูจน์โดยข้อโต้แย้งมีความเป็นไปได้ นักเรียนในเกรด 1 เกิดข้อโต้แย้งจากความรู้ของเขาในเรื่องแบบรูปของจำนวนเต็มว่า 0 คือจำนวนคู่ “ถ้า 0 เป็นจำนวนคี่แล้ว 0 และ 1 จะเป็นจำนวนคี่ ทั้งสองจำนวนอยู่ในแถวเดียวกัน จำนวนคู่และจำนวนคี่สลับกัน ดังนั้น 0 ต้องเป็นจำนวนคู่” การเริ่มเรียนในชั้นประถมศึกษา นักเรียนสามารถเรียนรู้การคาดการณ์ที่ขัดแย้งโดยหาตัวระดับชั้นที่สูงขึ้น นักเรียนจะเรียนรู้พื้นฐานการสร้างข้อโต้แย้งเชิงนิรนัยบนข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ที่พวกเขาสร้างขึ้นในชั้นเรียน

**แนวทางการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์**

การคิดกับการให้เหตุผลมีส่วนสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดและเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้และการแก้ปัญหา ด้วยเหตุนี้ นักการศึกษาจึงให้ความสนใจเกี่ยวกับการสอนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดอย่างมีระบบเหตุผลมากขึ้น ได้พยายามศึกษา ทดลอง เพื่อหาว่าทักษะการคิดอะไรที่จำเป็นและเป็นพื้นฐานของการคิดอย่างมีเหตุผล สอนอย่างไรจึงจะทำให้เกิดทักษะที่ต้องการเหล่านั้นได้มีกล่าวถึงการสอนไว้ 3 ทาง คือ แนวทางการสอนเพื่อให้คิด (Teaching for Thinking) แนวทางการสอนการคิด (Teaching of Thinking) และแนวทางการสอนเกี่ยวกับการคิด (Teaching about Thinking) โดยมีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้ (Brandt 1984 : 3)

1. การสอนเพื่อให้คิด การสอนตามแนวทางนี้เน้นในด้านการสอนเนื้อหาวิชา โดยมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการสอนเพื่อเพิ่มความสามารถในด้านการคิดของนักเรียน

2. การสอนการคิด การสอนตามแนวทางนี้มีจุดเน้นเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองที่นำมาใช้ในการคิดโดยเฉพาะ โดยเน้นไปที่ทักษะการคิดหรือเป็นแนวทางที่สอนทักษะการคิดโดยตรง แนวทางในการสอนนั้นจะมีลักษณะที่แตกต่างกันหลายแนวทาง ตามความเชื่อพื้นฐานของผู้จัดสร้างแนวทางการสอน

3. การสอนเกี่ยวกับการคิด การสอนตามแนวทางนี้เป็นแนวทางที่ใช้การคิดเป็นเนื้อหาสาระของการสอน โดยมุ่งให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ถึงสิ่งที่เป็นความคิดของตนเอง โดยรู้ว่าตนกำลังทำอะไร ต้องการรู้อะไร และในขณะที่กำลังคิดอยู่นั้นตนเองรู้อะไรและไม่รู้อะไร ซึ่งสิ่งดังกล่าวนี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้เข้าใจถึงกระบวนการคิดของตนเอง อันก่อให้เกิดทักษะที่เรียกว่า การสังเคราะห์ความคิด(Meta cognition) ของตนเอง แนวทางการสอนเกี่ยวกับการคิดนี้เริ่มเป็นที่สนใจของนัก

การศึกษาทั่วไปเพิ่มขึ้น โดยเชื่อว่าเป็นแนวทางที่ทำให้ผู้เรียนสามารถค้นหาข้อบกพร่องของตน เพื่อเป็นแนวทางแก้ไขได้ตรงจุด

เนื่องจากความสามารถในการคิดและการให้เหตุผลเป็นทักษะที่ต้องใช้การฝึกและฝึกจากประสบการณ์ที่หลากหลาย และควรได้รับการฝึกอย่างต่อเนื่องจากบรรยากาศของชั้นเรียนที่สนับสนุนให้อธิบาย แลกเปลี่ยนความคิด ชี้แจงเหตุผลและแก้ปัญหาร่วมกัน ดังนั้นการพัฒนาความสามารถในการคิดและการให้เหตุผล ควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมและแสดงพฤติกรรมในการสืบค้น คาดการณ์ ค้นหาวิธีพิสูจน์ สังเกตรูปแบบ ชี้แจงเหตุผลของแนวคิด โดยการอธิบายรูปแบบ แสดงด้วยภาพหรือแบบจำลอง และตอบคำถามต่าง ๆ เช่น “ทำไม” “อะไรจะเกิดขึ้นถ้า...” “จงให้ตัวอย่างของ...” “สามารถใช้วิธีการอื่นได้หรือไม่ ถ้าการดำเนินการเดิมไม่บรรลุผล” ล้วนเป็นคำถามที่ก่อให้เกิดการคิด การสร้างข้อคาดเดา การกำหนดรูปแบบ (Modeling) และการอธิบาย ซึ่งเป็นลักษณะการให้เหตุผลเกี่ยวกับสถานการณ์(Lappan and Schram 1989:18-19)

นอกจากเตรียมกิจกรรมให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมและแสดงพฤติกรรมที่เป็นการฝึกทักษะและพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลแล้ว โรแวน และมอโรว์(Rowan and Morrow.1993 : 16-18) ยังได้ให้ข้อคิดเกี่ยวกับบรรยากาศในชั้นเรียนว่า เป็นสิ่งสำคัญมากที่ครูต้องจัดบรรยากาศที่แสดงให้นักเรียนเห็นว่า การให้เหตุผลเป็นสิ่งที่สำคัญกว่าการได้เพียงคำตอบที่ถูกต้องซึ่งบรรยากาศนั้นต้องไม่ทำให้นักเรียนรู้สึกหวาดกลัวเป็นบรรยากาศที่สนับสนุนส่งเสริมให้นักเรียนได้พูดอธิบายและแสดงเหตุผลของแนวคิด ได้กระทำและสรุปพร้อมทั้งแสดงการยืนยันข้อสรุปของแนวคิดนั้น ๆ

กิลฟอร์ดและ ฮอฟเนอร์ (Guiford and Hoepfner 1971 :28-32) ได้ให้ความเห็นว่าการพัฒนาบุคคลให้มีความสามารถในการให้เหตุผลนั้น ต้องเริ่มจากการส่งเสริมให้บุคคลได้คิดอย่างมีเหตุผล ความสามารถในการให้เหตุผลดังกล่าวนี้เป็นสิ่งที่จำเป็นที่โรงเรียนควรจัดทำและเป็นสิ่งที่สามารถฝึกได้โดยสอนควบคู่กับเนื้อหาวิชาปกติ หรือในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เหมาะสม

กระทรวงศึกษาธิการ,กรมวิชาการ (2545 : 195-199) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนรู้จักคิดเป็นสิ่งสำคัญ โดยทั่วไปเข้าใจกันว่าการฝึกให้รู้จักการให้เหตุผลที่ง่ายที่สุด คือ การฝึกจากการเรียนเรขาคณิตตามแบบยูคลิด เพราะมีโจทย์ที่เกี่ยวกับการให้เหตุผลมากมาย มีทั้งการให้เหตุผลอย่างง่าย ปานกลาง และยากมาก แต่ที่จริงแล้วการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิดและให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผลนั้นสามารถสอดแทรกได้ในการเรียนรู้ทุกเนื้อหาของวิชาคณิตศาสตร์และวิชาอื่นๆ ด้วย

**องค์ประกอบหลักที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถคิดอย่างมีเหตุผลและรู้จักให้เหตุผลมีดังนี้**

1.ควรให้ผู้เรียนได้พบกับโจทย์หรือปัญหาที่ผู้เรียนสนใจ เป็นปัญหาที่ไม่ยากเกินความสามารถของผู้เรียนที่จะคิดและให้เหตุผลในการหาคำตอบได้

2. ให้ผู้เรียนมีโอกาสและเป็นอิสระที่จะแสดงออกถึงความคิดเห็นในการใช้และให้เหตุผลของตนเอง

3.ผู้สอนช่วยสรุปและชี้แจงให้ผู้เรียนเข้าใจว่า เหตุผลของผู้เรียนถูกต้องตามหลักเกณฑ์หรือไม่ ขาดตกบกพร่องอย่างไร

การเริ่มต้นที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ และเกิดทักษะในการให้เหตุผล ผู้สอนควรจัดสถานการณ์หรือปัญหาที่น่าสนใจให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนและคอยช่วยเหลือโดยกระตุ้นหรือชี้แนะอย่างกว้าง ๆ โดยใช้คำถามกระตุ้นด้วยคำว่า “ทำไม” “อย่างไร” “เพราะเหตุใด” เป็นต้น พร้อมทั้งให้ข้อคิดเพิ่มเติมอีก เช่น “ถ้า.....แล้ว ผู้เรียนคิดว่า..... จะเป็นอย่างไร” ผู้เรียนที่ให้เหตุผลได้ไม่สมบูรณ์ ผู้สอนจะต้องไม่ตัดสอนด้วยคำว่าไม่ถูกต้อง แต่อาจใช้คำพูดเสริมแรงและให้กำลังใจว่า คำตอบที่ผู้เรียนตอบมามีบางส่วนถูกต้อง ผู้เรียนคนใดจะให้คำอธิบายหรือให้เหตุผลเพิ่มเติมของเพื่อนได้อีกบ้าง เพื่อให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ร่วมกันมากยิ่งขึ้น

ในการจัดการเรียนรู้ผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดอย่างหลากหลาย โจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ควรเป็นปัญหาปลายเปิด (open-ended problem) ที่ผู้เรียนสามารถแสดงความคิดเห็นหรือให้เหตุผลที่แตกต่างกันได้

**บทบาทของครูในการพัฒนาทักษะการให้เหตุผล**

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM 2000 : 345 -346 , อ้างถึงใน ชัยรัตน์ สุลำนาจ 2547 : 61-62) กล่าวว่า ในการพัฒนาความคิดและการให้เหตุผลของนักเรียนควรทำเป็นประจำครูต้องมีความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์เป็นอย่างดีต้องจัดบรรยากาศในการเรียนคณิตศาสตร์ต้องแสดงให้เห็นความสำคัญของสิ่งที่รู้อย่างมีเหตุผลในเรื่องแบบรูปและข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินความสมเหตุสมผลของข้อเสนอที่ได้อภิปรายไว้ นักเรียนต้องพัฒนาเชื่อมั่นในความสามารถของการให้เหตุผลที่มีต่อคำถามที่มีเหตุผลทางคณิตศาสตร์อื่นๆ วิธีนี้ทำให้นักเรียนเชื่อว่าตรรกศาสตร์สำคัญกว่าอำนาจภายนอกในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ในระดับชั้นอื่นๆ ครูควรพยายามที่จะสร้างบรรยากาศในการอภิปราย การตั้งคำถามและการฟังในชั้นเรียนครูคาดหมายว่านักเรียนจะค้นหา กำหนดและวิจารณ์คำอธิบายของเพื่อนในชั้นเรียนแบบสืบสวนสอบสวน ครูจะต้องช่วยนักเรียนอภิปรายถึงโครงสร้างทางตรรกศาสตร์ด้วยเหตุผลของนักเรียนเอง การวิจารณ์อย่างมีเหตุผลและการอภิปรายข้อคาดการณ์เป็นเนื้อหาสาระที่มีความละเอียดรอบคอบ การเดาอย่างมีเหตุผลสามารถอธิบายได้ถึงแม้ว่าบางครั้งอาจจะผิด ครูสร้างความชัดเจนในแนวคิดหลักที่ไม่มีนักเรียนได้อธิบายไว้ ด้วยคำแนะนำดังกล่าวนักเรียนจะพัฒนามาตรฐานระดับสูงของการยอมรับความคิดเห็นและพวกเขาเข้าใจถึงความถูกต้องและความรับผิดชอบในการพัฒนาและปกป้องเหตุผลของพวกเขา การให้เหตุผลอย่างเป็นกันเองและคำแนะนำการคำนวณเพียงเล็กน้อยทำให้นักเรียนหาผลรวมทางสถิติที่กำหนดให้ได้ คล้ายกับมีความสัมพันธ์ทางสถิติที่กำหนดให้ในหน่วยที่ต่างออกไป แต่อย่างไรก็ตามการให้เหตุผลอย่างเป็นกันเองและการ

สนับสนุนตัวอย่างต้องเริ่มต้นก่อนแทนที่จะอยู่ตอนท้ายในการส่งเสริมสภาพแวดล้อม นักเรียนจะถูกกระตุ้นให้แสดงเหตุผลอย่างระมัดระวังในการจำแนกข้อคาดการณ์ ซึ่งจะพบมาตรฐานกว้างๆ ในกลุ่มวิชาคณิตศาสตร์

**การพัฒนาทักษะกระบวนการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ**

สมาคมครูคณิตศาสตร์ในสหรัฐอเมริกา (NCTM , อ้างถึงใน สมเดช บุญประจักษ์ 2540 : 43-47) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารว่า การเรียนรู้คณิตศาสตร์และการใช้คณิตศาสตร์สื่อสาร มีบทบาทสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจภาษาของคณิตศาสตร์ เป็นสะพานเชื่อมโยงสาระหรือความคิดที่ไม่เป็นทางการหรือสามัญ สำนึกไปสู่ภาษาที่เป็นนามธรรมและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์และยังมีบทบาทสำคัญในการช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงที่สำคัญระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับสื่อที่เป็นวัตถุ รูปภาพ กราฟ สัญลักษณ์ต่าง ๆ คำพูดและการแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ การใช้คณิตศาสตร์สื่อสารยังช่วยให้นักเรียนมีความชัดเจนในแนวคิดและเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งกับสิ่งที่เรียน

Baroody (1993 : 92-99) ได้กล่าวถึงความสำคัญของคณิตศาสตร์กับการสื่อสารว่า คณิตศาสตร์เป็นภาษาหนึ่ง ภาษาของคณิตศาสตร์เป็นภาษาที่ใช้แทนความคิด และสื่อสารแนวคิดที่หลากหลายได้ชัดเจน เที่ยงตรง และรัดกุม Rowan and Morrow (1993:7) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และการสื่อสารเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ทำนองเดียวกันและเพิ่มประเด็นอื่นๆอีก โดยกล่าวถึงประโยชน์ที่สำคัญของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้ คือ เพิ่มความเข้าใจในคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความเข้าใจของนักเรียน นักเรียนเป็นผู้เรียนรู้ ส่งเสริมบรรยากาศที่เหมาะสมแก่การเรียนรู้ และช่วยให้ครูเข้าใจแนวคิดของนักเรียนดีขึ้น นอกจากนี้แล้ว Baroody ยังได้อธิบายถึงเหตุผลสำคัญที่เน้นการสื่อสารในการสอนคณิตศาสตร์ คือ คณิตศาสตร์เป็นเสมือนภาษาภาษาหนึ่ง คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือที่มีคุณค่ามากในการสื่อสารแนวคิดที่ชัดเจน เที่ยงตรง กระชับ และการเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมของสังคม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนและการสื่อสารระหว่างครูกับนักเรียนเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

สมาคมครูคณิตศาสตร์ในสหรัฐอเมริกา (NCTM 1989 :214) ได้กล่าวถึงการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยอธิบายว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการใช้ศัพท์สัญลักษณ์และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และได้ระบุความสามารถที่ต้องการให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียนเกี่ยวกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. สามารถแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยการพูด การเขียน การสาธิต และการแสดงให้เห็นภาพ

2. สามารถทำความเข้าใจ แปลความหมายและประเมินแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ที่นำเสนอโดย การเขียน การพูด หรือภาพต่าง ๆ

3. สามารถใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์แสดงแนวคิด อธิบายความสัมพันธ์และจำลองสถานการณ์

การพูดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญ เพราะนักเรียนเรียนรู้ได้โดยผ่านการพูด และการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียน ช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ เรียนรู้วิธีการคิด และมีความชัดเจนในสิ่งที่คิด Hoyles (1985:206-207) กล่าวว่า การให้นักเรียนได้พูดอภิปรายระหว่างนักเรียนกับนักเรียนทำให้เขาเกิดการเชื่อมโยงความรู้ได้เป็นอย่างดี แต่ละคนสามารถขยายแนวความคิดของกันและกันได้ซึ่งจะช่วยให้เกิดความชัดเจนในงานหรือกระบวนการทำงาน Lappan และ Schram (1989:16) ได้ให้ความเห็นสนับสนุนการอภิปรายว่า การอภิปรายแนวคิดและปรับแต่งแนวคิดจากการอภิปราย ช่วยพัฒนายุทธวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนสามารถเรียนรู้จากคนอื่นโดยการพูดและการฟัง นอกจากการเรียนรู้ของนักเรียนแล้ว การอภิปรายในชั้นเรียนจะทำให้ครูได้รู้ว่า นักเรียนคิดอย่างไร และมีความรู้อะไรบ้าง

การเขียนเป็นการสื่อสารที่มีคุณค่าอย่างหนึ่ง ซึ่งครูไม่ค่อยได้ให้นักเรียนฝึกฝนมากนักในการเรียนคณิตศาสตร์การเขียนจะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องราวหรือปัญหาที่กล่าวถึง และช่วยในการพัฒนาการรับรู้คณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น การให้นักเรียนเขียนว่าเขาจะจัดการกับปัญหาอย่างไรและสมาชิกในกลุ่มคิดอย่างไรเกี่ยวกับปัญหา นอกจากจะช่วยให้นักเรียนชัดเจนในความคิดแล้ว ยังทำให้ทราบว่า ครูให้ความสำคัญของการคิด และการให้เหตุผลเกี่ยวกับปัญหา (Lappan and Schram 1989:16) ดังนั้น การเขียนจึงควรเป็นทักษะการสื่อสารที่นักเรียนควรได้ฝึกอย่างสม่ำเสมอในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เพราะนอกจากจะทำให้นักเรียนเกิดความชัดเจนและเข้าใจอย่างลึกซึ้งแล้ว ยังเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนบางคนที่ไม่ถนัดในการพูดได้แสดงแนวคิดที่เขามีอยู่ โดยการเขียนเพื่อเสนอแนวคิดของตนเอง

การอ่านนับเป็นการสื่อสารที่คุณค่ามากเพราะว่าแหล่งความรู้ที่นักเรียนจะต้องประสบส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของหนังสือ เอกสารหรือสิ่งพิมพ์ต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์ก็ควรให้นักเรียนได้ฝึกการอ่านและทำความเข้าใจรายละเอียดในบทเรียนด้วยตนเองจากหนังสือหรือเอกสารต่างๆ ที่เป็นแหล่งข้อมูลความรู้ เป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักการศึกษาค้นคว้า หาข้อสรุปด้วยตนเองมากกว่าจะเป็นเพียงผู้คอยรับความรู้จากครูเท่านั้น(Lappan and Schram 1989:17)

การนำเสนอแนวคิด เป็นการสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ควรใช้ในการเรียนทุกระดับ การแสดงแนวคิดจะรวมถึงการแปลปัญหาหรือแนวคิดไปสู่อีกรูปแบบหนึ่งที่

คุ้นเคยหรือเข้าใจง่าย เช่น การเขียนแทนด้วยแผนภาพ แผนภูมิหรือกราฟ และในทางกลับกัน ให้มีการแปลแผนภาพ แผนภูมิหรือรูปภาพทางกายภาพไปสู่สัญลักษณ์และประโยคภาษา (NCTM 1989 :27)

จากความสำคัญและประโยชน์ของการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารดังกล่าวข้างต้น รวมถึงลักษณะของการสื่อสารทั้งการแสดงแนวคิด การพูด การฟัง การเขียนและการอ่าน เป็นการมุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารแนวคิด โดยอาศัยลักษณะของการสื่อสารดังกล่าว สรุปได้ว่า ความสามารถในการใช้คณิตศาสตร์สื่อสาร หมายถึง ความสามารถในการแสดงแนวคิด นำเสนอแนวคิด และอธิบายความสัมพันธ์ของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถในการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยการพูด การเขียน การแทนด้วยสัญลักษณ์ ความสามารถในการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ในการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์และแสดงความสัมพันธ์ของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการอธิบายแนวคิดและแลกเปลี่ยนแนวคิดทางคณิตศาสตร์

เป้าหมายของการพัฒนาความสามารถในการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารคือ มุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ และความสามารถทางคณิตศาสตร์ และใช้ความรู้ ทักษะ และความสามารถเหล่านั้นในการสื่อสารแนวคิดในกิจกรรมที่ต้องใช้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุตามเป้าหมายดังกล่าว สมาคมครูคณิตศาสตร์ในสหรัฐอเมริกา (NCTM 1989: 26) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการพัฒนาว่า ควรเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการดำเนินการอย่างเต็มที่ในกิจกรรมการสืบค้น การสืบเสาะ การพรรณนาและการอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการใช้คณิตศาสตร์สื่อสาร โดยการอ่าน การพูดและการแสดงแนวคิด จัดการเรียนการสอนให้นักเรียนในชั้นได้มีโอกาสมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน มีโอกาสชี้แจงแนวคิด อธิบายเหตุผล และชวนเชื่อให้บุคคลเห็นด้วยกับแนวความคิดของตนเองจะเป็นการฝึกทั้งการพูดและการฟัง กิจกรรมดังกล่าวจะช่วยให้นักเรียนได้สร้างความรู้ เรียนรู้ที่จะรับฟังแนวคิดในลักษณะต่างๆ และทำให้เกิดความชัดเจนในแนวคิดของตนเอง ดังนั้น การพูด การฟัง การอ่าน การเขียน และการแสดงแนวคิดในลักษณะต่างๆ เป็นกุญแจสำคัญในการพัฒนาทักษะการสื่อสาร

การส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารอาจทำได้โดยการกำหนดกิจกรรม หรือถามคำถามแล้วให้นักเรียนอธิบายแนวคิดออกมา เช่น “เกิดอะไรขึ้นเกี่ยวกับสถานการณ์นั้นๆ” “ทำไมคิดว่าสิ่งเหล่านั้นถูกต้อง” “คำตอบใดมีความหมายสำหรับสถานการณ์ที่กำหนด” “คิดอย่างไรเกี่ยวกับ....” (Lappan and Schram 1989:29) หรือบางครั้งอาจให้อธิบายกระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังจากจบบทเรียนแล้ว โดยให้นักเรียนเขียนประโยคสั้นๆ เช่น ทำอย่างไร ทำไมทำเช่นนั้น ผลเป็นอย่างไร หรือบางครั้งอาจเขียนถึงประวัติความเป็นมาของเรื่องที่ศึกษาอยู่ตอนท้ายชั่วโมง เพราะการเขียนช่วยให้นักเรียนได้สรุปแนวคิดของ

ตนเอง ซึ่ง Rowan และ Morrow (1993:9-11) ได้เสนอแนะแนวทางในการส่งเสริมการใช้คณิตศาสตร์ในการสื่อสารไว้ ดังนี้

1. การนำเสนอสื่อรูปธรรม แล้วให้นักเรียนได้พรรณนาถึงสิ่งที่พบเห็น

2. การใช้เนื้อหา เรื่องราว หรืองานที่เกี่ยวข้องแลใกล้ตัวของนักเรียน เช่น โครงงานที่มีกิจกรรมการสืบค้นเป็นสื่อที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สื่อสารโดยตรง กิจกรรมเช่นนี้ ช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ว่าเป็นวิชาที่มีประโยชน์ในการดำเนินชีวิต และเป็นเรื่องราวที่เกี่ยวข้องและใกล้ตัวของนักเรียน จะทำให้การใช้คณิตศาสตร์สื่อสารเป็นไปได้อย่างสมบูรณ์

3. การใช้คำถาม โดยเฉพาะคำถามปลายเปิด จะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและแสดงการตอบสนองออกมา คำถามปลายเปิดเป็นคำถามที่ให้โอกาสนักเรียนได้คิดอย่างหลากหลายและคิดอย่างสร้างสรรค์ การส่งเสริมการใช้คณิตศาสตร์ในที่นี้ รวมไปถึงการให้นักเรียนได้ตั้งคำถามกับตนเอง ซึ่งนำไปสู่การค้นพบตามที่เขาสนใจ

4. การให้โอกาสนักเรียนได้เขียนสื่อสารแนวคิด การเขียนสื่อสารแนวคิดเป็นสิ่งสำคัญและควรให้นักเรียนได้ฝึกเขียนแสดงแนวคิดของตนเอง เพื่อให้นักเรียนเห็นว่าการเขียนเป็นส่วนสำคัญของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ นักเรียนต้องเข้าใจว่าทำไมจึงต้องเขียนอธิบาย นั่นคือเป้าหมายของการเขียนต้องชัดเจนกับนักเรียน

5. การใช้กลุ่มแบบร่วมมือและช่วยเหลือกัน การให้นักเรียนนั่งเรียนเป็นแถวและนั่งประจำโต๊ะของตนเอง ไม่ได้ส่งเสริมให้เกิดการอภิปราย การจัดกลุ่มให้นักเรียนได้ร่วมมือและช่วยเหลือกันในการเรียนรู้ เป็นการให้โอกาสนักเรียนได้สำรวจแนวคิด อธิบายแนวคิดกันในกลุ่มเป็นการส่งเสริมการสื่อสารโดยตรง

6. การใช้การชี้แนะโดยตรงและชี้แนะทางอ้อม การตอบสนองต่อคำถามของนักเรียน การบริหารและจัดระบบชั้นเรียน เป็นการชี้แนะให้นักเรียนได้ทราบถึงสิ่งที่คาดหวังและมาตรฐานการเรียนรู้ เพื่อที่นักเรียนจะได้เสนอแนวคิดเหล่านั้นได้อย่างไม่ต้องกังวล

การจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ทำได้ทุกเนื้อหาที่ต้องการให้คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา เช่น ในวิชาเรขาคณิตมีเนื้อหาที่ต้องฝึกการวิเคราะห์ การให้เหตุผล และการพิสูจน์ ผู้เรียนต้องฝึกทักษะในการสังเกต การนำเสนอรูปภาพต่างๆ เพื่อสื่อความหมาย แล้วนำความรู้ทางเรขาคณิตไปอธิบายปรากฏการณ์และสิ่งแวดล้อมต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

การจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอในวิชาพีชคณิต เป็นการฝึกทักษะให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ปัญหา สามารถเขียนปัญหาในรูปแบบของตาราง กราฟ หรือข้อความ เพื่อสื่อสารความสัมพันธ์ของจำนวนเหล่านั้น

ขั้นตอนในการดำเนินการเริ่มจากการกำหนดโจทย์ปัญหาให้ผู้เรียนวิเคราะห์ กำหนดตัวแปรเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปของสมการหรืออสมการตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด และดำเนินการแก้ปัญหาโดยวิธีทางพีชคณิต

การจัดการเรียนรู้ให้เกิดทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอมีแนวทางในการดำเนินการดังนี้

1. กำหนดโจทย์ปัญหาที่น่าสนใจ และเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน

2.ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและแสดงความคิดเห็นด้วยตนเอง โดยผู้สอนช่วยชี้แนะแนวทางในการสื่อสาร สื่อความหมาย และการนำเสนอ

การฝึกทักษะกระบวนการนี้ต้องทำอย่างต่อเนื่อง โดยสอดแทรกอยู่ทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ให้ผู้เรียนคิดตลอดเวลาที่เห็นปัญหาว่า ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น จะมีวิธีแก้ปัญหาอย่างไร เขียนรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นอย่างไรจะใช้ภาพ ตารางหรือกราฟใดช่วยในการสื่อสารความหมาย(กระทรวงศึกษาธิการ, กรมวิชาการ 2545 :201)

**การพัฒนาทักษะกระบวนการเชื่อมโยง**

เคนเนดี้ และทิปส์ (Kennedy and Tipps 1994 : 194-198 , อ้างถึงใน ศศิธร แก้วรักษา 2547 : 16-18 ) กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญ นักเรียนจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรม ได้แก่ รูปภาพ แผนภาพ สัญลักษณ์ และมโนมติ กับกระบวนการรวมเนื้อหา และวิธีการต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน และจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

การเชื่อมโยงควรสร้างให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในระหว่างการเรียนการสอน คือให้นักเรียนปฏิบัติงาน หรือกิจกรรมแล้วแปลงกิจกรรมเหล่านั้นออกมาเป็นรูปภาพ แผนภาพ แผนภูมิ แผนผัง กราฟและสัญลักษณ์ต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ในชั้นเรียนเกรด 3 ครูได้สอนให้นักเรียนสร้างการเชื่อมโยงระหว่าง “คุกกี้” กับเศษส่วน นักเรียนในชั้นเรียนนั้นได้รู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนกับคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง ด้วยปัญหา “คุกกี้”

การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และกับชีวิตจริง เกิดขึ้นได้มากมาย ครูสามารถให้นักเรียนปฏิบัติงานที่จะเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศิลปะ งานคหกรรมเกี่ยวกับอาหาร และกิจกรรมในวิชาต่าง ๆ

ตัวอย่างต่อไปนี้ แสดงถึงวิธีที่ครูจะสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์ต่างๆ และสังคมรอบตัว ด้วยการให้นักเรียนทำโครงงานที่บางโครงงานอาจให้ทำร่วมกันทั้งชั้น รายบุคคลหรือทำโดยกลุ่มย่อย ดังนี้

1. คณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ เช่น การจดบันทึกอุณหภูมิ ความเร็วลม แรงดันอากาศ การส่งมนุษย์ไปยังดวงจันทร์ การโคจรของดาวเคราะห์ การกำหนดมาตราส่วน และการสร้างแบบจำลองของระบบสุริยะจักรวาล

2. คณิตศาสตร์กับสังคมศึกษา เช่น นาฬิกาน้ำ และนาฬิกาทราย การสร้างพีระมิดในอิยิปต์ ศึกษาการออกแบบพรม ถ้วยชาม และตะกร้าที่ใช้หลักการสมมาตร และทรงลูกบาศก์ของชาวอินเดียนแดงทางตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐ การแยกประเภทของอาชีพต่าง ๆ เป็นอาชีพที่มีเครื่องแบบและไม่มีเครื่องแบบ เช่น นักวิจัย ผู้ให้บริการ คนงานโรงงาน ทหาร และปศุสัตว์ การเปรียบเทียบส่วนที่สูงที่สุดและที่สุดเช่น จุดที่สูงที่สุดของพื้นโลกกับจุดที่ต่ำที่สุดของก้นทะเล

3. คณิตศาสตร์กับศิลปะ เช่น การวัดกระดาษเพื่อติดขอบผนัง การกำหนดมาตราส่วนฉากละครในชั้นเรียน วัดและเตรียมกระดาษสร้างฉาก การวาดภาพทิวทัศน์ต่าง ๆ

4. คณิตศาสตร์กับสุขศึกษา เช่น การวัดความสูงของนักเรียน การบันทึกผลในรูปตารางและกราฟ การหาปริมาณแคลอรี่จากการอ่านฉลากข้อมูลโภชนาการข้างกล่องผลิตภัณฑ์ การวัดระดับคลอเรสเตอรอล

5. คณิตศาสตร์กับการอ่าน และศิลปะทางภาษา เช่น การหารูปแบบของคำ การแยกประเภทของของคำ การวิจัยรากศัพท์ของภาษาคณิตศาสตร์ การวิจัยและเขียนเรื่องราวของนักคณิตศาสตร์ที่มีชื่อเสียง จำนวน และความงามของตัวเลข การวิเคราะห์ข้อความเพื่อบอกจำนวนพยัญชนะ (เรื่องนี้สามารถเชื่อมโยงกับรายการเกมโชว์ทางโทรทัศน์ของสหรัฐที่ชื่อ Wheel of Fortune)

6. คณิตศาสตร์กับการศึกษาทางกายภาพ เช่น การนับจำนวนรอบของการกระโดดเชือก การแสดงให้เห็นว่าโอลิมปิกยิ่งใหญ่ การจัดวางพื้นที่การเล่น การจับเวลาการแข่งขัน

คณิตศาสตร์กับโลกปัจจุบันเชื่อมโยงกันหลายๆ ด้าน จากบทความในหนังสือพิมพ์หรือนิตยสารไม่ว่าจะเป็นทางด้านธุรกิจ แนวโน้มทางเศรษฐกิจ สภาพอากาศ และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ การรายงานพิเศษทั้งในรูปบทความ และภาพข่าว แผนผังการเดินทางที่ท่าเรือสถานีรถไฟ และสนามบิน ล้วนให้ข้อมูลที่เป็นคณิตศาสตร์ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้คนทั้งสิ้นปัญหาทางเศรษฐกิจ ปัญหาการจัดการขยะและมลพิษที่เกิดจากรถยนต์ ของเสียจากโรงงานได้ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับการดำรงชีวิตในปัจจุบัน ครูจึงควรสอนโดยบูรณาการคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ หรือกับปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

ดังนั้นนักเรียนจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงเนื้อหาต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อจะได้บูรณาการเนื้อหาทั้งหมด ครูจะประสบความสำเร็จเมื่อทำหน้าที่ให้นักเรียนสามารถสร้างการเชื่อมโยงมโนมติของเนื้อหาต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น เศษส่วนและทศนิยมกับเรื่องของเปอร์เซ็นต์

การคูณกับการบวก การหารกับการลบ และการนำการวัดไปใช้ในเรขาคณิต นักเรียนต้องรู้จักการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง ได้

ดอสเซย์ และคนอื่นๆ (Dossey , et al.2002 :81-83 ,อ้างถึงในศศิธร แก้วรักษา 2547: 17) กล่าวถึง การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า ความเข้าใจในคณิตศาสตร์สร้างขึ้นได้ทันทีขณะเกิดการเรียนรู้ โดยสร้างการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ใหม่และความรู้ที่ส่วนหนึ่งเคยเรียนรู้มาแล้วนักเรียนที่สามารถเชื่อมโยงมโนมติทางคณิตศาสตร์ได้หลากหลายจะพัฒนาความเข้าใจในคณิตศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้น การเชื่อมโยงทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหา และสามารถทำการอ้างเหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้คล่องแคล่วขึ้นนอกเหนือจากการใช้เครื่องมืออื่นๆ ในการแก้ปัญหามโนมติ หรือเนื้อหาในคณิตศาสตร์ที่มีความเชื่อมโยง ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหา และสามารถอ้างเหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้คล่องแคล่วขึ้น นอกเหนือจากการใช้เครื่องมืออื่นๆ ในการแก้ปัญหามโนมติ หรือเนื้อหาในคณิตศาสตร์ที่มีความเชื่อมโยงช่วยให้นักเรียนมองคณิตศาสตร์แบบบูรณาการเราเคยแยกคณิตศาสตร์เป็นวิชาย่อย ๆ เช่น เรียน Pre-algebra แล้วมาเรียนพีชคณิต และเรขาคณิตตามลำดับ ทำให้นักเรียนมองวิชาคณิตศาสตร์ไม่สัมพันธ์กัน แม้ว่าคอร์สเรียนก่อนหน้าจะเป็นพื้นฐานความเข้าใจในคณิตศาสตร์ระดับสูงการแยกเนื้อหาออกจากกัน ทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างการเชื่อมโยงที่ทำให้เข้าใจภาพรวมของคณิตศาสตร์ การเรียนที่เน้นการเชื่อมโยง จะทำให้นักเรียนรากฐานอันแข็งแกร่งในการเรียนคณิตศาสตร์ต่อไป

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM 1989 : 102) ได้ให้ความหมายของการเชื่อมโยง คือ การผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกันให้รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกันซึ่งแบ่งออกเป็น

1.การเชื่อมโยงภายในวิชา เป็นการนำเนื้อหาภายในวิชาเดียวกันไปสัมพันธ์กันให้นักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะไปใช้ในชีวิตจริง ช่วยนักเรียนให้ทำความเข้าใจถึงความแตกต่างของเนื้อหาวิชารวมทั้งพีชคณิต เรขาคณิต และตรีโกณมิติ ซึ่งจะทำให้การเรียนของนักเรียนมีความหมาย

2.การเชื่อมโยงระหว่างวิชา เป็นการรวมศาสตร์ต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไป ภายใต้หัวเรื่องที่เกี่ยวข้องกันให้มาสัมพันธ์กัน เช่น วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ สังคมกีฬา หรือศิลปะ เป็นการเรียนรู้โดยใช้ความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในวิชาต่าง ๆ มากกว่า 1 วิชาขึ้นไป จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้ง และตรงกับสภาพชีวิตจริง

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า ทักษะการเชื่อมโยง หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานแนวความคิดความรู้ ความเข้าใจ และทักษะต่าง ๆ จากสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้วนำไปสร้างความสัมพันธ์ ความเกี่ยวข้องหรือการนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

**มาตรฐานของทักษะการเชื่อมโยง**

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM 2000 : 64-66 , อ้างถึงใน ชัยรัตน์ สุลำนาจ 2547: 75) ได้กำหนดมาตรฐานของการเชื่อมโยง (Connection) ไว้ดังนี้

โปรแกรมการสอนตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงเกรด 12 มุ่งให้นักเรียนสามารถ

1.เข้าใจและใช้การเชื่อมโยงระหว่างความคิดทางคณิตศาสตร์ได้ ความสำคัญของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ครูสามารถช่วยนักเรียนในการสร้างแผนการจัดการใช้การเชื่อมโยงในการแก้ปัญหาในทางคณิตศาสตร์แทนที่จะมองว่าคณิตศาสตร์เป็นเรื่องที่ไม่ปะติดปะต่อ มโนมติและทักษะเป็นสิ่งอยู่เพียงลำพัง การกำหนดในรูปแบบนี้เป็นการส่งเสริมโดยการสื่อสารจากครู ตัวอย่างเช่น “งานของเราในวันนี้เราจะอภิปรายถึงความสัมพันธ์ของรูปสามเหลี่ยมคล้ายได้อย่างไร ในสุดสัปดาห์เราจะเขียนมาตราส่วนดังกล่าวได้อย่างไร” นักเรียนจะต้องทำการอธิบายสิ่งที่รู้ในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ความคิดเห็นที่ว่าความคิดทางคณิตศาสตร์ถูกเชื่อมโยงโดยสอดแทรกในประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ทุกระดับชั้น ประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเริ่มต้นตั้งแต่เข้าเรียนโดยไม่มีการจำแนกแยกชั้นเรียน และการบูรณาการดังกล่าวนี้อยู่ในทุกเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เป็นไปอย่างต่อเนื่อง นักเรียนสามารถเรียนรู้ความเข้าใจในรวงผึ้ง และการนับจำนวนครั้งที่นักเรียนกระโดดเชือกได้สำเร็จ นักเรียนที่เลื่อนชั้นไปสู่เกรด 3-5 จะมีกิจกรรมคณิตศาสตร์ที่ขยายไปสู่เนื้อหาที่เป็นนามธรรม นักเรียนเริ่มจะเห็นการเชื่อมโยงระหว่างการดำเนินการทางเลขคณิต การทำความเข้าใจ เลขคณิต ตัวอย่างเช่น การคูณอาจทำได้โดยการบวกซ้ำ ซึ่งนักเรียนจะเห็นการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในเนื้อหาที่แตกต่างกัน นักเรียนสามารถจะพัฒนาความเข้าใจในข้อสรุปในทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในเนื้อหาที่แตกต่างกัน นักเรียนสามารถจะพัฒนาความเข้าใจในข้อสรุปในทางคณิตศาสตร์ ในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นนักเรียนสามารถจะพัฒนาความเข้าใจในข้อสรุปในทางการคิดทางคณิตศาสตร์ ที่สำคัญเป็นการเชื่อมโยงในเรื่องที่ใกล้ตัวของนักเรียนและเป็นความคิดเกี่ยวกับจำนวนตรรกยะ สัดส่วน และความสัมพันธ์เชิงเส้น ซึ่งจะพบมากในกิจกรรมทางคณิตศาสตร์และกิจกรรมในชีวิตประจำวันในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายนักเรียนไม่เพียงแต่เรียนรู้เท่านั้นแต่นักเรียนยังนำไปใช้ได้โดยใช้การตระหนักรู้ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ ได้อีก

แม้ว่าในช่วงที่เรียนในชั้นอนุบาลถึงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นักเรียนจะถูกถามเสมอว่า “ปัญหานี้หรือหัวข้อนี้เหมือนกับสิ่งที่นักเรียนเคยเรียนมาก่อนอย่างไร” จากมุมมองของการเชื่อมโยง ความคิดใหม่ ๆ ดูเหมือนจะมีมากขึ้นกว่าการเรียนคณิตศาสตร์แต่ก่อน นักเรียนเรียนรู้ที่จะนำความรู้ที่มีอยู่ไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ ๆ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีความเข้าใจและเชื่อมโยงตัวแทนพหุคูณของความคิดทางคณิตศาสตร์ที่เหมือนกัน ดังเช่น ในเรื่องอัตราส่วนซึ่ง

ต้องนำเสนออัตราที่เปลี่ยนแปลง และในเรื่องความเอียงหรือความชันของเส้นตรง นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายสามารถเชื่อมโยงความคิดในเรื่องพีชคณิตและเรขาคณิตได้

บางกิจกรรมอาจสร้างขึ้นมาสำหรับการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยเฉพาะตัวอย่างเช่น ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับเส้นรอบวงของวงกลม อาจเรียนรู้ได้จากหลักการที่ตั้งไว้โดยการรวบรวมวัตถุที่เป็นทรงกลมหลาย ๆ แบบ และวัดเส้นรอบวงและเส้นผ่านศูนย์กลาง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นอาจรวบรวมข้อมูลและใช้กราฟแสดงข้อมูล โดยใช้ตัวแปร 2 ตัวคือ เส้นรอบวง (C) และเส้นผ่านศูนย์กลาง (d) จากการกระทำเช่นนี้พวกเขาจะเห็นว่าจุดที่อยู่บนเส้นตรงจะผ่านจุด (0,0) คำแนะนำก็คือ อัตราส่วนของ C/d จะมีค่าคงที่กิจกรรมดังกล่าวจะนำไปสู่การหาค่าเฉลี่ยของ C/d ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 3.1 ถึง 3.2 ซึ่งเป็นค่าประมาณของ $\pi$ นั่นเอง ปัญหานี้เกี่ยวข้องกับการวัด การวิเคราะห์ข้อมูล เรขาคณิต พีชคณิต และจำนวน

2.เข้าใจถึงวิธีการเชื่อมโยงแนวความคิดต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงองค์ความรู้เพื่อให้ได้ความรู้ใหม่ ความก้าวหน้าของนักเรียนเกิดจากประสบการณ์การเรียนคณิตศาสตร์ ความสามารถในการมองเห็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่คล้ายกัน ในส่วนที่เหมือนจะมีลักษณะที่แตกต่างกันมากขึ้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงเกรด 2 นักเรียนเข้าใจตัวอย่างในเรื่องของการนับ จำนวน และรูปร่างในระดับชั้นประถมศึกษานักเรียนจะพบตัวอย่างในเรื่องการดำเนินการทางเลขคณิต นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นพบตัวอย่างในเรื่องจำนวนตรรกยะ สัดส่วน และความสัมพันธ์เชิงเส้น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเตรียมพร้อมที่จะหาความเชื่อมโยงระหว่างความคิดทางคณิตศาสตร์ที่พวกเขาจะต้องเผชิญ เช่น การหาปริมาตรของพีระมิดตัดฐานสี่เหลี่ยม คำแนะนำก็คือ วิธีการหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

นักเรียนพัฒนาความมุ่งหมายทางคณิตศาสตร์ที่เป็นการเชื่อมโยงและการบูรณาการทั้งหมด มีนักเรียนเพียงเล็กน้อย ที่จะมองทักษะและมโนมติทางคณิตศาสตร์แยกออกจากกันความเข้าใจทางมโนมติถูกนำไปเชื่อมกับการปฏิบัติ นักเรียนก็จะไม่เข้าใจวิชาคณิตศาสตร์โดยปราศจากกฎเกณฑ์การบูรณาการวิธีการปฏิบัติและมโนมติที่เป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์

3.เข้าใจและประยุกต์คณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงในการเรียนคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ ได้ประสบการณ์จากการเรียนคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้นจะเป็นโอกาสในการเรียนรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ด้วยการดำเนินการกับปัญหาที่เกิดขึ้นในเนื้อหาวิชาอื่น กรเชื่อมโยงก็สามารถทำได้เช่นกันและเป็นการฝึกหัดเช่นเดียวกับการดำเนินชีวิตประจำวันของนักเรียน ตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงเกรด 2 นักเรียนสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้นโดยการเชื่อมโยงกับชีวิตจริง ในเกรด 3-5 นักเรียนสามารถเรียนรู้ในการประยุกต์แนวความคิดที่สำคัญทางคณิตศาสตร์ในเนื้อหาอื่นๆ แนวความคิด

ดังกล่าวจะขยายไปสู่ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายนักเรียนจะมีความมั่นใจในการใช้ความคิดทางคณิตศาสตร์เพื่อที่จะอธิบายการประยุกต์ที่ซับซ้อนนอกโลกได้

**แนวทางการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยง**

กระทรวงศึกษาธิการ,กรมวิชาการ (2545 : 200-201) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้และมีพื้นฐานในการที่จะนำไปศึกษาต่อนั้น จำเป็นต้องบูรณาการเนื้อหาต่าง ๆ ในวิชาคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เช่น การใช้ความรู้ในเรื่องเซตในการให้คำจำกัดความหรือบทนิยามในเรื่องต่างๆ เช่น บทนิยามของฟังก์ชันในรูปของเซต บทนิยามของลำดับในรูปของฟังก์ชัน

นอกจากการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาต่างๆ ในคณิตศาสตร์ด้วยกันแล้วยังมีการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ โดยใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้และใช้ในการแก้ปัญหา เช่น ในเรื่องการเงิน การคิดดอกเบี้ยทบต้น ก็อาศัยความรู้เรื่องเลขยกกำลังและผลบวกของอนุกรม และในงานศิลปะการออกแบบบางชนิดใช้ความรู้เกี่ยวกับรูปเรขาคณิต

นอกจากนั้นยังมีการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในวิชาชีพบางอย่างโดยตรง เช่น การตัดเย็บเสื้อผ้า งานคหกรรมเกี่ยวอาหาร งานเกษตร งานออกแบบสร้างหีบห่อบรรจุภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงการนำคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิตความเป็นอยู่ประจำวัน เช่น การซื้อขายการชั่งตวง การวัด การคำนวณระยะทาง และเวลาที่ใช้ในการเดินทาง การวางแผนในการออมเงินไว้ใช้ในช่วงบั้นปลายของชีวิต

องค์ประกอบหลักที่ส่งเสริมการพัฒนาทักษะกระบวนการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ มีดังนี้

1. มีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์อย่างเด่นชัดในเรื่องนั้น

2. มีความรู้ในเนื้อหาที่จะนำไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรืองานอื่นๆ ที่ต้องการเป็นอย่างดี

3. มีทักษะในการมองเห็นความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงระหว่างความรู้และทักษะกระบวนการที่มีในเนื้อหานั้นกับงานที่เกี่ยวข้องด้วย

4. มีทักษะในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างความสัมพันธ์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ หรือคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ที่ต้องเกี่ยวข้องด้วย

5. มีความเข้าใจในการแปลความหมายของคำตอบที่หาได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ว่ามีความเป็นไปได้หรือสอดคล้องกับสถานการณ์นั้นอย่างสมเหตุสมผล

ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์นั้น ผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาสอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการ

เรียนรู้เนื้อหาใหม่ หรือนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์อื่น ๆ หรือการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในชีวิตประจำวัน

ในการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีพัฒนาการในการเรียนรู้ ผู้สอนควรจัดกิจกรรมหรือปัญหาที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด สามารถบอกแนวคิดและแสดงเหตุผลได้ ผู้สอนไม่ควรดูเฉพาะคำตอบที่หาได้จากการคำนวณเท่านั้น คำตอบของปัญหาอาจมีมากกว่า 1 คำตอบขึ้นอยู่กับการให้ เหตุผลประกอบที่สมเหตุสมผล

บทบาทของครูในการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยง

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM 2000 : 359 , อ้างถึงใน ชัยรัตน์ สุลำนาจ 2547 : 81) กล่าวถึง บทบาทของครูในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหรือนักเรียนเกรด 9-12 ว่า มีวิธีการมากมายที่ครูสามารถช่วย นักเรียนค้นหาและนำมาซึ่งการเชื่อมโยงทางวิชาคณิตศาสตร์ ปัญหานี้นับได้ว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะว่าเป็นไปไม่ได้ที่นักเรียนทำการเชื่อมโยงได้เอง ครูจำเป็นต้องเริ่มในการบูรณาการแต่ละปัญหา เพราะวัตถุประสงค์ของการสอนโดยส่วนมากมุ่งเน้นที่ขอบเขตของเนื้อหา มีการจัดหลักสูตรแยกออกจากกัน เช่น เรขาคณิต พีชคณิต และสถิติ ครูจำเป็นต้องพัฒนาความรู้ความชำนาญในการทำการเชื่อมโยงทางวิชาคณิตศาสตร์ และช่วยให้นักเรียนทำการเชื่อมโยง คือการสร้างบรรยากาศของชั้นเรียนให้มีการเข้าถึงปัญหาที่เกี่ยวข้องทางคณิตศาสตร์โดยสามารถใช้วิธีการที่หลากหลายในการหาคำตอบ และถ้านักเรียนทำผิดไม่ควรบอกว่าผิดแล้วปล่อยให้มันผ่านไปครูควรจะช่วยให้นักเรียนได้พบแก่น (ข้อเท็จจริง) ของแนวคิดที่ถูกต้อง ซึ่งบางทีอาจจะนำไปสู่วิธีการใหม่ ๆ และเกิดการเชื่อมโยงขึ้น นักเรียนได้รับการส่งเสริมให้พิจารณาและเปรียบเทียบวิธีการของตนเองกับกลุ่มอื่น แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

**การพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์**

การจัดการเรียนการสอนของวงการศึกษาไทยในที่ปรากฏอยู่ทั่วไป คือ นักเรียนไม่พยายามคิดและไม่มีความคิดเป็นของตนเอง ไม่พยายามฉีกกรอบความคิด หรือหาแนวทางใหม่ๆ ในการแก้ปัญหาการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ จึงทำให้คนจำนวนมากวนเวียนแก้ปัญหาหรือมีพฤติกรรมซ้ำซากต่อเนื่องกัน จากช่วงอายุคนช่วงหนึ่งไปสู่อีกช่วงหนึ่ง จนท้ายสุดอาจถึงทางตันที่ไม่สามารถแสดงความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะสร้างอนาคตที่ไม่ต้องรอความคิดสร้างสรรค์ถือว่าเป็นคุณลักษณะทางความคิดอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเด็ก ฉะนั้นการสอนความคิดสร้างสรรค์และการฝึกฝนให้นักเรียนสามารถคิดอย่างสร้างสรรค์จึงเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยยกระดับคุณภาพในตนของเด็กให้เด็กที่ชีวิตอย่างมั่นใจในตนเองและมีคุณภาพมากขึ้น

**ความหมายของความคิดสร้างสรรค์**

ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการทางปัญญาระดับสูงที่ใช้กระบวนการทางความคิด หลายๆ อย่างมารวมกัน เพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่หรือแก้ปัญหาที่มีอยู่ให้ดีขึ้น ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้สร้างสรรค์มีอิสรภาพทางความคิด (อุษณีย์ โพธิสุขและคณะ ม.ป.ป. : 45)

กิลฟอร์ด (Guilford 1967 , อ้างถึงใน กัลยาณี จิตต์การุณย์ 2546 : 31) กล่าวว่า ความคิดหลายแง่หลายมุม (Divergent thinking) ก็คือความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งประกอบด้วย ความคล่องในการคิด (Fluency) ความยืดหยุ่น (Flexibility) และความคิดที่เป็นของตัวเองโดยเฉพาะ (Originality)

มีผู้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับคำว่า “ความคิดสร้างสรรค์” (Creativity) ไว้ต่างๆ กัน บ้างมีความเห็นว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่สอนกันไม่ได้บ้างก็ว่าได้ บ้างกล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่เรียนรู้และพัฒนาขึ้นในตัวมนุษย์ได้ การแสดงความคิดเกี่ยวกับคำคำนี้มีต่างๆกันไปตามแต่ละบุคคลที่เกี่ยวข้องกับอาชีพสาขาต่างๆ เช่น นักวิทยาศาสตร์ และนักธุรกิจจะกำหนดความหมายของคำคำนี้ในแง่ของผลผลผลิต (Product) คือ การประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมาได้ ถือว่านั่นคือความคิดสร้างสรรค์แต่ในความคิดเป็นของศิลปินหรือนักจิตวิทยาจะเรียกว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นการกระทำที่เกิด การคิดค้นในจิตใจของบุคคล เป็นกระบวนการของการคิด นักจิตวิทยาและศิลปินมีความเชื่อว่าความคิดที่เป็นเลิศ แม้จะปฏิบัติการไม่ประสบผลสำเร็จก็ถือว่าเป็นความคิดสร้างสรรค์ได้

**ประเภทของความคิดสร้างสรรค์**

จากการศึกษาประเภทของความคิดสร้างสรรค์หลายๆ ทัศนะแล้วสามารถวิเคราะห์และสังเคราะห์ได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์อาจจะแบ่งแยกได้ 4 ประเภทด้วยกัน คือ(อุษณีย์ โพธิสุขและคณะ ม.ป.ป. : 45-46)

1. ความคิดสร้างสรรค์ประเภทความเปลี่ยนแปลง (Innovation) คือ แนวคิดที่เป็นการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ขึ้น เช่น ทฤษฎีใหม่ การประดิษฐ์ใหม่ เป็นต้น เป็นการคิดโดยภาพรวมมากกว่าแยกเป็นส่วนย่อย บางครั้งเรียกว่า “นวัตกรรม” ที่เป็นการนำ เอาสิ่งประดิษฐ์ใหม่มาใช้ เพื่อให้การดำ เนินงานมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น เช่น การใช้สมองกล เป็นต้น

2. ความคิดสร้างสรรค์ประเภทการสังเคราะห์ (Synthesis) คือ การผสมผสานแนวคิดจากแหล่งต่างๆเข้าด้วยกัน แล้วก่อให้เกิดแนวคิดใหม่อันมีคุณค่า เช่น การนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาการบริหาร เช่น การใช้หลักการคำนวณของลูกคิดและหลักทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาผสมผสานเป็นคอมพิวเตอร์ซึ่งกลายเป็นศาสตร์อีกสาขาหนึ่ง

3. ความคิดสร้างสรรค์ประเภทต่อเนื่อง (Extension) เป็นการผสมผสานกันระหว่างความคิด สร้างสรรค์ประเภทเปลี่ยนแปลงกับความคิดสร้างสรรค์ประเภทสังเคราะห์ คือ เป็น

โครงสร้างหรือกรอบที่ได้กำหนดไว้กว้างๆแต่ความต่อเนื่องเป็นรายละเอียดที่จำเป็นในการปฏิบัติงานนั้น เช่น งานอุตสาหกรรม การสร้างรถยนต์ซึ่งในแต่ละปีจะมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องจากต้นแบบเดิม

4. ความคิดสร้างสรรค์ประเภทการลอกเลียน (Duplication) เป็นลักษณะการจำ ลองหรือลอกเลียนแบบจากความสำเร็จอื่นๆ โดยอาจจะปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้แปลกไปจากเดิมเพียงเล็กน้อยแต่ส่วนใหญ่ยังคงแบบเดิมอยู่

จากประเภทของความคิดสร้างสรรค์จะเห็นได้ว่า ไม่ว่าความคิดสร้างสรรค์ จะมีอยู่หรือจำแนกออกได้เป็นกี่ประเภทก็ตาม โดยสภาพความเป็นจริงแล้ว ความคิดสร้างสรรค์แต่ละประเภทก็จะไม่สามารถอยู่ได้โดยเฉพาะตัวตามลำพัง แต่จะบูรณาการและผสมผสานกันอยู่เสมอ คือ เมื่อมีการคิดกระทำ สิ่งหนึ่งสิ่งใดขึ้น ก็จะมีการพินิจพิจารณาสังเคราะห์โดยดำเนินการตามความคิดนั้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้มาซึ่งความคิดที่แปลกใหม่แตกต่างกันออกไปหรือเพื่อให้เกิดการเลียนแบบที่ดีกว่าเดิม

Hagen ( อ้างถึงใน กัลยาณี จิตต์การุณย์ 2546 : 31) ได้อธิบายถึงลักษณะของความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยความคิดของนักจิตวิทยาที่สำคัญหลายๆ คน กล่าวว่า บุคลิกภาพที่มีความคิดสร้างสรรค์ (Creative Personality) นั้น จะมีในบุคคลที่มีลักษณะดังต่อไปนี้คือ

1. มีความต้องการความสำเร็จสูง (High need Achievement) กล่าวคือ มีความรู้สึกสนุกในการที่ได้ประสบการณ์ใหม่ ๆ ที่แปลกเท่าที่เคยประสบมา และสนุกในการใช้ความสามารถของตนแก้ปัญหาเหล่านั้น

2. มีความต้องการเป็นตัวของตัวเอง (High need Autonomy) กล่าวคือ ต้องการที่จะวินิจฉัยปัญหาและตัดสินใจด้วยตัวของตัวเอง ในเวลาเดียวกันมิได้กระวนกระวายใจเท่าไรนักว่าบุคคลอื่นจะเห็นว่าตนเป็นอย่างไร ถือเอาการวินิจฉัยหรือประเมินคุณค่าด้วยตัวเองเป็นสำคัญ

3. มีความต้องการความเป็นระเบียบ (High need Order) ในความหมายที่ว่าสามารถทนต่อความไม่เป็นระเบียบ ความสับสนต่าง ๆ ได้โดยไม่รู้สึกเดือดร้อน ทั้งนี้เพราะมีความรู้สึกอยู่ว่าความเป็นไปในโลกนี้มีกฎเกณฑ์ของมัน ซึ่งกำหนดความเป็นระเบียบอยู่แล้ว แม้ในความสับสนและไม่เป็นระเบียบที่ประสบอยู่นั้น มันก็มีกฎเกณฑ์ของมันอยู่ในตัวแล้ว บุคคลประเภทนี้เป็นบุคคลประเภทที่ใจกว้างยอมรับปรากฏการณ์ที่ขัดแย้งกับความเชื่อหรือความเข้าใจของตนมาพิจารณาเพื่อหาเหตุผลและความเข้าใจให้กว้างขวางออกไป

อันที่จริงกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก็คือความคิดสร้างสรรค์แต่ ทอแรนซ์เรียกกระบวนการนี้ว่า Creative Problem Solving ซึ่งมีลำดับข้อดังนี้

1. รู้ว่ามีสิ่งบกพร่องหรือผิดปกติเกิดขึ้น (Fact-Finding)

2. รู้ว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหรือมองเห็นปัญหา (Problem-Finding)

3. รวบรวมความคิดหรือตั้งเป็นสมมุติฐาน (Idea-Finding)

4. ค้นพบคำตอบโดยการทดสอบสมมุติฐาน (Solution-Finding)

5. รายงานผลที่ได้รับหรือยอมรับสิ่งที่ค้นพบ (Acceptance-Finding)

**ลักษณะของผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์** มีดังนี้

1. มีศิลปะในการใช้ภาษา ไม่วาจะเป็นภาษาพูดหรือภาษาเขียน ศิลปะในที่นี้ไม่ได้หมายถึงความถูกต้องในการใช้ภาษา แต่หมายถึงการประหยัดถ้อยคำ การรู้จักควบคุมตนเองในการใช้ภาษาพูดและภาษาเขียน รู้จักใช้ข้อความกะทัดรัดแต่ครอบคลุมเนื้อหากระจ่างชัด และถูกต้อง

2. มีความฉลาด คือ มีความสามารถในการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ส่วนใหญ่จึงเป็นบุคคลที่ชอบใฝ่หาความรู้อยู่เสมอ

3. เป็นบุคคลที่ชอบขีดเขียน

4. มีความสำนึกต่อสังคม บุคคลประเภทนี้จะทำงานเพื่อสังคมและมีชีวิตอยู่ท่ามกลางสังคมที่แวดล้อมตัวเขาเป็นบุคคลที่มองโลกในแง่ดีอยู่เสมอ

5. มีอารมณ์อ่อนไหว บุคคลประเภทนี้มักจะมองสิ่งที่อยู่รอบตัวเขาด้วยท่าทีฉงนสงสัย ทุกสิ่งดูจะเป็นที่สะดุดตา สะดุดใจ และสะดุดอารมณ์ความรู้สึกของคนประเภทนี้ เพื่อพยายามแสวงหาความคิดสร้างสรรค์ต่อสิ่งเหล่านี้

6. มีแรงจูงใจ ที่จะกระทำการอย่างใดอย่างหนึ่งเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ของเขา บางครั้งเราไม่อาจจะทราบได้ว่าบุคคลใดมีความคิดสร้างสรรค์จนกว่าเราจะมอบหมายให้เขากระทำการอย่างใดอย่างหนึ่ง ความเจริญก้าวหน้าส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการลองผิดลองถูก

**เทคนิคที่สามารถนำมาใช้ในการปลูกฝังความคิดสร้างสรรค์** (อ้างถึงใน กัลยาณี จิตต์การุณย์ 2546: 33) ได้แก่

1. ความกล้าที่จะทำสิ่งนั้น Osborn ได้ให้คำแนะนำว่า ให้ลองหัดเขียนอะไรก็ได้ลงในกระดาษ นึกอะไรได้อีกก็เขียนลงไปอีก ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะมีความนึกคิดอะไรใหม่ ๆ เกิดขึ้น จากนั้นจึงโยนเอาความคิดเก่า ๆ ที่เขียนไว้แต่เดิมนั้นทิ้งไปเสีย

2. การสร้างความคิดใหม่ โดยการให้แจกแจงแนวทางที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่งได้มา10 แนวทาง จากนั้นจึงแบ่งแนวทางเหล่านั้นออกเป็นแนวทางย่อยๆ ลงไปอีก วิธีการนี้เป็นความคิดริเริ่มของ Russell F. W. Smith โดยมีแนวคิดว่า คนเรามักจะปฏิเสธไม่ยอมรับในสิ่งแรกที่ผ่านเข้ามาในจิตใจแต่จะบังคับให้จิตใจแสวงหาทางเลือกอื่นๆ อีก หลักการของ Smith มีลักษณะเป็นการผสมผสานหรือการคัดเลือกทางเลือกต่างๆแล้วสร้างขึ้นเป็นทางเลือกหรือคำตอบที่ดีที่สุด

3. การระดมสมอง (Brainstorming) เป็นเทคนิคอีกอย่าง ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของ Alex Osborn เพื่อการรวบรวมทางเลือกต่าง ๆ โดยการให้บุคคลอาจเป็นกลุ่มหรือรายบุคคลก็ได้จดรายการความคิดต่าง ๆ ที่ผ่านเข้ามาในสมอง โดยไม่ต้องคำนึงถึง การประเมินความคิดเหล่านั้น เน้นที่ปริมาณของความคิดมากกว่าคุณภาพของความคิดเหล่านั้น หรือจากที่ได้รวบรวมความคิดต่าง ๆ ได้มากพอแล้วจึงจะประเมินความคิดเหล่านั้น เลือกเอาความคิดที่ดีที่สุด

4. วิธีการสังเคราะห์ (Synthetics) เป็นอีกวิธีการหนึ่งในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ William J.J. Gordon เป็นผู้คิดค้น โดยการสร้างความคุ้นเคยที่แปลกใหม่ (Strange familiar) และความแปลกใหม่ที่เป็นที่คุ้นเคย (Familiar-Strange) จากนั้นจึงสรุปเป็นความคิดใหม่ กระบวนการของการคิดของ Gordon นี้มี 4 ประเภท คือ

4.1 การสร้างจินตนาการขึ้นในจิตในของเรา หรือการพิจารณาความคิดใหม่

4.2 การประยุกต์เอาความรู้ในสาขาวิชา หรือ เรื่องใดเรื่องหนึ่งมาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

4.3 การประยุกต์ใช้การเปรียบเทียบหรืออุปมาในการแก้ปัญหา

4.4 การประยุกต์เอาความคิดใด ๆ ก็ตามที่เกิดจากจินตนาการมาใช้แก้ปัญหา

วอลลัส และ แพทริล (Wallas and Patricle 1960 , อ้างถึงใน กัลยาณี จิตต์การุณย์ และคณะ 2546 :34) ได้อธิบายว่า ความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้น

1. ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นขั้นเริ่มเกิดความรู้สึกอยากรู้อยากศึกษา อยากให้คำจำกัดความ อยากสำรวจ หรืออยากทำความกระจ่างกับปัญหาต่าง ๆ

2. ขั้นการก่อตัว (Incubation) เมื่อเกิดขั้นที่ 1 แล้วมีผลทำให้เกิดขั้นที่ 2 ในขั้นนี้จะทำให้บุคคลต้องอ่านอภิปราย สำรวจ สร้างสูตรหรือกฎเพื่อหาคำตอบให้กับปัญหา แล้วก็จะเกิดการวิจารณ์และวิเคราะห์ว่า คำตอบใดดีกว่ามีประสิทธิภาพมากกว่า เป็นต้น

3. ขั้นประจักษ์ (Illumination) เมื่อได้วิเคราะห์คำตอบแล้วก็จะเกิดความสว่างจุดขึ้นในความคิด ทำให้เกิดความหยั่งรู้ขึ้น

4. ขั้นปรับปรุงผลงาน (Revision) เป็นขั้นที่มีการทดลองตรวจสอบความสมบูรณ์ของความคิด ซึ่งในขั้นนี้จะทำให้เกิดผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ กฎหรือสูตรทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์การคิดทำนองหรือเรียบเรียงเสียงประสานดนตรี ออกแบบหรือวาดภาพได้แปลกใหม่

**องค์ประกอบที่สำคัญของความคิดสร้างสรรค์** (อุษณีย์ โพธิสุขและคณะ ม.ป.ป. : 46-47)

ความคิดสร้างสรรค์จัดเป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายทิศทาง ซึ่งจะประกอบไปด้วยลักษณะของความคิด 4 อย่าง ตามแนวความคิดของ Guilford คือ

1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ หรือความสามารถคิดหาคำตอบที่เด่นชัดและตรงประเด็นมากที่สุด ซึ่งจะนับปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการปรับสภาพของความคิดในสถานการณ์ต่างๆได้ ความคิดยืดหยุ่นเน้นในเรื่องของปริมาณที่เป็นประเภทใหญ่ๆ ของความคิดแบบคล่องแคล่วนั่นเอง เป็นตัวเสริมและเพิ่มคุณภาพของความคิดคล่องแคล่วให้มากขึ้นด้วยการจัดเป็นหมวดหมู่และมีหลักเกณฑ์ยิ่งขึ้น

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถคิดแปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือความคิดง่ายๆความคิดริเริ่มอาจจะเกิดจากการนำ เอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลงและประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ขึ้น

4. ความคิดละเอียดลออ(Elaboration)หมายถึง ความสามารถในการมองเห็นรายละเอียดในสิ่งที่คนอื่นมองไม่เห็น และยังรวมถึงการเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งต่างๆอย่างมีความหมาย

**ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์**

นักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่านได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์และแสดงทัศนะเกี่ยวกับเรื่องนี้แตกต่างกันไปตามพื้นฐานและความเชื่อต่างๆ

**พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์**

ทอร์แรนซ์ (Torrance 1964 : 47 , อ้างถึงใน อุษณีย์ โพธิสุขและคณะ ม.ป.ป. : 47-50) ได้ศึกษาพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ของเด็กในวัยต่างๆ ดังนี้

**1. วัยก่อนเข้าเรียน**

อายุตั้งแต่เกิด - 2 ปี เด็กจะเริ่มมีจินตนาการในระยะนี้ พ่อแม่สามารถเสริมสร้างพัฒนาการให้แก่เด็กได้ด้วยการหาเกมต่าง ๆ ให้เด็ก และควรระมัดระวังความปลอดภัยของเด็กระหว่างที่เล่นด้วย

อายุ 2 ปี - 4 ปี เด็กจะเริ่มเรียนรู้สิ่งต่าง มีช่วงเวลาความสนใจสั้น และเริ่มเอาแต่ใจตนเองต้องการทำ สิ่งต่างๆ ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการพัฒนาความเชื่อมั่นตนเอง เด็กจะอยากรู้อยากเห็นและถามปัญหาให้ผู้ใหญ่รำคาญได้บ่อยๆ เด็กวัยนี้ควรมีของเล่นชนิดที่เปลี่ยนแปลงได้หลายรูปแบบ เช่น รูปสี่เหลี่ยมสำหรับต่อหรือดินน้ำมัน จะทำให้เด็กมีจินตนาการได้ดีกว่า ของเล่นที่มีรูปแบบแน่นอนตายตัว ผู้ใหญ่ควรชักจูงให้เด็กปลูกต้นไม้หรือสัตว์เลี้ยง ให้เด็กทำสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง เด็กจะรู้สึกยินดีเมื่อทำได้สำเร็จ ควรให้ความช่วยเหลือเล็กๆน้อยๆ หรือคอยปลอบโยนเมื่อเด็กทำไม่สำเร็จ

อายุ 4 ปี - 6 ปี เด็กวัยนี้มีจิตนาการดี เริ่มเรียนรู้ถึงทักษะในการวางแผนการเล่น เรียนรู้ถึงหน้าที่ของผู้ใหญ่โดยผ่านการเล่น สามารถเชื่อมโยงเหตุการณ์เข้าด้วยกันแม้ว่ายังไม่เข้าใจเหตุผล

เริ่มรับรู้ถึงอารมณ์ของผู้อื่น และเริ่มคิดได้ว่าการกระทำของตนเองจะทำให้ผู้อื่นรู้สึกอย่างไร ผู้ใหญ่ควรนำความคิดของเด็กมาใช้ประโยชน์บ้าง แม้ว่าจะไม่ดีเท่าของผู้ใหญ่ควรยอมให้เด็กทำสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง และคอยให้คำแนะนำ ควรตอบคำถามของเด็ก หรือร่วมรับรู้ในสิ่งที่เด็กคิด เด็กวัยนี้เป็นวัยที่ควรส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์

**2. ประถมศึกษา**

อายุ 6 ปี - 8 ปี ความคิดสร้างสรรค์ของเด็กจะลดลงในระยะของการเรียนชั้นประถม แต่เด็กวัยนี้จะรักการเรียน อยากรู้อยากเห็นมากขึ้น เอาแต่ใจตนเอง ใช้ตนเองเป็นศูนย์กลาง ระยะนี้เป็นช่วงเวลาที่จะใช้ความคิดสร้างสรรค์ผ่านบทเรียน นิทาน หรือการอภิปราย ผู้ใหญ่ควรช่วยให้เด็กได้แสดงความคิดเห็นของตนเอง และคอยตอบคำ ถามต่าง ๆของเด็ก

อายุ 8 ปี- 10 ปี เด็กวัยนี้มีความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้นและสามารถนำ ความคิดไปใช้ได้จริงๆ เด็กมักจะเลียนแบบวีรบุรุษ สามารถกระตุ้นให้ใช้ความคิดสร้างสรรค์หรือทักษะอื่นๆเพื่อช่วยเพื่อนฝูง เด็กสามารถทำงานที่ยากขึ้นได้ รู้จักถามคำถาม ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้น รู้จักคิดมากขึ้น มีความกังวลใจในสิ่งที่ตนเองไม่ได้ทำ และจะรู้สึกเสียใจถ้าไม่ได้รับความยุติธรรม เด็กวัยนี้ต้องการโอกาสที่จะได้แสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์ ผู้ใหญ่ควรให้โอกาสนี้แก่เด็ก พร้อมทั้งแสดงให้เด็กเห็นว่าความคิดของเขามีประโยชน์ แต่เด็กก็ต้องการคำ แนะนำ สนับสนุนและปลอบโยนด้วย เมื่อต้องทำงานที่ยากมาก ๆ วัยนี้เป็นวัยที่เด็กควรเรียนรู้ว่าตนเองไม่สามารถทำ ทุกสิ่งทุกอย่างได้

อายุ 10 ปี - 12 ปี เด็กชอบอ่านหนังสือและสามารถอ่านหนังสือหรือใช้ความคิดได้ทีละนาน ๆ เป็นวัยที่มีพัฒนาการด้านศิลปะ และดนตรีได้อย่างรวดเร็ว เด็กวัยนี้มักจะชอบลองทำ ทุกสิ่งทุกอย่างด้วยตนเอง มีความคิดละเอียดลึกซึ้งถึงข้อปลีกย่อยต่างๆได้ ถ้าเป็นงานที่ท้าทาย เด็กสามารถแปลงหลักเกณฑ์ต่างๆ ได้ ลงความคิดเห็นประดิษฐ์สิ่งกระตุ้นให้เด็กหัดทำ งานยากๆ และหัดตัดสินใจ

**3. มัธยมศึกษา**

อายุ 12 ปี - 14 ปี เด็กวัยนี้จะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมมาก และยังไม่มีการวางแผนสำ หรับอนาคตตนเอง รักสนุกไม่คำนึงเหตุผล เด็กที่มีพรสวรรค์จะมีการแสดงออกถึงจินตนาการของตนเองในด้านต่างๆ เช่น ศิลปะ ดนตรี หรือเครื่องยนต์ เป็นต้น เด็กจะเริ่มต่อต้านระเบียบกฎเกณฑ์ต่างๆ ต้องการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับตนเอง เด็กวัยนี้มักมีความรู้สึกไม่มั่นใจในตนเอง เพราะการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายและอารมณ์ความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนฝูงก็เปลี่ยนแปลงไปเพราะเด็กมักจะกลัวว่า เพื่อนฝูงจะไม่ยอมรับเด็กควรมีโอกาสเรียนรู้ถึงการเลือกอาชีพ แม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงภายหลังก็ตาม มีโอกาสทำงานที่ยากๆ น่าสนใจ ฝึกการตัดสินใจ

และที่สำคัญคือ ไม่ทำให้เด็กแตกต่างออกไปจากกลุ่มเพื่อน แต่ควรใช้วิธีดึงกลุ่มเพื่อนๆไปในทางที่ถูกต้อง ควรฝึกให้เด็กรู้จักสังเกตความต้องการของคนอื่นและรู้จักเคารพความเห็นของผู้อื่นด้วย

อายุ 14 ปี - 16 ปี ทั้งเด็กหญิงและเด็กชายจะชอบสนุก ผจญภัย เริ่มสนใจงานอาชีพในอนาคต เด็กจะมีพัฒนาการเร็วมากทางด้านความสามารถและความสนใจ แต่ก็ยังเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เด็กมักจะกังวลเรื่องการยอมรับของเพื่อนๆ และเริ่มเรียนรู้ว่าปัญหาบางอย่างไม่สามารถหาคำ ตอบที่แน่นอนได้ ผู้ใหญ่ควรช่วยให้เด็กได้มีเวลาคิดถึงความสามารถของตนเองและวิธีการนำ ไปใช้ให้ประสบความสำเร็จในอาชีพการงาน ควรกระตุ้นให้เด็กทราบถึงความต้องการของสังคม ระยะนี้เป็นช่วงเวลาสำ หรับการฝึกฝนทักษะในการตอบปัญหาอย่างสร้างสรรค์

อายุ 16 ปี - 18 ปี เด็กวัยนี้ต้องการช่วยชักจูงจินตนาการให้มีความทะเยอทะยานในทางที่ดีสำหรับชีวิต ความสนใจของเด็กวัยนี้จะมั่นคงพอๆ กับความต้องการของเด็ก เพราะเด็กสามารถที่จะคิดหาข้อสรุปได้แล้ว ได้เรียนรู้ที่จะใช้ความสามารถที่มีอยู่แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และสามารถเข้ากับกลุ่มเพื่อนได้เป็นอย่างดี ในระหว่างวัยนี้ผู้ใหญ่ต้องคอยดูแลและกระตุ้นด้วย “อาหารความคิด” ในห้องเรียน เสริมสร้างทักษะความชำนาญและความสนใจในสุนทรียภาพ ผู้ใหญ่ควรร่วมเรียนรู้ไปพร้อมกับเด็กวัยนี้ แต่หลีกเลี่ยงการแข่งขันกับเด็ก ควรใช้ประโยชน์จากแบบทดสอบความสนใจ ความสามารถและทัศนคติในเรื่องต่างๆ เด็กต้องการพบกับปัญหาที่ต้องการแก้ไขโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ และต้องการความช่วยเหลือแนะแนวทางที่ควรยึดถือสร้างความเชื่อมั่นต่อตนเองและความคิดเห็นที่มีต่อสังคม

**4. หลังมัธยมศึกษา**

จากการวิจัยพบว่า ระดับความคิดสร้างสรรค์ของวัยนี้ลดลง อาจเพราะสาเหตุหลายประการ เช่น พัฒนาการของร่างกายไม่ต่อเนื่อง การทำงานของต่อมต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป การจัดการศึกษา ตลอดจนความแตกต่างทางสังคม และความกังวลหนักใจในอาชีพ เป็นต้น

จากการวิจัยพบว่าความคิดสร้างสรรค์ของเด็กจะค่อยๆ สูงขึ้นตามอายุจนกระทั่งเด็กเรียนอยู่ประมาณระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์ของเด็กจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดหรือหยุดชะงักหายไปเลย ซึ่งมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมทางโรงเรียน กฎระเบียบที่เข้มงวด และการปรับตัวให้เข้ากับผู้อื่น การปฏิบัติตามแบบสังคมการรู้จักประนีประนอม ซึ่งจะทำให้เกิดความวิตกกังวล กลัวการถูกลงโทษทำให้เด็กขาดความเป็นอิสระทั้งทางด้านความคิดและการกระทำ ขาดความกระตือรือร้นกังวลใจ อันเป็นผลทำให้ความคิดสร้างสรรค์ลดลง บางคนเมื่อความคิดสร้างสรรค์หายไปแล้วก็อาจจะย้อนกลับมาใหม่ แต่บางคนก็จะหายไปเลยตั้งแต่นั้น

**ขั้นตอนของความคิดสร้างสรรค์**

ทอร์แรนซ์ (Torrance) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ จะแสดงออกตลอดกระบวนการของความรู้สึกหรือการเห็นปัญหา การรวบรวมความคิดเพื่อตั้งเป็นข้อสมมติฐาน การทดสอบ และดัดแปลงสมมติฐาน ตลอดจนวิธีการเผยแพร่ผลสรุปที่ได้

ทอร์แรนซ์ ได้กำหนดขั้นตอนของความคิดสร้างสรรค์ ออกเป็น 4 ขั้นดังนี้

1. ขั้นเริ่มคิด คือ ขั้นพยายามรวบรวมข้อเท็จจริง เรื่องราวและแนวคิดต่างๆ ที่มีอยู่เข้าด้วยกันเพื่อหาความกระจ่างในปัญหา ซึ่งยังไม่ทราบว่า ผลที่จะเกิดขึ้นนั้นจะเป็นไปในรูปใด และอาจใช้เวลานานจนบางครั้งจะเกิดขึ้นโดยไม่รู้สึกตัว

2. ขั้นครุ่นคิด คือ ขั้นที่ผู้คิดต้องใช้ความคิดอย่างหนัก แต่บางครั้งความคิดอันนี้อาจหยุดชะงักไปเฉยๆ เป็นเวลานาน บางครั้งก็จะกลับเกิดขึ้นใหม่อีก

3. ขั้นเกิดความคิด คือ ขั้นที่ผู้คิดจะมองเห็นความสัมพันธ์ของความคิดใหม่ที่ซ้ำกันความคิดเก่าๆ ซึ่งมีผู้คิดมาแล้ว การมองเห็นความสัมพันธ์ในแนวความคิดใหม่นี้ จะเกิดขึ้นในทันทีทันใด ผู้คิดไม่ได้นึกฝันว่าจะเกิดขึ้นเลย

4. ขั้นปรับปรุง คือ ขั้นการขัดเกลาความคิดนั้นให้หมดจดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย หรือต่อเติมเสริมแต่งความคิดที่เกิดขึ้นใหม่นั้นให้รัดกุมและวิวัฒนาการก้าวหน้าต่อไปในบางกรณีอาจมีการทดลองเพื่อประเมินการแก้ปัญหาสำหรับเลือกความคิดสมบูรณ์ที่สุด ซึ่งความคิดเหล่านี้ก่อให้เกิดการประดิษฐ์ผลงานใหม่ๆ ทางวิทยาศาสตร์ นวนิยาย บทเพลงจิตรกรรมและการออกแบบอื่นๆ เป็นต้น

จุงส์ (Jung : 1963 , อ้างถึงใน อุษณีย์ โพธิสุขและคณะ ม.ป.ป. : 51) ได้อธิบายถึงวิธีการสร้างความคิดสร้างสรรค์ในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน โดยเขาเสนอวิธีการคิดสร้างสรรค์ไว้ 5 ขั้น และเรียกขั้นเหล่านั้นว่า “ห้าขั้นแห่งการสร้างความคิด” ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นคิดรวบรวมข้อมูล คือ การใช้ใจคิดรวบรวมวัสดุต่าง ๆ คิดถึงข้อมูลต่าง ๆ ทุกอย่างที่เรากระทำ พยายามใช้ความคิดกับสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นอย่างกระตือรือร้นให้มันหลั่งไหลเข้ามาสู่ใจ หรือสมองของเรา

ขั้นที่ 2 ขั้นการคิดถึงข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รวบรวมอยู่ในใจครั้งแล้วครั้งเล่า การทำ อย่างนี้จะเป็นที่สนใจและได้รับประโยชน์แค่ไหน แล้วนำ มาเปรียบเทียบกับบุคคลอื่นที่เรารวบรวมอยู่ในใจ หากสมองเหนื่อยก็จงหยุดพักไว้ก่อน

ขั้นที่ 3 ขั้นการหยุดคิดแล้วทำ จิตใจให้ว่าง ลืมปัญหาต่างๆ ในขั้นที่สองแล้วหันเหความสนใจไปยังสิ่งอื่น ๆ อีก ปล่อยให้สำ นึกของกลไกความคิดทำ งานของมันต่อไป

ขั้นที่ 4 ขั้นเกิดความคิดแวบเข้ามา บางครั้งความคิดอาจหลั่งไหลเข้ามาโดยไม่คาดฝัน อาจเป็นเวลาไหนก็ได้ แต่ส่วนใหญ่มักเกิดขึ้นในตอนเราครึ่งหลับครึ่งตื่นในตอนเช้า

ขั้นที่ 5 ขั้นที่ต้องใช้เวลาวิพากษ์วิจารณ์อย่างจริงจังต่อความคิดที่คิดได้ แล้วพยายามจัดความคิดนั้นให้เป็นรูปร่างเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ หรือทำงานได้ ช่วงนี้เป็นโอกาสดีที่ให้ใครช่วยวิพากษ์วิจารณ์ เพราะบางทีคำพูดสักเพียงประโยคเดียวอาจจะทำให้เกิดความคิดใหม่

**แนวทางในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์**

ความคิดสร้างสรรค์สามารถส่งเสริมให้พัฒนาได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในทางตรงโดยการสอน ฝึกฝนและอบรม ทางอ้อมโดยการสร้างบรรยากาศ และการจัดสิ่งแวดล้อม ส่งเสริมความเป็นอิสระในการเรียนรู้ ความคิดสร้างสรรค์ไม่สามารถบังคับให้เกิดขึ้นได้ แต่สามารถส่งเสริมให้เกิดขึ้นได้ ซึ่งเปรียบเสมือนกับชาวนาทำให้พืชงอกงามจากเมล็ดได้ก็ต่อเมื่อจัดสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสม ทั้งอากาศ น้ำ และดิน เมล็ดพืชนั้นจึงงอกงามออกมาได้

**การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ มีองค์ประกอบที่สำคัญที่ควรทำในการสอน** ดังนี้ (อุษณีย์ โพธิสุข และคณะ ม.ป.ป. : 55-56)

1. กระบวนการคิด เป็นการสอนที่เพิ่มทักษะความคิดด้านต่าง ๆ เช่น ความคิดจินตนาการ ความคิดเอกนัย อเนกนัย ความคิดวิจารณญาณ ความคิดวิเคราะห์ ความคิดสังเคราะห์ ความคิดแปลกใหม่ ความหลากหลาย ความคิดยืดหยุ่น ความคิดเห็นที่แตกต่างและการประเมินผล

2.ผลิตผล เป็นสิ่งที่ชี้ให้เราเห็นหลายสิ่งหลายอย่างของการคิด เช่น วิธีคิดประสิทธิภาพทางความคิด การนำเอาความรู้ไปสู่การนำไปใช้ จุดสำคัญในการสอนว่าจะพิจารณาเกณฑ์ของผลผลิตอย่างไรนั้นควรจะมีการกำหนดให้นักเรียนรู้จักการระบุจุดประสงค์ของการทำงาน รู้จักประเมินการทำ งานของตนเองอย่างใช้เหตุผล พยายาม และสามารถปรับใช้ได้ในชีวิตจริง

3. องค์ความรู้พื้นฐาน คือให้โอกาสเด็กได้รับความรู้ผ่านสื่อและทักษะหลายด้าน โดยใช้ประสาทสัมผัสหรือความรู้ที่มาจากประสบการณ์ที่หลากหลายและมีแหล่งข้อมูลที่ต่างกันทั้งจากหนังสือ ผู้เชี่ยวชาญ การทดสอบด้วยตนเอง และที่สำคัญคือให้เด็กได้สร้างความรู้จากตัวของเขาเอง

4. สิ่งที่ท้าทายนักเรียน คือหางานที่สร้างสรรค์ และมีมาตรฐานให้เด็กได้ทำ

5.บรรยากาศในชั้นเรียน คือต้องให้อิสรเสรี ความยุติธรรม ความเคารพในความคิดเห็นของนักเรียน ให้เด็กมั่นใจว่าจะไม่ถูกลงโทษหากมีความคิดที่แตกต่างจากครูหรือคิดว่าครูไม่ถูกต้อง ยอมให้เด็กล้มเหลว หรือผิดพลาด (โดยไม่เกิดอันตราย) แต่ต้องฝึกให้เรียนรู้จาก ข้อผิดพลาดที่ผ่านมา

บรรยากาศที่ช่วยส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ได้แก่ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดและนำเสนอแนวคิดของต้นเองอย่างอิสระภายใต้การให้คำปรึกษาแนะนำของผู้สอน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถเริ่มต้นจากการนำเสนอปัญหาที่ท้าทาย น่าสนใจ เหมาะกับวัยของ

ผู้เรียนและเป็นปัญหาที่ผู้เรียนสามารถนำความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่มาใช้แก้ปัญหาได้ การแก้ปัญหาควรจัดเป็นกิจกรรมในลักษณะร่วมกันแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนได้อภิปรายร่วมกันการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เสนอแนวคิดหลายๆ แนวคิด เป็นการช่วยเสริมเติมเต็ม ทำให้ได้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่สมบูรณ์และหลากหลาย ปัญหาปลายเปิด ซึ่งเป็นปัญหาที่มีคำตอบหลายคำตอบ หรือมีแนวคิดหรือวิธีการในการหาคำตอบได้หลายอย่าง เป็นปัญหาที่ช่วยส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของผู้เรียนสำหรับปัญหาที่มีหลายคำตอบ เมื่อผู้เรียนคนหนึ่งหาคำตอบหนึ่งได้แล้ว ก็ยังมีสิ่งท้าทายให้ผู้เรียนคนอื่นๆ คิดหาคำตอบอื่นๆ ที่เหลืออยู่ สำหรับปัญหาที่มีแนวคิดหรือวิธีการในการให้ความสำคัญกับแนวคิดหรือวิธีการในการหาคำตอบนั้นด้วยการส่งเสริมและยอมรับแนวคิดหรือวิธีการอย่างหลากหลายของผู้เรียน ในการให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ในการเรียนรู้แนวคิดหรือวิธีการหลายๆอย่างในการแก้ปัญหาปัญหาหนึ่งเป็นสิ่งที่มีคุณค่ามากกว่าการให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาหลายๆ ปัญหาโดยใช้แนวคิดหรือวิธีการเพียงอย่างเดียว (กระทรวงศึกษาธิการ,กรมวิชาการ 2545 : 205)

6. ตัวนักเรียน คือสนับสนุนให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นตนเอง ความเคารพตนเอง กระหายใคร่รู้

7. การใช้คำถาม คือครูต้องสนับสนุนให้นักเรียนถามคำถามของเขา

8. การประเมินผล ครูต้องหลีกเลี่ยงการประเมินที่ซ้ำๆ ซากๆ หรือเป็นทางการอยู่ตลอดและสนับสนุนให้เด็กประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเอง และประเมินร่วมกับครู

9.การสอนและการจัดหลักสูตร ควรจะนำไปผสมผสานกับวิชาการต่างๆ เพราะสามารถใช้ได้กับทุกวิชา ลองให้เด็กเรียนรู้ในสิ่งที่ไม่มีคำตอบที่ดีที่สุด คำตอบที่ตายแล้ว คำตอบที่คลุมเครือและเปลี่ยนแปลงได้ง่ายๆ และให้ครูเป็นผู้ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือเด็กไม่ใช่ผู้สั่งการและสอน

10.การจัดระบบในชั้นเรียน ให้เด็กได้ค้นคว้าความรู้ด้วยตนเองให้มากขึ้นปรับระบบตารางเรียนให้ยืดหยุ่นเพื่อตอบสนองความต้องการและความสามารถที่หลากหลายจัดกลุ่มการสอนหลายๆ แบบ เช่น จับคู่ กลุ่มเล็ก กลุ่มใหญ่และสอนแบบเดี่ยว นอกจากนี้ควรจัดห้องเรียนให้แตกต่างกันไปในแต่ละเวลา สถานที่ เช่น บางห้อง บางเวลา ไม่มีที่นั่งนั่งใกล้กัน ไกลกัน นั่งข้างนอก เรียนที่สนาม เป็นต้น

ทอร์แรนซ์ (Torrance.) ได้กล่าวถึงการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. ส่งเสริมให้เด็กถาม และให้ความสนใจต่อคำถาม และคำถามที่แปลกๆ ของเด็ก พ่อแม่หรือครูไม่ควรมุ่งที่คำตอบที่ถูกแต่เพียงอย่างเดียว เพราะในการแก้ปัญหาแม้เด็กจะใช้วิธีเดาเสี่ยงบ้างก็ควรยอมอย่างไรก็ตามควรกระตุ้นให้เด็กได้วิเคราะห์ค้นหาเพื่อพิสูจน์การเดาโดยใช้การสังเกตและประสบการณ์ของเด็กเอง

2. ตั้งใจฟังและเอาใจใส่ต่อการคิดแปลกๆ ของเด็ก ด้วยใจเป็นกลาง เมื่อเด็กแสดงความคิดเห็นในเรื่องใด แม้จะเป็นความคิดเห็นที่ยังไม่เคยได้ยินมาก่อน ก็ไม่ควรตัดสินและลิดรอนความคิดนั้น แต่รับฟังไว้ก่อน

3. กระตือรือร้นต่อคำถามที่แปลกๆ ของเด็กด้วยการตอบคำถามอย่างมีชีวิตชีวา หรือชี้แนะให้เด็กหาคำตอบจากแหล่งต่างๆ ด้วยตนเอง

4. แสดงและเน้นให้เด็กเห็นว่าความคิดของเด็กนั้นมีคุณค่าและนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น จากภาพที่เด็กวาด อาจให้นำไปเป็นภาพปฏิทิน ส.ค.ส. เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เด็กเกิดความภาคภูมิใจ และมีกำลังใจที่จะคิดสร้างสรรค์ต่อไป

5. กระตุ้นและส่งเสริมให้เด็กเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยให้โอกาสและเตรียมการให้เด็กเรียนรู้ด้วยตนเอง และยกย่องเด็กที่พยายามเรียนรู้ด้วยตนเอง ครูอาจจะลดบทบาทของการเป็นผู้ชี้แนะและลดการอธิบายลง เพื่อให้นักเรียนมีส่วนริเริ่มกิจกรรมด้วยตนเองมากขึ้น

6. เปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้ หรือค้นคว้าอย่างต่อเนื่องอยู่เสมอ โดยไม่ต้องใช้วิธีบีบบังคับด้วยคะแนน การสอบหรือการตรวจสอบ เป็นต้น

7.พึงระวังว่าการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในเด็กต้องใช้เวลาและพัฒนาอย่างค่อยเป็นค่อยไป

8.ส่งเสริมให้เด็กใช้จินตนาการของตนเองและยกย่องชมเชย เมื่อเด็กมีจินตนาการที่แปลกกว่าผู้อื่น

นอกจากนี้ วิลเลี่ยมส์ (Frank E. Williams, อ้างถึงใน อารีย์ สัณหฉวี 2540 : 130-131) ได้สรุปวิธีการสอนและการจัดกิจกรรมการสอนของครู เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของเด็กไว้ 18 ลักษณะ ดังนี้

1. การสอน Paradox หมายถึง การสอนเกี่ยวกับความคิดเห็นในลักษณะความคิดเห็นซึ่งขัดแย้งในตัวของมันเอง ความเห็นหรือความเชื่อที่ฝังใจมานาน ซึ่งความคิดเห็น ข้อความหรือข้อสังเกตต่างๆ อาจเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการณ์ แม้ว่าจะหาข้อยุติได้ยาก แต่ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับเหตุผลที่ประกอบสนับสนุนหรือคัดค้านข้อคิดเห็นนั้นๆ เป็นการฝึกฝนให้คิดในสิ่งที่แตกต่างไปจากรูปแบบเดิมที่เคยมี ดังนั้นในการสอนครูจึงควรกำหนดหรือให้นักเรียนรวบรวมและเลือกข้อคิดเห็น แล้วให้นักเรียนอภิปราย โต้วาทีหรือแสดงความคิดเห็นในกลุ่มย่อยก็ได้

2.การพิจารณาลักษณะ(Attribute) หมายถึง การสอนให้นักเรียนคิดพิจารณาถึงลักษณะต่างๆ ที่ปรากฏอยู่ ทั้งมนุษย์ สัตว์ สิ่งของ ในลักษณะที่แปลกแตกต่างไปกว่าที่เคยคิด รวมทั้งลักษณะที่คาดไม่ถึงด้วย เช่น ให้คิดหาส่วนใดส่วนหนึ่งที่เห็นว่าแปลกประหลาดไม่เหมือนอย่างอื่น ของดินสอ ยางลบ หนังสือ เป็นต้น

3. การเปรียบเทียบอุปมาอุปมัย (Analogies) หมายถึง การเปรียบเทียบสิ่งของหรือสถานการณ์ที่เหมือนกัน คล้ายคลึงกันแตกต่างหรือตรงกันข้าม อาจอยู่ในรูปคำเปรียบเทียบ คำพังเพย สุภาษิต ก็ได้ เช่น ลองคิดดูว่า ช้อนกับรถยนต์มีลักษณะเหมือนกันอย่างไร ฯลฯ

4. การบอกสิ่งที่คลาดเคลื่อนไปจากความจริง (Discrepancies) หมายถึง การแสดงความคิดเห็น ระบุ บ่งชี้ถึงสิ่งที่คลาดเคลื่อนจากความจริง หรือขาดตกบกพร่องหรือสิ่งที่ยังไม่สมบูรณ์ เช่น สมมติว่า นักเรียนเป็นแมวที่เจ้าของลืมให้อาหาร ลองคิดดูว่าแมวมีวิธีหาอาหารอย่างไรบ้าง

5. การใช้คำ ถามยั่วยุและการกระตุ้นให้ตอบ (Ark Provocative Question)หมายถึง การตั้งคำถามแบบปลายเปิดและเป็นคำถามที่ยั่วยุ และเร้าความรู้สึกนึกคิดให้ชวนคิดค้นคว้าให้ได้ความหมายที่ลึกซึ้งสมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ คำ ตอบจากคำ ถามลักษณะเช่นนี้ไม่มีคำตอบที่ถูกเพียงคำตอบเดียว แต่มีหลายๆ คำตอบ โอกาสที่นักเรียนจะตอบได้ถูกมีมาก เป็นคำตอบที่มักลงท้ายว่า วิธีการใดบ้าง มีประโยชน์อย่างไรบ้าง ท่านรู้สึกอย่างไรบ้าง เป็นต้น

6. การเปลี่ยนแปลง (Example of Change) หมายถึง การฝึกให้คิดถึงการเปลี่ยนแปลง ดัดแปลง การปรับปรุงสิ่งต่างๆ ที่คงสภาพมาเป็นเวลานานให้เป็นไปในรูปแบบอื่นและเปิดโอกาสให้เปลี่ยนแปลงด้วยวิธีต่างๆ อย่างอิสระ เช่น ถ้าแผ่นดินไหวเกิดขึ้นในประเทศไทยแทนที่จะเป็นประเทศญี่ปุ่น ซึ่งชีวิตของประชาชนคนไทยจะเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง

7. การเปลี่ยนแปลงความเชื่อ (Example of Habit) หมายถึง การฝึกให้นักเรียนเป็นคนที่มีความยืดหยุ่นยอมรับการเปลี่ยนแปลง คลายความยึดมั่นต่างๆ เพื่อปรับตนเข้ากับสถานการณ์ใหม่ๆ เช่น ถ้าโลกนี้ไม่มีโทรทัศน์คนจะเป็นอย่างไรบ้าง เป็นต้น

8. การสร้างสิ่งใหม่จากโครงสร้างเดิม (An Organized Random Search)หมายถึง การฝึกให้นักเรียนรู้จักสร้างสิ่งใหม่ กฎเกณฑ์ใหม่ ความคิดใหม่ โดยอาศัยโครงสร้างเดิม หรือกฎเกณฑ์เดิมที่เคยมีแต่พยายามคิดพลิกแพลงให้ต่างไปจากเดิม ตัวอย่างเช่นให้นักเรียนฟังเรื่องค้างแล้วต่อเรื่องตอนท้ายให้จบ

9. ทักษะการค้นคว้าข้อมูล (The Skill of Search) หมายถึง การฝึกให้นักเรียนรู้จักการสำรวจเพื่อหาข้อมูล เช่น ลองคิดว่าทำไมไม้จึงลอยได้ในน้ำแต่เหล็กจมน้ำ

10.มานะที่จะค้นหาคำ ตอบจากคำถามที่กำกวมไม่ชัดเจน (Tolerance for Ambiguity) เป็นการฝึกให้นักเรียนมีความอดทนและพยายามที่จะค้นหาคำ ตอบต่อปัญหาที่กำกวม หรือเป็นสองนัย ลึกลับ หรือท้าทายความนึกคิดต่างๆ ตัวอย่างเช่น ลองต่อเติมภาพจากส่วนที่กำหนดให้สมบูรณ์ ฯลฯ

11.ส่งเสริมการคิดเชิงญาณ(Intuitiv Expression)เป็นการฝึกให้รู้จักการแสดงความรู้สึก ความคิดที่เกิดจากมีสิ่งมาเร้าอวัยวะรับสัมผัส การคิดทางอารมณ์ หรือการคิดจากลางสังหรณ์ ตัวอย่างเช่น สมมติเป็นสิ่งไม่มีชีวิตแล้วให้บอกความรู้สึก

12. การปรับตัวเพื่อพัฒนาตน (Adjustment for Development) หมายถึง การฝึกให้นักเรียนรู้จักพิจารณาดูความพลาดพลั้งล้มเหลวซึ่งเกิดขึ้นโดยตั้งใจหรือไม่ตั้งใจก็ตาม แล้วหาประโยชน์จากความผิดพลาด หรือข้อบกพร่องของตนเอง หรือผู้อื่น ใช้ความผิดพลาดเป็นบทเรียนนำ ไปสู่ความสำเร็จ

13. ลักษณะบุคคลและกระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creative Person and Creative Process) หมายถึง การให้ศึกษาประวัติบุคคลสำคัญทั้งในแง่ลักษณะพฤติกรรมและกระบวนการคิดตลอดจนประสบการณ์ของเขาด้วย ตัวอย่างเช่น การเปรียบเทียบประวัติบุคคลสำคัญ 2 คน หลังจากการอ่าน หรือฟังประวัติแล้วให้เปรียบเทียบลักษณะนิสัยของคนทั้งสองว่าเหมือนกันและต่างกันอย่างไรและอะไรเป็นจุดสำคัญในชีวิตของเขา

14. การประเมินสถานการณ์ (Evaluate Situation) หมายถึง การฝึกให้หาคำตอบ โดยคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นและความหมายเกี่ยวเนื่องกัน ด้วยการตั้งคำถามว่าถ้าเกิดสิ่งนี้แล้วจะเกิดผลอย่างไร

15. พัฒนาทักษะการอ่านอย่างสร้างสรรค์ (A Creative Reading Skill) หมายถึง การฝึกให้รู้จักคิด แสดงความคิดเห็น แสดงความรู้สึกนึกคิดต่อเรื่องที่อ่าน

16. พัฒนาทักษะการฟังอย่างสร้างสรรค์ (A Creative Listening Skill) หมายถึง การฝึกให้เกิดความรู้สึกนึกคิดในขณะที่ฟังหลังจากฟังบทความ เรื่องราว ดนตรี เพื่อเป็นการศึกษาข้อมูลความรู้ ซึ่งโยงไปหาสิ่งอื่นๆ ต่อไป เช่น การให้นักเรียนฟังดนตรีแล้วคิดท่าเต้นรำ ขึ้น เป็นต้น

17. พัฒนาทักษะการเขียนอย่างสร้างสรรค์ (A Creative Writing Skill) หมายถึง การฝึกให้แสดงความคิด ความรู้สึก และจินตนาการด้านการเขียนบรรยายหรือพรรณนาให้เห็นภาพ ชัดเจน ตัวอย่างเช่น กำหนดคำ มาให้แล้วให้นักเรียนแต่งเรื่องจากคำเหล่านี้

18. ทักษะการมองเห็นภาพในมิติต่าง ๆ (Visualization Skill) หมายถึง การฝึกให้แสดงความรู้สึกนึกคิดจากภาพในแง่มุมแปลกๆ ใหม่ๆ ไม่ซ้ำของเดิม ตัวอย่าง เช่นลองวาดภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนดให้ เช่น สามเหลี่ยม วงกลม สี่เหลี่ยม เป็นต้น

**บทบาทครูในการส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน**

สำนักการศึกษากรุงเทพมหานคร, กองวิชาการ (2548 : 7 ) ได้เสนอบทบาทของครูในการส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนไว้ ดังนี้

1. ครูต้องสร้างบรรยากาศทางบวกคือ เปิดโอกาสหรือให้อิสระในการคิดและเป็นผู้ฟังที่ดี ,กระตุ้นให้นักเรียนกล้าคิด และให้ความสนใจในคำถามหรือความคิดของนักเรียน

2. จัดประสบการณ์หรือกิจกรรมที่ท้าทายความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งมีความเหมาะสมกับวัย ความรู้และประสบการณ์ของนักเรียน

3. ใช้คำถามระดับสูง เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหา วางแผน หรือออกแบบการทดลองด้วยตนเอง

4. จัดเวลาที่เหมาะสมและเพียงพอ ให้นักเรียนได้รับการส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเป็นกลุ่มหรือเป็นรายบุคคล

5. สนับสนุนให้นักเรียนสร้างหรือสังเคราะห์สิ่งใหม่บนพื้นฐานของการเชื่อมโยงความคิดเก่าหรือความรู้เดิมที่เกี่ยวกับมโนมติและหลักการของเรื่องต่างๆ โดยไม่สกัดกั้นความคิดของนักเรียน

จะเห็นได้ว่าการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์นั้นมีวิธีการหลายๆวิธีซึ่งขึ้นอยู่กับความประสงค์ของแต่ละบุคคลว่าต้องการที่จะนำ ลักษณะของการพัฒนาแบบใดไปใช้เพราะว่าทุกรูปแบบสามารถที่จะนำ มาส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ได้ทั้งสิ้นหรืออาจจะนำ มาใช้ประกอบกันก็จะดียิ่งขึ้น

**แนวทางการวัดและประเมินผลด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์**

กระทรวงศึกษาธิการ,กรมวิชาการ( 2545: 137-139) ได้เสนอตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนด้านทักษะกระบวนการคณิตศาสตร์แบบแยกองค์ประกอบ ดังตารางที่ 6 ต่อไปนี้

ตารางที่ 6 ตารางเกณฑ์การให้คะแนนด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะกระบวนการการแก้ปัญหา

| คะแนน/ความหมาย | ความสามารถในการแก้ปัญหาที่ปรากฏให้เห็น |
|---|---|
| 4<br>(ดีมาก) | ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ อย่างมีประสิทธิภาพ อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้เข้าใจชัดเจน |
| 3<br>(ดี) | ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ แต่น่าจะอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้ดีกว่านี้ |
| 2<br>(พอใช้) | มียุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จเพียงบางส่วน อธิบายเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้บางส่วน |
| 1<br>(ต้องปรับปรุง) | มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหาบางส่วน เริ่มคิดว่าทำไมจึงต้องใช้วิธีการนั้นแล้วหยุด อธิบายต่อไม่ได้ แก้ปัญหาไม่สำเร็จ |
| 0<br>(ไม่พยายาม) | ทำได้ไม่ถึงเกณฑ์ข้างต้นหรือไม่มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหา |

ทักษะกระบวนการการให้เหตุผล

| คะแนน/ความหมาย | ความสามารถในการให้เหตุผลที่ปรากฏให้เห็น |
|---|---|
| 4 (ดีมาก) | มีการอ้างอิง เสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล |
| 3 (ดี) | มีการอ้างอิงที่ถูกต้องบางส่วน และเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ |
| 2 (พอใช้) | เสนอแนวคิดไม่สมเหตุสมผลในการประกอบการตัดสินใจ |
| 1 (ต้องปรับปรุง) | มีความพยายามเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ |
| 0 (ไม่พยายาม) | ไม่มีแนวคิดประกอบการตัดสินใจ |

ทักษะกระบวนการการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

| คะแนน/ความหมาย | ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอที่ปรากฏให้เห็น |
|---|---|
| 4 (ดีมาก) | ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอน เป็น ได้ระบบ กระชับ ชัดเจน และมีรายละเอียดสมบูรณ์ |
| 3 (ดี) | ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอนได้ถูกต้องขาด รายละเอียดที่สมบูรณ์ |
| 2 (พอใช้) | ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์พยายาม นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบชัดเจนบางส่วน |
| 1 (ต้องปรับปรุง) | ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายๆ ไม่ได้ใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางเลย และการนำเสนอข้อมูลไม่ชัดเจน |
| 0 (ไม่พยายาม) | ไม่นำเสนอ |

ทักษะกระบวนการการเชื่อมโยง

| คะแนน/ความหมาย | ความสามารถในการเชื่อมโยงที่ปรากฏให้เห็น |
|---|---|
| 4<br>(ดีมาก) | นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์/สาระอื่น/ในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา หรือประยุกต์ใช้ได้อย่างสอดคล้องเหมาะสม |
| 3<br>(ดี) | นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์/สาระอื่น/ในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา หรือประยุกต์ใช้ได้บางส่วน |
| 2<br>(พอใช้) | นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ได้บางส่วน |
| 1<br>(ต้องปรับปรุง) | นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงยังไม่เหมาะสม |
| 0<br>(ไม่พยายาม) | ไม่มีการเชื่อมโยงกับสาระอื่นใด |

ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

| คะแนน/ความหมาย | ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่ปรากฏให้เห็น |
|---|---|
| 4<br>(ดีมาก) | มีแนวคิด/ วิธีการแปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์ |
| 3<br>(ดี) | มีแนวคิด/ วิธีการแปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องแต่นำไปปฏิบัติแล้วไม่ถูกต้องสมบูรณ์ |
| 2<br>(พอใช้) | มีแนวคิด/วิธีการไม่แปลกใหม่แต่นำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์ |
| 1<br>(ต้องปรับปรุง) | มีแนวคิด/วิธีการไม่แปลกใหม่และนำไปปฏิบัติแล้วยังไม่สมบูรณ์ |
| 0<br>(ไม่พยายาม) | ไม่มีผลงาน |

## การสอนคณิตศาสตร์

ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้ประสบความสำเร็จนั้น ครูเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนรู้ ครูจะต้องมีการเตรียมตัวอย่างดี ทั้งความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชา ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์และการสอนคณิตศาสตร์ อีกทั้งยังต้องตระหนักว่าการเรียนรู้ของนักเรียนเกิดจากการจัดประสบการณ์ที่เหมาะสมให้แก่นักเรียน ได้ศึกษาวิเคราะห์จนกระทั่งค้นพบซึ่งมีองค์ประกอบหลายประการที่ส่งเสริมให้เด็กเกิดการเรียนรู้ องค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้ และวิธีการสอน ที่เป็นแนวทางในการสอนคณิตศาสตร์ เป็นต้น

**ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์**

**ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์**

ทฤษฎีที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ จำแนกได้ 2 ประเภท คือ ทฤษฎีการสอนคณิตศาสตร์ และทฤษฎีการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, กรมวิชาการ,กองวิจัยทางการศึกษา 2538:16-17)

1. ทฤษฎีแห่งการฝึกฝน (Drill Theory) ทฤษฎีนี้เชื่อว่าเด็กจะเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้โดยการฝึกทำสิ่งนั้นซ้ำๆ หลายๆ ครั้ง การสอนเริ่มโดยครูบอกสูตรหรือกฎเกณฑ์ให้ แล้วให้เด็กทำแบบฝึกหัดมากๆ จนกระทั่งเด็กมีความชำนาญ

2. ทฤษฎีแห่งการเรียนรู้โดยบังเอิญ (Incident learning Theory) ทฤษฎีนี้เชื่อว่าเด็กจะเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ดี เมื่อเด็กเกิดความพร้อมหรืออยากเรียนรู้ในสิ่งนั้นๆ การสอนจะพยายามให้นักเรียนเรียนคณิตศาสตร์ในบรรยากาศที่ไม่เคร่งเครียด และน่าเบื่อหน่าย สอนโดยมีกิจกรรมหลากหลายและยึดนักเรียนเป็นสำคัญ

3. ทฤษฎีแห่งความหมาย (Meaning Theory) ทฤษฎีนี้เชื่อว่าเด็กจะเรียนรู้และเข้าในในสิ่งที่เรียนได้ดีเมื่อเด็กได้เรียนในสิ่งที่มีความหมายต่อตัวเอง เรียนให้มีความหมายโครงสร้าง (Concept) และให้นักเรียนเห็นโครงสร้างของคณิตศาสตร์

ในการเรียนการสอนคณิตสาสตร์จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้ทั้ง 3 ทฤษฎีผสมกัน โดยขึ้นกับดุลยพินิจของครูผู้สอน ว่าในแต่ละเนื้อหาวิชา ลักษณะของเด็ก สภาพแวดล้อมขณะนั้น ตลอดจนตัวผู้สอนเอง ควรจะยึดหลักทฤษฎีไหนบ้าง มากน้อยเพียงไร

**ทฤษฎีการเรียนรู้**

ทฤษฎีการเรียนรู้ของนักทฤษฎีหลายคนได้ให้หลักการและแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อการสอนคณิตศาสตร์เป็นอย่างมาก ได้แก่ ทฤษฎีของเปียเจ บรูเนอร์ ออซูเบลดีนส์ และกาเย่ (ประยูร อาษานาม 2537 :13)

**ทฤษฎีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของเปียเจ ( Jean Piaget )**

เปียเจเชื่อว่าคนเราทุกคนตั้งแต่เกิดมามีความพร้อมที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และโดยธรรมชาติแล้วมนุษย์เป็นผู้พร้อมที่จะมีกริยากรรม หรือเริ่มกระทำก่อน ( Active ) นอกจากนี้เปียเจถือว่ามนุษย์เรามีแนวโน้มพื้นฐานที่ติดตัวมาแต่กำเนิด 2 ชนิด คือ การจัดและรวบรวม ( Organization ) และการปรับตัว ( Adaptation ) ( สุรางค์ โค้วตระกูล 2545 : 48 -57) ซึ่งอธิบายได้ดังต่อไปนี้

การจัดและรวบรวม ( Organization ) หมายถึง การจัดและรวบรวมกระบวนการต่างๆ ภายใน เข้าเป็นระบบอย่างต่อเนื่องกัน เป็นระเบียบ และมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตราบที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม

การปรับตัว ( Adaptation ) หมายถึง การปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมเพื่ออยู่ในสภาพสมดุล การปรับตัวประกอบด้วยกระบวนการ 2 อย่างคือ

1. การซึมซับหรือดูดซึมประสบการณ์ ( Assimilation ) เมื่อมนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมก็จะซึมซับหรือดูดซึมประสบการณ์ใหม่ ให้รวมเข้าอยู่ในโครงสร้างของสติปัญญา ( Cognitive Structure )

2. การปรับโครงสร้างทางเชาวน์ปัญญา ( Accommodation ) หมายถึง การเปลี่ยนแบบโครงสร้างของเชาวน์ปัญญาที่มีอยู่แล้วให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม หรือประสบการณ์ใหม่ หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงความคิดเดิมให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมใหม่

สรุปแล้วในพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาบุคคลต้องมีการปรับตัวซึ่งประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ 2 อย่างคือ การซึมซับหรือดูดซึม และการปรับโครงสร้างทางสติปัญญาดังกล่าว เปียเจกล่าวว่า ระหว่างระยะเวลาตั้งแต่วัยทารกจนถึงวัยรุ่น คนเราจะค่อยๆ สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เปียเจ ได้แบ่งพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาออกเป็นขั้นใหญ่ๆ 4 ขั้น โดยให้ความหมายของขั้น ( Stage ) ดังต่อไปนี้

1.ขั้นระดับเชาวน์ปัญญา หมายถึง ระยะเวลาที่ก่อตั้งริเริ่มและรวบรวมความรู้คิด ( Mental Operation ) หรือเริ่มพัฒนาเชาวน์ปัญญา

2.การบรรลุถึงขั้นเชาวน์ปัญญาขั้นหนึ่ง จะเป็นรากฐานสำหรับพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาขั้นต่อไป หรือการจะกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า การพัฒนาทางเชาวน์ปัญญาเป็นสิ่งต่อเนื่องกัน

3.ระดับขั้นของพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาเป็นสิ่งที่เป็นไปตามขั้นไม่สับสน เป็นต้นว่าขั้นแรกต้องมาก่อนขั้นที่ 2 และขั้นที่ 2 ต้องมาก่อนขั้นที่ 3 เป็นต้น

4. ขั้นพัฒนาการของเชาวน์ปัญญา แต่ละขั้นเป็นรากฐานของขั้นต่อไป เปียเจ ถือว่าเด็กทุกคนตั้งแต่เกิดมาพร้อมที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและปฏิสัมพันธ์นี้ ทำให้เกิดพัฒนาการ

เชาวน์ปัญญา เปียเจแบ่งองค์ประกอบที่มีส่วนเสริมสร้างพัฒนาการเชาวน์ปัญญามี 4 องค์ประกอบ คือ

1. วุฒิภาวะ ( Maturation ) เปียเจกล่าวว่า การเจริญเติบโตด้านสรีรวิทยา โดยเฉพาะเส้นประสาทและต่อมไร้ท่อ มีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาเชาวน์ปัญญา หรือจะต้องจัดประสบการณ์หรือสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมกับความพร้อมหรือวัยของเด็ก

2. ประสบการณ์ ( Experience ) ทุกครั้งที่คนเรามีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมก็จะเกิดประสบการณ์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

2. 1 ประสบการณ์ที่เนื่องมาจากปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ( Physical Environment )

2. 2 ประสบการณ์ที่เกี่ยวกับการคิดหาเหตุผลและทางคณิตศาสตร์ ( Logics – mathematics experience ) ซึ่งมีความสำคัญในการแก้ปัญหาต่างๆ โดยเฉพาะทางวิทยาศาสตร์

3. การถ่ายทอดความรู้ทางสังคม ( Social Transmission ) หมายถึง การที่พ่อ แม่ ครู และคนที่อยู่รอบตัวเด็กจะถ่ายทอดความรู้ให้เด็กหรือสอนเด็กที่พร้อมจะรับถ่ายทอดด้วยกระบวนการซึมซับประสบการณ์หรือการปรับโครงสร้างทางเชาวน์ปัญญา

4. กระบวนการพัฒนาสมดุล ( Equilibration ) หรือการควบคุมพฤติกรรมของตนเอง (Self – regulation) ซึ่งอยู่ในตัวของแต่ละบุคคล เพื่อจะปรับความสมดุลของพัฒนาการเชาวน์ปัญญาขั้นต่อไปอีกขั้นหนึ่งซึ่งสูงกว่า โดยใช้กระบวนการซึมซับประสบการณ์ และการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา

เปียเจได้แบ่งพัฒนาการของเชาวน์ปัญญาออกเป็น 4 ขั้นคือ

ขั้นที่ 1 Sensorimotor ( แรกเกิดถึง 2 ขวบ ) เป็นขั้นของพัฒนาการทางสติปัญญาความคิดก่อนระยะเวลาที่เด็กอ่อนจะพูดและใช้ภาษาได้ เปียเจกล่าวว่าสติปัญญาความคิดของเด็กในวัยนี้แสดงออกโดยทางการกระทำ (Actions) เด็กสามารถแก้ปัญหาได้แม้ว่าจะไม่สามารถที่จะอธิบายได้

ขั้นที่ 2 Preoperational ( 18 เดือน – 7 ขวบ ) เป็นขั้นที่เชาวน์ปัญญาและความคิดของเด็กในวัย 18 เดือน ถึง 7 ขวบ ความคิดของเด็กวัยนี้ยังขึ้นอยู่กับการรับรู้เป็นส่วนใหญ่ ไม่สามารถที่จะใช้เหตุผลอย่างลึกซึ้งแต่เป็นขั้นที่เด็กเริ่มใช้ภาษา สามารถที่จะบอกชื่อสิ่งต่างๆที่อยู่รอบตัวเขาและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเขาสามารถที่จะเรียนรู้ถึงสัญลักษณ์และใช้สัญลักษณ์ได้ เด็กในวัยนี้มักจะเล่นสมมติ เช่น พูดกับตุ๊กตาเหมือนพูดกับคนจริงๆ เด็กวัยนี้มีความตั้งใจทีละอย่าง และยังไม่สามารถที่จะเข้าใจว่าสิ่งที่เท่ากันแม้ว่าจะเปลี่ยนรูปร่างหรือแปรสภาพหรือเปลี่ยนที่วาง ควรจะยังคงเท่ากัน และยังไม่สามารถที่จะเปรียบเทียบสิ่งของมากและน้อย ยาวและสั้นได้อย่างแท้จริง และมีการยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง ไม่สามารถที่จะเข้าใจความคิดเห็นของผู้อื่น

ขั้นที่ 3 Concrete Operations ( อายุ 7 -11 ปี ) เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในการทดลองมีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาอยู่ในขั้น Concrete Operations ผู้วิจัยจึงนำเสนอรายละเอียดดังนี้

การสอนให้เกิดความเข้าใจจนพบความสำเร็จจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบ4 อย่าง คือ ( นัคสวรรย์ ศรีจันทร์ 2545 : 29 – 30 )

1. เด็กจะต้องมีวุฒิภาวะ ( Maturation ) ถ้ายังไม่มีก็ยากต่อการรับรู้

2. เด็กเล็กๆจะต้องจัดกิจกรรมที่ได้ลงมือกระทำกิจกรรมในการเรียนการสอนให้มาก ( Physical – experience )

3. พยายามจัดกิจกรรมที่ให้มีการทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อจะได้ใช้ภาษาสัญลักษณ์ต่างๆในการทำงานร่วมกัน อันจะก่อให้เกิดขบวนการสังคมประกิต ฝึกให้อยู่ในสังคมได้อย่างดีตั้งแต่เล็กๆ ( Socialization )

4. เปียเจเสนอว่า การสอนคณิตศาสตร์ควรสอนตามลักษณะขั้นบันไดเวียน คือ สอนทบทวนเรื่องเดิมและค่อยๆขยายออกไปสู่ความรู้ใหม่ เวลาที่ครูจะสอนความคิดรวบยอดใหม่หรือความรู้ใหม่ให้แก่นักเรียน ครูจะต้องรู้ว่า ความรู้เดิมของเด็กที่เป็นพื้นฐานของเรื่องนี้ มีอะไรบ้าง เด็กมีหรือยัง เช่น ครูจะสอนเรื่องการหาร เด็กจะต้องมีความรู้เรื่องการลดลงมาก่อน ถ้าเด็กยังลบเลขไม่เป็น การสอนเรื่องการหารก็ทำไม่ได้ เช่นนี้เรียกว่าการลบเป็นพื้นฐานของการสอนหาร

จากทฤษฎีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของเปียเจ สามารถสรุปได้ว่า ในการจัดการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ครูควรคำนึงถึงวุฒิภาวะของนักเรียนโดยจัดเนื้อหาให้เหมาะสมกับวัย ไม่ง่ายหรือยากจนเกินไป ครูควรให้นักเรียนลองปฏิบัติและทำกิจกรรมให้มาก พยายามจัดกิจกรรมที่ให้มีการทำงานเป็นกลุ่ม และก่อนที่จะสอนเนื้อหาใหม่ควรมีการทบทวนเรื่องเดิมก่อนแล้วจึงค่อยๆ ขยายออกไปสู่ความรู้ใหม่เพื่อให้นักเรียนมีความพร้อมและสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้

**ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์ ( Jerome S. Bruner )**

บรูเนอร์ (Bruner ,อ้างถึงใน นัคสวรรย์ ศรีจันทร์ 2545 : 31-32) ได้เสนอความคิดเกี่ยวกับกระบวนการในการเรียนรู้ไว้หลายประการ นับแต่โครงสร้างของเนื้อหาวิชา ความพร้อมของผู้เรียน ความคิดสร้างสรรค์ แรงกระตุ้นในการเรียนรู้และการใช้สื่อการเรียน ซึ่งสรุปเฉพาะแนวคิดสำคัญที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. การตั้งสมมติฐาน บรูเนอร์กล่าวไว้ว่าวิชาใดๆก็ตาม สามารถที่จะนำมาสอนให้เข้าใจได้ในทุกระดับ ถ้าครูผู้สอนรู้จักจัดเนื้อหาวิชา จัดวิธีสอนให้เหมาะสมกับตามที่บรูเนอร์ได้กล่าวไว้ ผู้สอนสามารถสอนวิชาเดียวกันได้ทุกระดับ ถ้าจัดเนื้อหาวิชาเสียใหม่ ชั้นสูงๆก็จัดเนื้อหาที่ลึก ชั้นถัดลงไปก็จัดสอนเนื้อหาที่ง่ายลงมาหน่อย ชั้นต้นๆ ก็สอนเพียงความคิดรวบยอดที่อยู่ในระดับพื้นฐาน นอกจากนี้วิธีสอนและการจัดกิจกรรมในการสอนมีส่วนช่วยในการเรียนรู้อย่างมาก

ชั้นต้นๆให้ประสบการณ์ที่มีรูปธรรมให้มาก ชั้นถัดไปก็จัดประสบการณ์ที่คละกันระหว่างรูปธรรมกับนามธรรม ชั้นสูงก็ใช้เฉพาะนามธรรมก็ได้

2. ครูควรทำหน้าที่เป็นผู้แนะแนวทางในการเรียนมากกว่าที่จะเป็นผู้บอกความรู้เสียเอง นั่นคือ บรูเนอร์ให้หลีกเลี่ยงการสอนแบบบรรยายให้มากที่สุด การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ควรเป็นไปในลักษณะที่ครูอยู่ในฐานพี่เลี้ยงคอยช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกให้นักเรียน มิใช่ครูดำเนินการเบ็ดเสร็จทุกอย่างในการป้อนความรู้

3. ปรัชญาพื้นฐานในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ คือ การให้เด็กได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองนั่นคือ อย่าป้อนความรู้ให้ แต่ต้องให้เด็กรู้จักค้นหาความรู้ รู้จักแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4. การวางแผนการสอน และเตรียมการสอนมาดี ย่อมก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี

5. การวัดผลการเรียนรู้ต้องสัมพันธ์กับการสอน อย่ามุ่งวัดความจำ

6. เด็กจะเรียนรู้ได้ดี ถ้าบอกให้ทราบวัตถุประสงค์ของบทเรียนแต่ละบท

7. นักเรียนสามารถเรียนรู้จากเพื่อนร่วมงานได้ จึงควรให้ทำงานเป็นกลุ่ม

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา 3 ขั้นซึ่งบรูเนอร์ได้นำเสนอไว้ มีดังนี้

1. ขั้นการเรียนรู้โดยการกระทำ (Enactive Stage) เป็นขั้นที่เด็กจะเรียนรู้จากการกระทำได้มากที่สุด เปรียบขั้นนี้ได้กับขั้นแรกของเปียเจ คือ ขั้นการรับรู้ทางประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว

2. ขั้นการเรียนรู้โดยการรับรู้เป็นภาพในใจ (Iconic Stage) เป็นขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาในขั้นนี้ อาศัยการใช้ประสาทสัมผัสต่างๆ เช่น การมองเห็นสิ่งใด ก็เป็นประสบการณ์ส่วนหนึ่ง นำประสบการณ์ที่ได้จากการใช้ประสาทสัมผัสมาสร้างเป็นภาพขึ้นในใจแทน การสร้างภาพในใจขึ้นมาก่อนการกระทำ จะเพิ่มตามระดับอายุ เด็กยิ่งโตมากยิ่งสามารถถ่ายทอดประสบการณ์ออกมาเป็นสัญลักษณ์ได้มากขึ้นเท่านั้น ในขั้นนี้จึงเป็นการรับรู้ภาพ และจินตนาการ

3. ขั้นการเรียนรู้โดยการสื่อความหมายทางสัญลักษณ์ (Abstract Stage) เป็นขั้น การถ่ายทอดการเรียนรู้หรือประสบการณ์ด้วยการใช้สัญลักษณ์หรือภาษาเป็นนามธรรมได้ สามารถแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี บรูเนอร์มีความเห็นว่า ความรู้ความเข้าใจเรื่องสัญลักษณ์และภาษา มีพัฒนาการขึ้นมาพร้อมๆกัน

จากการพัฒนาการทางสติปัญญาดังกล่าวบรูเนอร์ได้นำมาจัดลำดับการสอนคณิตศาสตร์ว่าควรมี 3 ขั้น ดังนี้

1. ในขั้นการเรียนรู้โดยการกระทำ (Enactive) ให้เริ่มต้นสอนโดยใช้ของ 3 มิติ พวกวัสดุของจริงต่างๆก่อน

2. ในขั้นการเรียนรู้โดยการรับรู้เป็นภาพในใจ (Iconic) ขั้นใช้จินตนาการประกอบ คือ ของ 3 มิติ เช่น ภาพต่างๆ กราฟ แผนที่ เป็นต้น ประกอบการสอน

3. ในขั้นการเรียนรู้โดยการสื่อความหมายทางสัญลักษณ์ (Abstract) ขั้นใช้จินตนาการล้วนๆ คือ ใช้สัญลักษณ์ ตัวเลข เครื่องหมายต่างๆ เป็นขั้นสุดท้ายในการสอนคณิตศาสตร์

ถ้าผู้สอนจะยึดหลักการสอนของบูรเนอร์แล้วการสอนคณิตศาสตร์ควรเริ่มจากการใช้วัสดุหรือของจริงประกอบกิจกรรมการเรียนการสอน เมื่อผู้เรียนเข้าใจดีแล้วจึงใช้สัญลักษณ์ หรือเครื่องหมายแสดงมโนมติ (ประยูร อาษานาม 2537 : 15)

**ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายของออซูเบล ( David P. Ausubel )**

นักจิตวิทยาชาวอเมริกันผู้นี้เชื่อว่าความสำคัญของการให้การศึกษา คือ การให้ความรู้ที่ถูกต้อง ชัดเจน และต้องเป็นความรู้ที่รวบรวมไว้อย่างมีระเบียบ วิธีการที่จะทำให้ การเรียนการสอนบรรลุวัตถุประสงค์ได้ มีหลักการอยู่ 2 ประการ ( ประยูร อาษานาม 2537 : 15 - 16 ) คือ

1. การจัดความรู้ให้มีโครงสร้างที่เหมาะสม
2. การจัดลำดับความยากง่ายของความรู้อย่างเหมาะสม

ออซูเบล เสนอแนะวัตถุประสงค์ที่สำคัญของการศึกษา 2 ข้อคือ

1. การกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความต้องการที่จะเรียนรู้ใฝ่รู้ ศึกษาหาความรู้และเก็บรักษาความรู้ไว้ให้ได้นานที่สุด

2.ความสามารถในการให้ความรู้ในการแก้ปัญหาต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลักษณะการเรียนรู้ตามแนวคิดของออซูเบลสามารถจัดเป็นกลุ่มหรือหมู่ ( cluster ) ซึ่งออซูเบลจัดกลุ่มจากการเรียนรู้แบบท่องจำ ( Rote learning )การเรียนรู้แบบรู้ความหมาย( Meaningful learning ) การเรียนรู้จากการบอกเล่า( Reception learning )และการเรียนรู้จากการค้นพบ ( Discovery learning ) ดังภาพที่ 4 ต่อไปนี้

| | การบอกเล่า | การค้นพบ |
|---|---|---|
| การท่องจำ | I | II |
| การรู้ความหมาย | III | IV |

ภาพที่ 4 ลักษณะการเรียนรู้ตามแนวคิดของออซูเบล

ที่มา : ประยูร อาษานาม, การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา (กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ประกายพรึก ,2537) ,16.

จากกลุ่มการเรียนรู้ทั้ง 4 กลุ่มของการเรียนรู้แบบความหมาย– การค้นพบ (Meaningful Discovery learning ) จะเป็นลักษณะการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ที่นักเรียน ควรจะได้รับการฝึกฝน

ความคิดเห็นที่น่าสนใจของออซูเบลอีกประการหนึ่งคือการให้ความรู้แก่เด็กควรคำนึงถึงประสบการณ์ในอดีตหรือความรู้เดิมของเด็กซึ่งเป็นบรรทัดฐานสำคัญที่จะให้เด็กมีความพร้อมในการรับความรู้ใหม่

อนึ่ง ออซูเบลเชื่อว่าเด็กอายุต่ำกว่า 12 ปีต้องเรียนรู้จากของจริง การทดลองหรือปฏิบัติจะช่วยให้เด็กเข้าใจสิ่งที่เรียนได้อย่างชัดเจน เด็กหลังวัยเรียนระดับประถมศึกษาจะสามารถเรียนรู้ได้จากการสนทนา การอภิปราย และกิจกรรมที่น่าสนใจ ดังนั้นการเรียน การสอนในระดับประถมศึกษาอุปกรณ์การสอนจึงเป็นส่วนสำคัญ

**ทฤษฎีการเรียนรู้ตามหลักการของกาเย่ ( Robert M. Gagne )**

กาเย่ ( 1977 , อ้างถึงใน สุรพล พยอมแย้ม 2544 : 42 – 44) ได้จำแนกลักษณะของการเรียนรู้ออกเป็น 8 ชนิด โดยแบ่งจากแบบง่ายๆ ไปจนถึงยุ่งยากซับซ้อน ดังนี้

1. การเรียนรู้ด้วยสัญญาณ ( Signal Learning )
2. การเรียนรู้สิ่งเร้า – การตอบสนอง ( Stimulus – Response Learning )
3. การเรียนรู้แบบลูกโซ่ ( Chaining )
4. การเชื่อมโยงทางภาษา ( Verbal Association )
5. การเรียนรู้แบบจำแนกความแตกต่าง ( Discrimination Learning )
6. การเรียนรู้ความคิดรวบยอด ( Concept Learning )
7. การเรียนรู้กฎเกณฑ์ ( Rule Learning )
8. การเรียนรู้แบบแก้ปัญหา ( Problem Solving )

**การเรียนรู้ด้วยสัญญาณ**

การเรียนรู้ด้วยสัญญาณ เป็นการเรียนรู้ที่จะตอบสนองต่อสัญญาณ โดยการตอบสนองจะเป็นไปโดยมิได้ตั้งใจ เช่น คนตัวสูงใหญ่ เดินเข้าไปในอาคารเตี้ยๆก็มักจะก้มศีรษะลง เพราะกลัวศีรษะถูกเพดานแล้วเจ็บ ทั้งๆที่เพดานสูงพอที่ศีรษะจะลอดได้ โดยไม่ต้องก้ม

**การเรียนรู้สิ่งเร้า – การตอบสนอง**

การเรียนรู้สิ่งเร้า – การตอบสนอง เป็นการเรียนรู้ที่จะตอบสนองด้วยการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อให้มีความถูกต้องและแม่นยำ ภายใต้เงื่อนไขของสิ่งเร้า เป็นการตอบสนองที่สามารถควบคุมหรือบังคับได้ การเรียนรู้ชนิดนี้ถือว่า การทบทวนซ้ำหลายๆครั้ง เป็นสิ่งจำเป็นในการสร้างความสามารถในการเรียนรู้

**การเรียนรู้แบบลูกโซ่**

การเรียนรู้แบบลูกโซ่ มักจะเป็นการเรียนรู้ทางวิชาชีพ เป็นลักษณะความต่อเนื่องของ

การเรียนรู้ เน้นการเคลื่อนไหวทางกล้ามเนื้อ ทั้งช่วงสั้นๆและต่อเนื่องแบบลูกโซ่ ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนตัดเสื้อ ต้องจัดวัสดุอุปกรณ์ให้ถูกต้อง ปฏิบัติงานทีละขั้นได้ถูกต้อง โดยอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของผู้สอนอย่างใกล้ชิด

**การเรียนรู้แบบการเชื่อมโยงทางภาษา**

การเชื่อมโยงทางภาษา เป็นลักษณะการเรียนรู้แบบลูกโซ่อย่างหนึ่ง แต่เป็นลูกโซ่ทางภาษา การเรียนรู้ภาษาในการติดต่อสื่อสาร เป็นการเรียนรู้โดยใช้สมอง

**การเรียนรู้แบบจำแนกความแตกต่าง**

การที่จะให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่ถาวร เนื่องจากการเรียนรู้นั้นทำได้ยาก ที่เป็นเช่นนี้เพราะเราจะลืมในสิ่งที่เรียนรู้ไป เนื่องจากได้รับสิ่งใหม่เข้าไปแทน สิ่งเก่าๆที่ไม่ได้ใช้จึงมักถูกลบล้าง ตัวอย่างเช่น นักเรียนเรียนความหมายของคำในภาษา แรกๆก็จำได้ดี เมื่อเริ่มเรียนมากขึ้น ก็อาจลืมคำที่เรียนรู้ก่อนหน้านั้น เนื่องจากยังไม่ได้นำมาใช้ แต่ถ้านักเรียนสามารถจำแนกคำที่เรียนรู้ไปเป็นหมวดหมู่ แบ่งตามชนิด ตามขนาด รูปร่าง เป็นต้น นักเรียนอาจจดจำคำเหล่านั้นได้นานขึ้น

**การเรียนรู้ความคิดรวบยอด**

การเรียนรู้ความคิดรวบยอด หมายถึง การเรียนรู้สามารถแยกแยะสถานการณ์ของสิ่งเร้าในรูปแบบคุณสมบัติที่ซับซ้อน เช่น สีสัน รูปร่าง ตำแหน่ง จำนวนและอื่นๆ โดยเข้าใจในความหมายของสิ่งนั้น ตัวอย่างเช่น ให้เด็กเรียนรู้คำว่า “ กลาง ”

**การเรียนรู้กฎเกณฑ์**

การเรียนรู้กฎเกณฑ์ เป็นลักษณะของการเรียนรู้เกี่ยวกับการควบคุมความคิดรวบยอดขึ้นเป็นกฎเกณฑ์ที่ให้ความหมายที่เป็นจริง เช่นตัวอย่างกฎของการทำคำนามเอกพจน์ให้เป็นพหูพจน์ในภาษาอังกฤษ เป็นต้น

**การเรียนรู้แบบแก้ปัญหา**

เมื่อผู้เรียนเรียนกฎเกณฑ์ต่างๆมาแล้ว ก็สามารถนำกฎเกณฑ์เหล่านี้ไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆในการฝึกแก้ปัญหา เช่น แก้ปัญหาโจทย์ทางคณิตศาสตร์ การเรียนรู้แบบแก้ปัญหาจะช่วยส่งผล ให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้ด้วยความคิดใหม่ ซึ่งจะพัฒนาความสามารถของผู้เรียนให้มีความเชี่ยวชาญแตกฉาน ซึ่งเป็นระดับสูงสุดของการเรียนรู้

นอกจากนั้นกาเย่ เชื่อว่าสิ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนเก็บรักษาความรู้ (retention) ไว้ได้นาน มีอยู่ 3 ประการ (ประยูร อายานาม 2537 : 17) คือ 1) กิจกรรมที่ส่งเสริมให้เกิดความฝังใจ 2) การเข้าใจอย่างชัดเจน 3) การจำแนกความรู้เดิมและความรู้ใหม่

**แนวคิดของดีนส์ ( Zoltan Dienes )**

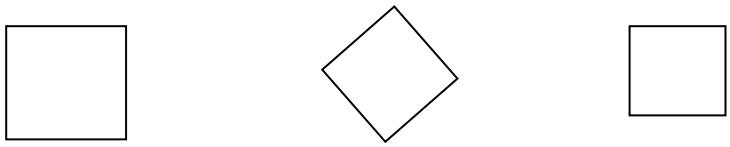
นักคณิตศาสตร์ศึกษาผู้นี้มีชื่อเสียงในประเทศออสเตรเลีย อังกฤษ แคนาดา และ

สหรัฐอเมริกา ดีนส์ได้เสนอหลัก4 ประการในการสอนคณิตศาสตร์(ประยูร อาษานาม 2537:17– 18) ดังนี้

1. The Dynamic principle เด็กจะเรียนรู้จากการเล่นหรือกิจกรรม 3 ระดับคือ การเล่นเกมหรือกิจกรรมที่ไม่มีกติกาแน่นอน แต่มีมโนมติทางคณิตศาสตร์แฝงอยู่ หลังจากนั้นเด็กจะเรียนรู้จากการเล่นหรือกิจกรรมที่มีกติกาหรือระเบียบและเป็นขั้นที่เด็กจะเริ่มเข้าใจมโนมติ อาจจะรู้โดยการใช้ฌาน ( Intuition ) และในขั้นสุดท้ายเด็กจะเรียนรู้จากการฝึกหัดซึ่งมุ่งให้เรียนรู้มโนมติที่ต้องการโดยตรง

2. The Constructive principle เด็กจะเรียนรู้จากการมีมโนคติทางคณิตศาสตร์ ความรู้หรือมโนมติทางคณิตศาสตร์จะเกิดขึ้นได้เมื่อผู้เรียนอยู่ในสภาพที่ยั่วยุให้เกิดความนึกคิดที่จะแก้ปัญหา แม้ว่าเด็กจะไม่มีความคิดเชิงวิเคราะห์ ( Analytic thinking ) หรือไม่สามารถจะประเมินอย่างมีเหตุผล ( Logical judgment ) ได้เด็กจะสามารถรับรู้มโนมติได้โดยฌาน

3. The Mathematical variability principle เด็กจะเรียนรู้จากความสัมพันธ์ของตัวแปรทางคณิตศาสตร์ จากการที่ว่าตัวแปรทางคณิตศาสตร์ต่างๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างคงที่ แม้ตัวแปรต่างๆเปลี่ยนแปลงได้ การช่วยให้เด็กเข้าใจมโนมติทางคณิตศาสตร์ ควรใช้วิธีการหลายๆวิธี แต่จำเป็นต้องรักษาความบริบูรณ์หรือสภาพของมโนมติให้คงเดิม ตัวอย่างเช่น รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสอาจเขียนได้หลายลักษณะและหลายขนาด แต่ก็ยังคงเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสอยู่นั่นเอง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ภาพลักษณะของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ที่มา : ประยูร อาษานาม, <u>การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา</u> (กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ประกายพรึก ,2537) ,18.

4. The Perceptual variability principle การรับรู้ ( Perception ) เด็กจะเรียนรู้ได้จากการรับรู้ที่หลากหลาย สามารถรับรู้ได้หลายวิธีแต่มโนมติย่อมคงที่ หลักการข้อนี้หมายความว่าแม้การเสนอมโนมติจากสภาพการณ์หลายสภาพ แต่มโนมติก็คือสิ่งเดียวกัน เช่น ในการสอนเรื่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า การสร้างรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าบนกระดานดำ บนกระดาษหรือใช้ยางรัดของตรึงบนกระดาน เรขาคณิต ( garboard ) ก็คือสี่เหลี่ยมผืนผ้านั่นเอง ดังนั้นการเรียนมโนมติทางคณิตศาสตร์เด็กจะต้องเข้าใจสิ่งที่สามารถแทนได้หลายรูปแบบนั้นว่ามีลักษณะร่วมกันหรือกล่าวง่ายๆว่าเป็นสิ่งเดียวกัน

จากทฤษฎีการเรียนรู้ที่กล่าวมาในข้างต้นสามรถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้โดย ในการสอนเรื่องใหม่ที่ให้ความคิดรวบยอดใหม่ ครูจะต้องทราบว่าอะไรเป็นความรู้พื้นฐานที่ต้องเรียนมาก่อน หากเด็กมีความรู้พื้นฐานนั้นแล้ว การรับความคิดรวบยอดใหม่ ก็สามารถดูดซึมเชื่อมโยงเข้าหากันได้ การให้ความรู้แก่เด็กควรคำนึงถึงประสบการณ์ในอดีตหรือความรู้เดิมของเด็กซึ่งเป็นบรรทัดฐานสำคัญที่จะให้เด็ก มีความพร้อมในการความรู้ใหม่ นอกจากนี้ความพร้อมของผู้เรียน ความคิดสร้างสรรค์ แรงกระตุ้นในการเรียนรู้และการใช้สื่อการเรียนที่เหมาะสม จะสามารถทำให้นักเรียนพัฒนาความสามารถ และความรู้ของตนเองได้ดีขึ้น

**วิธีการสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา**

วิธีการสอน คือ คุณลักษณะและพฤติกรรม และเทคนิควิธีการในการจัดดำเนินการสอนของผู้สอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยผู้เรียนจะทำกิจกรรมที่อาศัยกระบวนการของสมอง เช่น ฟัง อ่าน เขียน โยงความสัมพันธ์ ผลการเรียนดังกล่าวจะอยู่ในรูปความเข้าใจ การคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมินค่า เป็นต้น การดำเนินการสอนของผู้สอนอาจอยู่ในรูปการบรรยาย อภิปราย สาธิต หรือปฏิบัติให้ดู ซึ่งการสอนคณิตศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจและมีเหตุผลสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้นั้น ครูสามารถใช้วิธีการสอนหลายๆวิธีให้เหมาะสมกับเนื้อหาที่จะสอน และความสามารถของนักเรียน ซึ่งสามารถสรุปวิธีการสอนได้ดังนี้ (เมธี ลิมอักษร 2520 , อ้างถึงใน กระทรวงศึกษาธิการ, กรมวิชาการ,กองวิจัยทางการศึกษา 2542 :13-15 )

1.วิธีปาฐกถา หรือวิธีบรรยาย (Lecture Method) เป็นวิธีที่ครูบอกเล่าข้อเท็จจริง หรือกฎเกณฑ์ต่างๆ ให้แก่นักเรียนโดยตรง วิธีนี้เหมาะสำหรับนักเรียนในระดับสูง ซึ่งได้สร้างรากฐานทางคณิตศาสตร์มาดีแล้ว สำหรับนักเรียนระดับไม่สูงนัก ครูควรใช้วิธีการบรรยายให้น้อยที่สุด

2.วิธีการอภิปราย (Discussion Method) เป็นวิธีที่ครูและนักเรียนร่วมมือกันคิดค้นหาเหตุผลมาสนับสนุน หรือคัดค้านข้อเสนออันใดอันหนึ่ง กิจกรรมเช่นนี้จะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อนักเรียนที่ร่วมกันอภิปรายมีความรู้ในเรื่องที่จะอภิปรายดีพอสมควร จึงจะสามารถมีส่วนร่วมในการอภิปราย เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปอย่างใดอย่างหนึ่ง

3.วิธีค้นพบ (Discovery Method) เป็นการแนะให้นักเรียนค้นพบหลักการทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง โดยช่วยนักเรียนให้พยายามใช้ความคิดที่มีอยู่แล้วไปในทางการคิดเพื่อให้เกิดเป็นความรู้ใหม่ การสอนตามวิธีนี้ครูจะเป็นผู้ตั้งคำถามซักถามนักเรียนในด้านต่างๆ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา และค้นพบสิ่งที่ต้องการจะเรียนรู้ด้วยตนเอง บทบาทของครูเป็นเพียงผู้แนะนักเรียนให้เชื่อมโยงความคิดใหม่ๆ ให้เข้ากับสิ่งที่นักเรียนสะสมไว้แล้วจากประสบการณ์

4.วิธีสาธิต (Demonstration Method) เป็นการสอนโดยครูจะแสดงเนื้อหา หรือวิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้นักเรียนดู นักเรียนจะได้รับประสบการณ์ตรงจากการที่ครูใช้สื่อ อุปกรณ์ที่เป็นรูปธรรม

5.วิธีอุปมาน (Inductive Method) เป็นการหาคุณสมบัติหรือหลักเกณฑ์ต่างๆ โดยพิจารณาหาคุณสมบัติของสิ่งที่อยู่รวมกัน เช่น พื้นที่สามเหลี่ยมจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าตั้งอยู่บนฐานเดียวกัน และอยู่ระหว่างเส้นขนานคู่เดียวกัน

6.วิธีอนุมาน (Deductive Method) เป็นการใช้กฎเกณฑ์ คำจำกัดความ กติกา หรือทฤษฎีมาปรับกับเหตุการณ์ที่เราพบ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อพิสูจน์ หรือข้อยุติใหม่

7.วิธีแก้ปัญหา (Problem Solving Method) เป็นวิธีที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความคิดรวบยอด กฎเกณฑ์ ข้อสรุป ประสบการณ์ การสังเกต ตลอดจนความรู้ความชำนาญในเรื่องนั้นๆ ในการพิจารณาปัญหาจะต้องมีขั้นตอน ครูจะต้องพยายามให้นักเรียนเข้าใจปัญหาก่อนว่า โจทย์บอกอะไร โจทย์ต้องการอะไร เพื่อพิจารณาปัญหานั้นออกมาเป็นข้อย่อย ด้วยการวิเคราะห์จากข้อมูลต่างๆ ที่โจทย์บอกเป็นแนวทางในการตอบปัญหา และสรุปปัญหานั้นได้ถูกต้อง ตามข้อมูลที่กำหนดได้หรือไม่

8. วิธีทดลอง (Experimental Method) เป็นวิธีที่มุ่งให้นักเรียนกระทำ โดยการสังเกต เป็นการนำรูปธรรมมาอธิบายนามธรรมนักเรียนจะค้นหาข้อสรุปจากการทดลองนั้นด้วยตัวนักเรียนเอง

9.วิธีสอนด้วยบทเรียนโปรแกรม หรือบทเรียนสำเร็จรูป เป็นการสร้างบทเรียนขึ้นเพื่อให้นักเรียนเรียนด้วยตนเอง โดนครูจะแบ่งเนื้อหาออกเป็นส่วนย่อยๆ จากง่ายไปยาก กรอบที่เรียนจะต่อเนื่องกัน โดยต้องคำนึงถึงการสอนที่จะให้นักเรียนค้นพบคำตอบด้วยตนเอง

อสิภรณ์ อินทรมณี(2546 : 171-179) ได้สังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. วิธีสอนแบบวรรณี เป็นวิธีสอนที่มุ่งพัฒนาให้นักเรียนเกิดมโนมติและเจตคติที่ดีต่อการเรียน โดยใช้การถ่ายโยงความรู้เพื่อให้นักเรียนสรุปเป็นความคิดรวบยอดได้ด้วยการสอนให้เกิดความเข้าใจโดยใช้สื่อต่าง ๆ แล้วใช้สัญลักษณ์แทนสื่อหรือภาพเหล่านั้น จากนั้นเสริมความเข้าใจโดยใช้ภาพแล้วให้นักเรียนถ่ายโยงเป็นสัญลักษณ์และสร้างเจตคติโดยมีการจัดกิจกรรมและสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์และคุณค่าของสิ่งที่เรียนและฝึกทักษะโดยการทำแบบฝึกหัด

2. วิธีสอนตามรูปแบบของสุลัดดาและคณะ เป็นวิธีสอนที่เน้นการฝึกทักษะแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้การวิเคราะห์และพัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการแก้โจทย์ปัญหา เช่น ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาจากแผนภาพ ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาจากวลีหรือข้อความสั้น ๆ และการสร้างประโยคสัญลักษณ์แทนโจทย์ปัญหา

3. วิธีสอนตามเทคนิคการสอนของสตีฟ เป็นวิธีสอนที่มุ่งพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้ขั้นตอนการชี้แนะ 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย การชี้แนะความเข้าใจโจทย์ปัญหาโดยศึกษาเอกสารชี้แนะความเข้าใจโจทย์ปัญหาด้วยตนเองการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาโดยใช้การอภิปรายเหตุผลในการเลือกวิธีแก้โจทย์ปัญหา การแปลความหมายของโจทย์เป็นประโยคสัญลักษณ์เพื่อหาคำตอบด้วยตนเอง

4. วิธีสอนตามเทคนิคการสอนของนุชุม เป็นวิธีสอนที่มุ่งพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้บัตรชี้แนะให้นักเรียนตอบคำถามว่าโจทย์ต้องการทราบอะไรจากนั้นให้นักเรียนอ่านออกเสียงโจทย์ที่กำหนดให้แล้ววิเคราะห์เพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาด้วยการวาดภาพหรือเขียนแผนผัง

5. วิธีสอนตามระบบการสอนของเคลเลอร์ เป็นวิธีสอนที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองจากสื่อลายลักษณ์อักษรที่ใช้ประกอบการเรียน เช่น หนังสือเรียน บทเรียนแบบโปรแกรม โดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะในการเรียนรู้ ซ่อมเสริมนักเรียนให้ผ่านการเรียนรู้ตามเกณฑ์

6. วิธีสอนแบบดอลเซียนี เป็นวิธีสอนแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้ตารางวิเคราะห์โจทย์ปัญหาสมการ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ปัญหา การแปลความหมายโจทย์ การเปลี่ยนเป็นประโยคสัญลักษณ์ การลงมือแก้โจทย์ปัญหา

7. วิธีสอนของโพลยา เป็นวิธีสอนที่ใช้ขั้นตอนการสอน 4 ขั้นตอนของโพลยา ประกอบด้วย การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การปฏิบัติตามแผน และการมองย้อนกลับ

8. วิธีสอนตามรูปแบบการสอนของกาเย่ เป็นวิธีสอนที่ใช้หลักการสอนตามลำดับเหตุการณ์ 9 ขั้น ได้แก่ การสร้างความสนใจ การแจ้งจุดประสงค์การเรียน การให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้พื้นฐาน การกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ การให้แนวการเรียนรู้ การปฏิบัติการเรียนรู้ การให้ข้อมูลย้อนกลับ การประเมินผลการปฏิบัติ และการส่งเสริมความแม่นยำ

9. วิธีสอนตามรูปแบบการสอนของมิสชูรี่ เป็นวิธีสอนมุ่งเน้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นสำคัญ โดยใช้การสอนที่มีประสิทธิภาพ 6 ขั้นตอน คือ การเริ่มบทเรียน การพัฒนาบทเรียน การฝึกปฏิบัติรายบุคคล การให้การบ้าน การสรุปบทเรียน และการทบทวนบทเรียน

10. วิธีสอนตามเทคนิคการสอน เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล (KWDL) เป็นวิธีสอนที่มุ่งแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้นตอน คือ การหาสิ่งที่รู้เกี่ยวกับโจทย์โดยใช้การระดมสมอง การหาความสัมพันธ์และแนวทางแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้การอภิปราย การร่วมกันแก้โจทย์ปัญหา และการเสนอรูปแบบและแนวทางการปฏิบัติ

11. วิธีสอนแบบค้นพบในกลุ่มย่อย เป็นวิธีสอนที่ใช้วิธีการเรียนคณิตศาสตร์โดยแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มเล็กๆ กลุ่มละ 4 คน แต่ละกลุ่มจะร่วมกันค้นคว้าเรียนรู้โดยใช้การอภิปรายกลุ่ม

ระดมสมอง ซึ่งสมาชิกในกลุ่มทุกคนเป็นผู้มีส่วนร่วมและปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองโดยมีครูเป็นผู้แนะนำช่วยเหลือเพื่อให้งานบรรลุตามเป้าหมาย

12. วิธีสอนแบบค้นพบโดยกระบวนการกลุ่มสัมพันธ์ เป็นวิธีสอนที่แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มๆ ละ 4-5 คน ที่คละระดับความสามารถกัน โดยให้แต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาชุดการเรียนประจำกลุ่มเพื่อเรียนรู้และค้นพบด้วยตนเอง ซึ่งมีครูเป็นผู้แนะนำช่วยเหลือเพื่อให้งานบรรลุตามเป้าหมายที่กำหนด

13. วิธีสอนแบบค้นพบด้วยตนเอง เป็นวิธีสอนที่นักเรียนจะได้รับคำแนะนำจากครูเพื่อให้มองเห็นโครงสร้างการเรียนรู้ด้วยการค้นพบและสรุปกฎเกณฑ์ด้วยตนเองจากการเรียนรู้ด้วยการกระทำและการสร้างประสบการณ์ตรงเพื่อค้นพบความรู้ใหม่โดยใช้ความรู้เดิมที่มีอยู่เป็นฐานในการเรียนรู้

14. วิธีสอนแบบปฏิบัติการ เป็นวิธีสอนให้นักเรียนเรียนจากการปฏิบัติจริงโดยการเรียนจากประสบการณ์ตรง การทดลอง การปฏิบัติกิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดไว้เพื่อหาวิธีการกระบวนการพิจารณาหาข้อสรุปกฎเกณฑ์ได้ด้วยตนเอง

15. วิธีสอนแบบวิเคราะห์ เป็นวิธีสอนที่ประยุกต์ใช้หลักการสอนที่เน้นการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา ประกอบด้วย การเก็บข้อมูลที่โจทย์ การหาความสัมพันธ์กันของข้อมูล การวิเคราะห์คำถามของโจทย์ การพิจารณาองค์ประกอบโดยกำหนดสมมุติคำตอบเป็นสัญลักษณ์ และการนำองค์ประกอบต่าง ๆ มาแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง

16. วิธีสอนแบบวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีสอนที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการสอนคณิตศาสตร์เพื่อให้แสวงหาความรู้โดยใช้ลำดับขั้นตอนของวิทยาศาสตร์นำมาแก้ปัญหาด้วยตนเอง

17. วิธีสอนแบบเทคนิค 4 คำถาม เป็นวิธีสอนที่มุ่งให้นักเรียนได้เรียนรู้ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาไปใช้ในการค้นคว้าหาคำตอบ ด้วยคำถาม 4 ขั้นตอน คือ 1)โจทย์กำหนดอะไรมาให้บ้าง 2)โจทย์ต้องการให้หาอะไร จะต้องหาอะไรก่อนหรือไม่ 3)จะต้องหาอย่างไร และ 4)จะหาสิ่งที่โจทย์ต้องการได้อย่างไร

18. วิธีสอนแบบ 4 MAT เป็นวิธีสอนที่นำแนวคิดรูปแบบการเรียนการสอนที่ตอบสนองการเรียนรู้ของนักเรียน 4 แบบมาประยุกต์ใช้ในการสอนคณิตศาสตร์ด้วยการใช้คำถามใน 4 ลักษณะ ได้แก่ Why What How If ที่ผสมผสานกับเทคนิคการพัฒนาสมองซีกซ้ายและขวาให้เกิดการเรียนรู้ที่สมดุลกันจำแนกเป็น 8 ขั้นตอนย่อมที่เชื่อมโยงและสัมพันธ์กัน

19. วิธีสอนเล่นปนเรียน เป็นวิธีสอนที่ดำเนินการสอนโดยให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่สอนแทรกการเล่นหรือทำกิจกรรมจากสื่อต่าง ๆ ร่วมถึงการเล่นเกม การร้องเพลง

20. วิธีสอนแบบเล่น เรียน สรุป ฝึกทักษะ เป็นวิธีสอนที่มุ่งใช้การปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองตามขั้นตอนการเรียน การเล่น การสรุป และการฝึกทักษะ เพื่อให้นักเรียนเป็นผู้สรุปความรู้ทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเองที่เกิดขึ้นหลังจากการเรียน

21. วิธีสอนแบบรอบรู้ เป็นวิธีสอนที่มีการจัดลำดับเนื้อหาออกเป็นส่วนย่อย ๆ ที่สัมพันธ์เชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่เพื่อสร้างความคิดรวบยอดของเนื้อหานั้น ๆ โดยมีการฝึกทักษะมีการทดสอบระหว่างเรียนมีการวิเคราะห์ความก้าวหน้าและให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนเพื่อให้เกิดการเรียนแบบรอบรู้ตามเกณฑ์

22.วิธีสอนแบบนักเรียนเป็นศูนย์กลาง เป็นวิธีสอนที่ผสมผสานรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวการเรียนแบบร่วมมือ Cooperative Learning และการเรียนแบบผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง Constructivism โดยให้ผู้เรียนวางแผนการเรียนและการแลกเปลี่ยนรู้กับเพื่อนในกลุ่มและในชั้นเรียนหรือครูผู้สอนเพื่อเชื่อมโยงสู่การเรียนรู้และประสบการณ์ใหม่

23. วิธีสอนแบบผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ตามแนวคิดทฤษฎี คอนสตรัคติวิสต์ เป็นวิธีสอนที่ประยุกต์ใช้หลักการให้นักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยอาศัยโครงสร้างทางปัญญา พื้นฐานประสบการณ์เดิม และแรงจูงใจภายในเพื่อพัฒนาโครงสร้างทางปัญญาใหม่หรือองค์ความรู้ใหม่จากสิ่งที่เรียน

24. วิธีสอนแบบ Cooperative Mastery Learning เป็นวิธีสอนที่ใช้การแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนชายและหญิง กลุ่มละ 4 คน คือ เด็กเก่ง 1 คน ปานกลาง 2 คน และอ่อน 1 คน การสอนที่เน้นการเรียนแบบรอบรู้โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อย ๆ และมีการวินิจฉัยผู้เรียนเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานที่จะใช้ในการเรียนเนื้อหา

25. วิธีสอนแบบพัฒนารายบุคคลซึ่งร่วมทำงานเป็นหมู่คณะ(TAI) เป็นวิธีสอน ที่ใช้การเรียนเป็นกลุ่มย่อยกลุ่มละ 4 คน ที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ในระดับต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน ในการสอนครูจะสอนนักเรียนที่มีความสามารถระดับเดียวกันจากกลุ่มต่าง ๆ ขณะที่นักเรียนที่เหลือในกลุ่มจะทำงานในกลุ่มของตนเองจากแบบฝึกทักษะที่ได้รับมอบหมายโดยมีการช่วยเหลือกันภายในกลุ่มซึ่งจะมีการประเมินผลทั้งเป็นกลุ่มและรายบุคคล

26.วิธีสอนแบบร่วมมือด้วยเทคนิคการเรียนแบบกลุ่มสัมฤทธิ์(STAD)เป็นวิธีสอนตามรูปแบบการเรียนแบบร่วมมือกันเรียนตามกลุ่มย่อยกลุ่มละ 4-5 คน ที่คละความสามารถ คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน โดยให้ทุกกลุ่มช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการเรียนทั้งเป็นรายบุคคลและเป็นกลุ่ม

27.วิธีสอนแบบร่วมมือด้วยเทคนิคการเรียนแบบกลุ่มการแข่งขันเป็นวิธีสอนตามรูปแบบการเรียนแบบร่วมมือที่ใช้การเรียนเป็นกลุ่มย่อย ที่มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการเรียนเพื่อให้กลุ่มประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้โดยเน้นเกมการแข่งขันตอบคำถามโดยให้

แต่ละกลุ่มเตรียมสมาชิกสำหรับการแข่งขันตอบปัญหาที่ครูกำหนดให้หรือเตรียมไว้แล้วและดำเนินการแข่งขันเกมเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน เพื่อการเรียนรู้และความสำเร็จของแต่ละกลุ่มขึ้นอยู่กับความสามารถของแต่ละบุคคลเป็นสำคัญ

28. วิธีสอนโจทย์ปัญหาโดยใช้แผนภาพของวิลลิสและฟิวสัน เป็นวิธีสอนที่มีลำดับขั้นตอนเทคนิควิธีสอนโจทย์ปัญหาโดยใช้แผนภาพ ประกอบด้วย 1)การแนะนำโครงสร้างของโจทย์ปัญหา 2)การวิเคราะห์โจทย์ปัญหาโดยใช้แผนภาพ 3)การหาทางเลือกในการแก้ปัญหา 4)การดำเนินการคำนวณ 5)การตรวจสอบความถูกต้องและตอบคำถามที่โจทย์ต้องการทราบโดยใช้แผนภาพมาช่วยตรวจคำตอบ

29. วิธีสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เป็นวิธีสอนที่ประยุกต์ใช้รูปแบบการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยเริ่มต้นจากการทบทวนบทเรียนและการกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจบทเรียนจากนั้นนำเสนอบทเรียน ได้แก่ 1)กิจกรรมทักษะการแก้ปัญหา 2)การวิเคราะห์ปัญหา 3) การเลือกวิธีแก้ปัญหาและทดลองปฏิบัติการแก้ปัญหา และ 4)การสรุปผลเพื่อนำแนวความรู้ทั้งหมดมาสรุปเป็นความรู้ใหม่หรือแนวปฏิบัติ

30. วิธีสอนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้ภาพ เป็นวิธีสอนการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิดของโพลยาโดยใช้แผนภาพเป็นสื่อเพื่อแสดงขั้นตอน ประกอบด้วย การวิเคราะห์โจทย์ปัญหา การหาความสัมพันธ์ของสิ่งที่กำหนดให้ และการหาคำตอบจากการใช้ภาพแสดงส่วนย่อยส่วนรวม ภาพแสดงการเปรียบเทียบ และภาพแสดงการเปลี่ยนแปลง

31. วิธีสอนโดยใช้เกมประกอบการสอน เป็นวิธีสอนโดยนำเกมที่สอดคล้องกับเนื้อหาระดับชั้นและความสามารถของผู้เรียนเข้าประกอบในกิจกรรมการเรียนการสอนที่จัดเตรียมไว้ล่วงหน้า โดยอธิบายชื่อเกม กติกา วิธีเล่น และโดยให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการเล่นเกม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้เนื้อหาที่สอดแทรกมากับการเล่นเกม จากนั้น ให้นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้รับจากการเล่นเกมและทำแบบฝึกทักษะเพื่อเสริมความรู้

32. วิธีสอนโดยใช้เกมการละเล่นพื้นบ้านไทยแบบประยุกต์ เป็นวิธีสอนที่ดำเนินการสอนตามแนวการสอนตามคู่มือครูโดยใช้การละเล่นพื้นบ้านมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับเนื้อหาและระดับชั้นเรียน เช่น เล่นเกมทอยฝาขวดเพื่อวัดระยะทางจากเส้นที่ได้ทอยไปถึงฝาขวดที่แต่ละคนทอยออกไป แล้วนำมาเปรียบเทียบว่ายาวหรือสั้นกว่ากัน

33. วิธีสอนแบบใช้ขั้นตอนฝึกความเข้าใจโจทย์แก้ปัญหาร่วมกับการใช้เครื่องคิดเลข เป็นวิธีสอนที่มีขั้นตอนการฝึกความเข้าใจโจทย์ ขั้นตอนการสอนเริ่มจากการทบทวนความรู้ การแปลความหมายและวิเคราะห์โจทย์ปัญหา จากนั้นฝึกความเข้าใจด้วยกิจกรรมเป็นกลุ่มย่อยโดยสามารถนำเครื่องคิดเลขมาใช้ประกอบในการหาคำตอบได้

34. วิธีสอนโดยใช้สูตรพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม เป็นวิธีสอนการหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้สูตรพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมแทนการใช้สูตรพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่างๆ เพื่อหาคำตอบตามเนื้อหาของในหนังสือแบบเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.) เพื่อให้นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้รับเป็นสร้างเป็นความคิดรวบยอด และนำไปใช้ในการหาคำตอบของโจทย์สี่เหลี่ยมในรูปต่าง ๆ

35. วิธีสอนโดยวิธีคิดแบบการจัดกลุ่มตัวเลข เป็นวิธีสอนที่เน้นการเรียนรู้จำนวนด้วยการจัดกลุ่มตัวเลขให้ง่ายต่อการคำนวณ โดยการหาผลบวกหรือลบจะบวกให้ได้สิบก่อน และการหาผลลบในกรณีหลักหน่วยของตัวตั้งมีค่าน้อยกว่าตัวลบจะทำให้เป็นสิบก่อนแล้วจึงนับหักออกจากสิบ

36. วิธีสอนโดยใช้กระบวนการสร้างความคิดรวบยอด เป็นวิธีสอนที่ครูจัดกิจกรรมโดยใช้สิ่งเร้าที่เป็นตัวอย่างและไม่ใช่ตัวอย่างไปกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ความคิดรวบยอดและสามารถสังเกต เช่น สื่อของจริง สื่อจำลอง รูปภาพ จากนั้นใช้สัญลักษณ์แทนเพื่อสรุปความคิดรวบยอด

37. วิธีสอนโดยเน้นเทคนิควิธีการคิดทางคณิตศาสตร์ เป็นวิธีสอนที่ใช้กลวิธีการคิดทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการบวก ลบ คูณ หาร ช่วยให้นักเรียนคิดค้นคำตอบของผลลัพธ์ จากสถานการณ์ปัญหาด้วยตนเอง

38. วิธีสอนโดยใช้พลังกลุ่มเล็ก เป็นวิธีสอนที่ประยุกต์ใช้หลักการกระบวนการกลุ่มสัมพันธ์ที่เน้นการเรียนแบบเป็นกลุ่มเล็กโดยมีการอภิปราย การระดมสมองประกอบกับการแข่งขันระหว่างกลุ่ม ซึ่งกลุ่มนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงและจัดใหม่ทุกชั่วโมง โดยมีครูเป็นผู้แนะนำช่วยเหลือ แนะนำ และให้กำลังใจเพื่อให้เกิดเรียนรู้ได้ตามเป้าหมาย

39. วิธีสอนแบบเรียนด้วยตนเองจากสื่อบทเรียนสำหรับเรียนด้วยตนเอง เป็นวิธีสอนที่ให้นักเรียนเรียนด้วยตนเองเป็นรายบุคคลจากสื่อ เอกสารแนะแนวทาง หรือบทเรียนแบบโปรแกรมและแบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเอง จากนั้นให้นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้และทำแบบฝึกหัดด้วยตนเองและทำแบบทดสอบย่อย

40. วิธีสอนโดยใช้ชุดศูนย์การเรียนคณิตศาสตร์ เป็นวิธีสอนโดยใช้ชุดศูนย์การเรียนที่สร้างขึ้นเป็นแนวทางการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มโดยปฏิบัติกิจกรรมตามศูนย์การเรียนที่กำหนดขึ้นโดยใช้ระยะเวลาเรียนในแต่ละศูนย์ ประมาณ 15-20 นาที จากนั้นนำความรู้ที่ได้มาสรุปและนำไปใช้ในการเรียนครั้งต่อไป

41. วิธีสอนซ่อมเสริมโดยใช้ชุดการสอน เป็นวิธีสอนซ่อมเสริมที่ใช้ชุดการสอนเป็นแนวทางการสอน ประกอบด้วย คู่มือครู แผนการสอน สื่อการเรียนการสอนแบบฝึกทักษะ และแบบทดสอบ

42. วิธีสอนโดยใช้ชุดการสอนสำหรับกิจกรรมกลุ่ม เป็นวิธีสอนที่ดำเนินการสอนโดยใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้นเป็นแนวทางการจัดกิจกรรมที่เน้นให้เรียนเรียนรู้ร่วมกับเป็นกลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคละกันโดยให้ศึกษาและปฏิบัติตามกิจกรรมในคู่มือที่ครูเตรียมไว้ให้

43. วิธีสอนโดยใช้ชุดการสอนประกอบการบรรยาย เป็นวิธีสอนที่ครูใช้ชุดการสอนสำหรับประกอบการบรรยาย อธิบายเพื่อให้ครูใช้เวลาในการสอนน้อยลง และเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมมากยิ่งขึ้น ซึ่งชุดการสอนประกอบด้วย แผนการสอน คู่มือครู สื่อการที่เป็นรูปภาพ แผนภูมิ ตาราง แบบฝึกทักษะและแบบทดสอบ

44. วิธีสอนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นวิธีสอนที่ครูให้นักเรียนเรียนรู้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีลักษณะเป็นบทเรียนสำเร็จรูปนำเสนอเนื้อหาบทเรียนและควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งนักเรียนสามารถเรียนรู้บันทึกผลการเรียนและประเมินผลการเรียนได้ด้วยตนเอง

45. วิธีสอนโดยใช้บทเรียนที่มีสื่อประสม เป็นวิธีสอนที่ครูออกแบบบทเรียนโดยนำสื่อหลาย ๆ ชนิดมาใช้ประกอบการสอน ได้แก่ สื่อของจริง สื่อจำลอง รูปภาพ แผนภูมิ บัตรคำ และวัสดุอุปกรณ์เฉพาะสำหรับเนื้อหาของบทเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้และเข้าใจในบทเรียนดียิ่งขึ้น

46. วิธีสอนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป เป็นวิธีสอนที่ให้นักเรียนเรียนด้วยตนเองจากบทเรียนสำเร็จรูป ที่แบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อย ๆ ที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามลำดับขั้นตอนและทราบผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง

47. วิธีสอนโดยใช้แบบเรียนเล่มเล็กเชิงวรรณกรรม เป็นวิธีสอนที่ครูดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน ตามขั้นตอนในคู่มือครูคณิตศาสตร์ โดยนำหนังสือเล่มเล็กเชิงวรรณกรรมเป็นสื่อการสอนหลักในการนำเสนอบทเรียน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนดียิ่งขึ้น

48. วิธีสอนโดยใช้หนังสือการ์ตูนประกอบการสอน เป็นวิธีสอนที่ครูดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนโดยนำหนังสือการ์ตูนมาเป็นสื่อการสอนหลักให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนดียิ่งขึ้น

49. วิธีสอนโดยใช้เพลงประกอบการสอน เป็นวิธีสอนที่ใช้เพลงเป็นสื่อประกอบการสอน 4 แบบ คือ ใช้เพลงในขั้นนำ ใช้เพลงในขั้นสอน ใช้เพลงในขั้นสรุป ใช้เพลงในทุกขั้นตอน (ขั้นนำ สอน สรุป)

50. วิธีสอนโดยใช้แบบสอบ เอ็ม อี คิว ประกอบการสอน เป็นวิธีสอนที่นำแบบสอบ เอ็ม อี คิว มาใช้วัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนตรวจสอบกระบวนการเรียนและผลการเรียน โดยวิเคราะห์ตามแนวทางวิทยาศาสตร์ คือ กำหนดปัญหาตั้งสมมุติฐาน เก็บรวบรวมข้อมูล ตัดสินใจแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักเรียนให้สูงขึ้น

51. วิธีสอนโดยใช้สิ่งช่วยจัดมโนมติล่วงหน้า เป็นวิธีสอนที่นำสื่อหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ มาช่วยจัดให้นักเรียนสังเกต เรียนรู้และเกิดความคิดรวบยอดก่อนเรียนเนื้อหาใหม่โดยสื่อที่นำมาใช้อาจอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนภูมิ แผนภาพ แถบประโยคสัญลักษณ์ นิทาน สถานการณ์จำลอง เป็นต้น โดยมีการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ โดยใช้หลักการบูรณาการการเรียนรู้แบบเป็นทีม รวมถึงการปฏิบัติค้นคว้าหาคำตอบจากใบงาน

52. วิธีสอนแบบแผนผังต้นไม้ 5 ลำดับขั้น เป็นวิธีสอนที่ดำเนินการสอนตามรูปแบบการสอนแผนผังต้นไม้ 5 ลำดับขั้น โดยมุ่งให้นักเรียนวิเคราะห์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างโจทย์กับคำตอบที่ต้องการทราบ เริ่มต้นสอนโดยให้นักเรียนอ่านโจทย์ปัญหาและแต่งโจทย์ปัญหาใหม่และตัดคำที่ไม่จำเป็นออกไปให้เหลือแต่คำสำคัญ จากนั้นให้นักเรียนวิเคราะห์โจทย์ที่กำหนดให้ว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้ และต้องการทราบอะไร และให้นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ของข้อคำถามที่โจทย์กำหนดให้ แปลงโจทย์เป็นประโยคสัญลักษณ์ และคำนวณคำตอบ

53. วิธีสอนโดยการเรียงลำดับเนื้อหา เป็นวิธีสอนที่ครูนำเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่กำหนดในคู่มือครูคณิตศาสตร์ของ สสวท. มาจัดเรียงลำดับเนื้อหาใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับปัญหา สภาพนักเรียน และสภาพท้องถิ่น เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้

54. วิธีสอนโดยใช้สถานการณ์จำลอง เป็นวิธีสอนที่ครูใช้การสมมุติสถานการณ์ขึ้นให้คล้ายคลึงกับเหตุการณ์จริงที่สอดคล้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ โดยให้นักเรียนทดลองปฏิบัติคิดหาแนวทางการ แก้ปัญหาหรือเรียนรู้ตามสถานการณ์จำลองที่กำหนดขึ้น

นอกจากนี้ ประยูร อาษานาม (2537 : 27-28) ได้สรุปหลักสำคัญในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาไว้ดังนี้

1.กำหนดความมุ่งหมายของการเรียนการสอนที่เด่นชัด การเรียนการสอนเป็นกระบวนการที่สัมพันธ์กัน ดังนั้นครูจะต้องรู้ว่าจะสอนอะไร ครูต้องการให้นักเรียนรู้อะไรบ้าง จะต้องทำอะไรบ้าง เมื่อทั้งสองฝ่ายทราบสิ่งที่จะต้องเรียนรู้แล้ว ครูก็จะได้วางแผนการสอน และจัดสภาพการณ์ที่จะก่อให้เกิดการเรียน และนักเรียนก็จะทำกิจกรรมอย่างมีจุดหมาย

2.จัดกิจกรรมการสอนหลายๆ วิธี และใช้วัสดุประกอบการสอนหลายชนิด ในการเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่งครูควรจัดกิจกรรมหลายๆ ประเภท เพราะว่ากิจกรรมแต่ละประเภทจะให้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนในระดับแตกต่างกัน นักเรียนแต่ละคนจะได้เรียนรู้จากกิจกรรมที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของตนเอง

3.เรียนรู้จากการค้นพบ กิจกรรมต่างๆ ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ควรเป็นสื่อในการช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบมโนคติและหลักการทางคณิตศาสตร์

4.จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีระบบโดยคำนึงถึงโครงสร้างของเนื้อหาเป็นสำคัญ

5.การเรียนรู้มโนคติทางคณิตศาสตร์ควรเริ่มจากรูปธรรมไปสูนามธรรม เด็กควรได้เรียนจากสิ่งที่ง่ายไปหาสิ่งที่ยากขึ้น จากสิ่งที่มองเห็นด้วยตาไปสู่สิ่งที่มองเห็นด้วยมโนภาพ

6.การฝึกหัดควรได้กระทำหลังจากที่นักเรียนเข้าใจหลักการแล้วการฝึกหัดเป็นกิจกรรมเพื่อย้ำความเข้าใจ และเพื่อการเก็บรักษาความรู้

จากข้อความดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ในการสอนคณิตศาสตร์ครูควรใช้เทคนิค และวิธีการสอน รวมทั้งสื่อและอุปกรณ์ต่างๆ ที่หลากหลายโดยเลือกวิธีสอนให้เหมาะกับเนื้อหาวัตถุประสงค์ในการเรียน และวิธีการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งจะทำให้การสอนเกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจและเกิดการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์

## วิธีสอนแบบโครงงาน

**ความหมายของโครงงาน**

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายเกี่ยวกับโครงงานไว้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2531:1-2)ได้ให้ความหมายว่า โครงงานเป็นการศึกษาค้นคว้าตามความสนใจ ความถนัด ตามความสามารถของผู้เรียนเอง ภายใต้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบหรือผลงานซึ่งมีความสมบูรณ์ในตัว โดยนักเรียนเป็นผู้วางแผนการศึกษาค้นคว้า ดำเนินการด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ มีเจตคติที่ดีต่อกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นเพียงผู้ให้คำปรึกษาเท่านั้น

ธีระชัย ปูรณโชติ (2531:1) ได้ให้ความหมายว่า โครงงานเป็นการศึกษาที่เน้นกิจกรรมโดยผู้เรียนลงมือปฏิบัติและศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ภายใต้คำแนะนำปรึกษาและการดูแลของครูหรือผู้เชี่ยวชาญ

กระทรวงศึกษาธิการ ( 2536: 5) ได้ให้ความหมายว่า โครงงานเป็นการทำกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ภายใต้การดูแลและให้คำปรึกษาของครู ตั้งแต่การคิดสร้างโครงงาน การวางแผนดำเนินการ การออกแบบลงมือปฏิบัติ รวมทั้งร่วมกำหนดแนวทางในการวัดและประเมินผล

จิราภรณ์ ศิริทวี (2542:34) ได้ให้ความหมายว่า โครงงานเป็นการสอนให้นักเรียนรู้จักทำโครงการวิจัยเล็กๆ ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติเพื่อพัฒนาความรู้ ทักษะและสร้างผลผลิตที่มีคุณภาพ ระเบียบวิธีดำเนินการเป็นระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ จุดประสงค์หลักของการสอนแบบโครงงานต้องกระตุ้นให้นักเรียนรู้จักสังเกต รู้จักการตั้งคำถาม รู้จักการตั้งสมมติฐาน รู้จักวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เพื่อตอบคำถามที่ตนอยากรู้ รู้จักสรุปและทำความเข้าใจกับสิ่งที่ค้นพบ

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ (2542: 12) ได้ให้ความหมายว่า โครงงานเป็นการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ต้องการให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าให้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้นในหัวข้อที่กำลังเรียน การศึกษาค้นคว้านี้อาจทำเป็นรายบุคคลหรือเป็นทีม ลักษณะที่สำคัญของโครงงานคือการศึกษาที่มุ่งเพื่อหาคำตอบให้กับข้อสงสัยในเรื่องนั้น ๆที่ผู้เรียนหรือกลุ่มเพื่อนตั้งข้อสงสัยขึ้นมา เป้าหมายของโครงงานคือให้ได้เรียนรู้มากขึ้นในเรื่องนั้นๆ มากกว่าที่จะค้นหาคำตอบที่ถูกต้องเพื่อตอบคำถามของผู้สอน

กรมวิชาการ , ศูนย์พัฒนาหลักสูตร (2544 : 1) ได้ให้ความหมายว่า โครงงาน หมายถึงกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตนเองตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการอื่นใดไปใช้ในการศึกษาหาคำตอบในเรื่องนั้น ๆ โดยมีครูผู้สอนคอยกระตุ้น แนะนำและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนอย่างใกล้ชิด ตั้งแต่การเลือกหัวข้อที่จะศึกษา ค้นคว้า ดำเนินการวางแผน กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานและการนำเสนอผลงาน โดยทั่วๆ ไป การทำโครงงานสามารถทำได้ทุกระดับการศึกษา ซึ่งอาจทำเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงงาน อาจเป็นโครงงานเล็กๆ ที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน หรือเป็นโครงงานใหญ่ที่มีความยากและซับซ้อนขึ้นก็ได้

ลัดดา ภู่เกียรติ (2544: 27) ได้ให้ความหมายว่า โครงงานเป็นวิธีการเรียนรู้ที่เกิดจากความสนใจใคร่รู้ของผู้เรียนที่อยากจะศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหลาย ๆ สิ่งที่สงสัยและอยากรู้คำตอบให้ลึกซึ้งชัดเจน หรือต้องการเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆให้มากขึ้นกว่าเดิม โดยใช้ทักษะกระบวนการและปัญญาหลาย ๆ ด้าน มีวิธีการศึกษาอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนต่อเนื่อง มีการวางแผนในการศึกษาอย่างละเอียดแล้วลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ จนได้ข้อสรุปหรือผลการศึกษาหรือคำตอบที่เกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ ซึ่งสามารถกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า โครงงานเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการทำวิจัยโดยเด็กๆ เพราะเด็กนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติเพื่อที่จะพัฒนาความรู้ โดยใช้ระเบียบวิธีการทำงานที่เป็นระบบ ใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาค้นหาความรู้ ความจริง จนได้ข้อสรุปเป็นองค์ความรู้หรือความรู้ใหม่ด้วยตัวเขาเอง

ยุทธพงษ์ ไกยวรรณ (2546 : 14) ได้ให้ความหมายว่าโครงงานเป็นกิจกรรมที่เน้นกระบวนการโดยนักเรียนเป็นผู้คิดค้น วางแผน และลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ และคณะ ( 2546: 231) ได้ให้ความหมายว่า โครงงานเป็นการเรียนรู้อย่างหนึ่ง ที่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้โดยการทำโครงงานถ้านักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการทำโครงงานตลอดเวลา จะทำให้นักเรียนได้พัฒนาการคิด โครงงานจะต้องเกิดขึ้นจากนักเรียน เช่น ขณะที่นักเรียนมีข้อสงสัย หรือมีความต้องการ หรือมีความสนใจต้องการคำตอบ จะเป็นจุดเริ่มต้นของโครงงานของนักเรียน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2548:72)ได้ให้ความหมายว่า โครงงาน หมายถึง การศึกษาเพื่อค้นพบความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีครูอาจารย์และผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คำปรึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ,สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา (2548 :57-58 ) ได้ให้ความหมายว่า โครงงานเป็นการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้รับโอกาสในการเลือกหัวข้อการทำโครงงานเอง ค้นคว้าหาความรู้ วิเคราะห์วิจารณ์ บูรณการองค์ความรู้ในขอบเขตทางเลือกที่ตนเองคัดสรรเอง ซึ่งสามารถจัดได้หลายรูปแบบ เป็นการปูพื้นฐานสู่การเตรียมตัวเข้าสู่วิชาชีพ เน้นการเรียนรู้โดยการใช้กิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ (Activity-based learning) ส่งเสริมการเรียนรู้อย่างอิสระ (Independent learning) หรือการเสาะแสวงหาความรู้โดยกระบวนการกลุ่ม (Group investigation) สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านทักษะสังคม ทักษะชีวิต และทักษะวิชาชีพได้ทั้งสิ้น และเกิดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทั้งผู้เรียนและผู้สอน ส่งเสริมความรับผิดชอบ

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2546:84) ได้ให้ความหมายว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าและลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามความสนใจ ความถนัดและความสามารถของตนเอง ซึ่งอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการอื่น ๆ ที่เป็นระบบ ไปใช้ในการศึกษาหาคำตอบในเรื่องนั้น ๆ ภายใต้คำแนะนำปรึกษาและความช่วยเหลือจากผู้สอนหรือผู้ที่เชี่ยวชาญเริ่มตั้งแต่การเลือกเรื่องหรือหัวข้อที่จะศึกษา การวางแผน การดำเนินงานตามขั้นตอนที่กำหนด ตลอดจนการนำเสนอผลงาน ซึ่งในการจัดทำโครงงานนั้นสามารถทำได้ทุกระดับชั้น อาจเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม จะกระทำในเวลาเรียนหรือนอกเวลาเรียนก็ได้

วัชรา เล่าเรียนดี (2548: 100-101)ได้ให้ความหมายว่า การเรียนรู้ด้วยการทำโครงงาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ด้วยการให้ปฏิบัติเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ วิธีการ และผลของงาน ซึ่งการทำโครงงานอาจให้ปฏิบัติเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มใช้เวลาในการปฏิบัติตามความยากง่าย ซับซ้อนของกิจกรรมและเนื้อหา ผลของการเรียนรู้ด้วยโครงงานก็คือ ผลลัพธ์ ผลผลิต การนำเสนอผลงาน และการปฏิบัติงาน การเรียนรู้ด้วยการทำโครงงานอาจเป็นส่วนหนึ่งของกันและกันกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน(Problem based learning) โดยที่การเรียนรู้ด้วยการทำโครงงานนั้น ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมโครงงานที่จะปฏิบัติและสิ่งที่เขาจะปฏิบัติตามโครงงาน และโครงงานนั้นอาจจะไม่ตอบสนองต่อปัญหาใดปัญหาหนึ่งก็ได้ ในทางตรงกันข้ามการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น ต้องมีปัญหานำไปสู่การเรียนรู้เป็นปัญหาเฉพาะที่ต้องหาคำตอบหรือแก้ปัญหานั้นด้วยกระบวนการแก้ปัญหา

แคทซ์ ( Katz 1994 : online) กล่าวถึงความหมายของโครงงานว่า โครงงาน คือ การศึกษาอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับเรื่องที่กำลังเรียนรู้ โดยการศึกษาเป็นกลุ่มเล็กๆ ภายในห้องเรียน หรือทั้งชั้นเรียนก็ได้ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อค้นหาคำตอบเกี่ยวกับเรื่องที่กำหนดไว้โดยผู้เรียนหรือผู้สอน หรือเป็นการกำหนดร่วมกันระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน จุดหมายสำคัญคือ เพื่อเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษาและค้นหาคำตอบของปัญหาที่กำหนดไว้

ซิลเวียร์(Sylvia 2000 : online) กล่าวถึงความหมายของโครงงานว่า โครงงาน หมายถึง การค้นคว้าอย่างลึกซึ้งจากโลกแห่งความเป็นจริงด้วยความตั้งใจและพยายามอย่างเต็มที่ของนักเรียน ซึ่งการจัดการเรียนการสอนอาจสอนพร้อมกันทั้งชั้นหรือแบ่งกันเป็นกลุ่มย่อย และสามารถใช้ได้กับผู้เรียนทุกวัย โดยที่พวกเขาไม่ต้องดำเนินการด้วยตนเองทั้งหมด โครงงานของเด็กเล็กๆ จะเป็นการเล่นและการค้นพบความรู้ในขณะเดียวกัน ส่วนโครงงานของเด็กโตจะค่อนข้างมีระเบียบแบบแผน

สรุปได้ว่า โครงงานเป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่ง ที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติจริง เป็นการศึกษาค้นคว้าตามความสนใจ เพื่อตอบสนองความสงสัยหรือปัญหาที่เกิดขึ้น โดยมีการศึกษาอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนและกระบวนการที่ต่อเนื่อง โดยมีครูเป็นผู้คอยกระตุ้น แนะนำ และให้คำปรึกษา การทำโครงงานสามารถทำได้ทุกระดับชั้น ทำเป็นกลุ่ม หรือรายบุคคลก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงงาน ซึ่งการเรียนรู้ด้วยการทำโครงงานจะช่วยพัฒนาการคิดและกระบวนการทำงานของผู้เรียนได้

**จุดประสงค์ของการเรียนรู้ในรูปแบบของโครงงาน**

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ ( 2542:12) ได้กล่าวถึงจุดประสงค์ของการเรียนรู้ในรูปแบบของโครงงาน ไว้ดังนี้

1. เพื่อจัดโอกาสให้ผู้เรียนประยุกต์ใช้ทักษะของตนเอง
2. เพื่อแสดงให้เห็นถึงความประยุกต์ใช้ทักษะของตนเอง
3. เพื่อเน้นถึงพลังความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียน
4. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนตัดสินใจว่าทำอะไรและคิดว่าผู้เรียนเป็นผู้มีความรู้ความชำนาญในเรื่องที่อยากรู้

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2546:84-85) ได้กล่าวถึงจุดประสงค์ของการเรียนรู้ในรูปแบบของโครงงาน ไว้ดังนี้

1. เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ ทักษะและประสบการณ์ของตนเองในการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ
2. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดพลังความอยากรู้อยากเห็น

3. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนตัดสินใจว่าจะทำอะไร กับใคร อย่างไรและเสริมสร้างความมั่นใจว่าผู้เรียนเป็นผู้ที่มีความรู้ความชำนาญในเรื่องที่เขาต้องการค้นหาคำตอบ

4. เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงออกซึ่งความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ และคณะ ( 2546: 231) กล่าวว่า จุดประสงค์ของการทำโครงงานคือเพื่อให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ทักษะในกลุ่มวิชาต่าง ๆ มีทักษะในการแสวงหาความรู้ มีทักษะทางสังคม ทักษะการนำเสนอ เห็นคุณค่าในวิชาที่เรียนเน้นถึงพลังความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน และส่งเสริมการตัดสินใจ การจะคิด จะทำของนักเรียน

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบโครงงาน มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะที่หลากหลายในการแสวงหาความรู้ ในการตอบสนองข้อสงสัยหรือความอยากรู้ของตนเอง

**ประเภทของโครงงาน**

โครงงานทั่วไปสามารถจำแนกเป็น 2 ประเภทคือ

1. โครงงานตามสาระการเรียนรู้ เป็นโครงงานที่บูรณาการความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ เป็นพื้นฐานในการกำหนดโครงงานและปฏิบัติ

2. โครงงานตามความสนใจ เป็นโครงงานที่ผู้เรียนกำหนดขั้นตอน ความถนัด ความสนใจ และความต้องการ โดยนำเอาความรู้ ทักษะ คุณธรรมจริยธรรมและค่านิยม จากกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการกำหนดเป็นโครงงานและการปฏิบัติ(ลัดดา ภู่เกียรติ 2544:121)

ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานจึงเป็นการจัดให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานทั้ง 8 สาระการเรียนรู้ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาผู้เรียน ทั้งด้านจิตใจร่างกาย สังคม และสติปัญญา นอกจากนี้ อาจจำแนกประเภทของโครงงานตามลักษณะการดำเนินการออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้ (ศูนย์พัฒนาหลักสูตร กรมวิชาการ 2544:1-4 ,ลัดดา ภู่เกียรติ 2544:30-121 ,สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ และคณะ 2546: 231, สุวิทย์ และอรทัย มูลคำ 2546 :85-86 และสถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ 2547:6-9)

1. โครงงานที่เป็นการสำรวจ รวบรวมข้อมูล

2. โครงงานที่เป็นการค้นคว้า ทดลอง

3. โครงงานที่เป็นการศึกษา ความรู้ ทฤษฎี หลักการ หรือแนวคิดใหม่

4. โครงงานที่เป็นการประดิษฐ์ คิดค้น

**1. โครงงานที่เป็นการสำรวจ รวบรวมข้อมูล**

โครงงานประเภทนี้ เป็นโครงงานที่มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจ และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจนั้นมาจำแนกเป็นหมวดหมู่ และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ อย่างมีระบบ เพื่อให้เห็นถึงลักษณะหรือความสัมพันธ์ของเรื่องดังกล่าว

ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น การปฏิบัติตามโครงงานนี้ ผู้เรียนจะต้องไปศึกษา รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น สอบถาม สัมภาษณ์ สำรวจ โดยใช้เครื่องมือ เช่น แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ แบบบันทึก ฯลฯ ในการรวบรวมข้อมูลที่ต้องการศึกษา

**2. โครงงานที่เป็นการค้นคว้า ทดลอง**

โครงงานประเภทนี้ เป็นโครงงานที่มีวัตถุประสงค์ เพื่อการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ โดยการออกแบบโครงงานในรูปของการทดลอง เพื่อศึกษาว่าตัวแปรหนึ่งจะมีผลต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษาอย่างไรบ้าง ด้วยการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ซึ่งอาจมีผลต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษาไว้ การทำโครงงานประเภทนี้ จะมีขั้นตอนการดำเนินงาน ประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งวัตถุประสงค์หรือสมมุติฐาน การออกแบบทดลอง การรวบรวมข้อมูล การดำเนินการทดลอง การแปลผล และสรุปผลการทดลอง

**3. โครงงานที่เป็นการศึกษาความรู้ ทฤษฎี หลักการ หรือแนวคิดใหม่**

โครงงานประเภทนี้ เป็นโครงงานที่มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอความรู้ ทฤษฎี หลักการ แนวคิดใหม่ ๆ เกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ที่ยังไม่มีใครคิดมาก่อน หรือขัดแย้ง หรือขยายจากของเดิมที่มีอยู่ ซึ่งความรู้ ทฤษฎี หลักการ หรือแนวคิดที่เสนอต้องผ่านการพิสูจน์อย่างมีหลักการหรือวิธีการที่น่าเชื่อถือตามกติกา/ข้อตกลงที่กำหนดขึ้นมาเองหรืออาจใช้กติกาหรือข้อตกลงเดิมมาอธิบายข้อความรู้ ทฤษฎี หลักการ แนวคิดใหม่ ก็ได้

โครงงานที่เป็นการศึกษาความรู้ทฤษฎี หลักการ หรือแนวคิดนี้ ผู้ทำโครงงานต้องเป็นผู้ที่มีความรู้พื้นฐานในเรื่องนั้น ๆ เป็นอย่างดี หรือต้องมีการศึกษา ค้นคว้า ข้อมูลประกอบอย่างลึกซึ้ง จึงจะทำให้สามารถกำหนดความรู้ ทฤษฎี หลักการ แนวคิดใหม่ ๆ ขึ้นได้

**4. โครงงานที่เป็นการประดิษฐ์คิดค้น**

โครงงานประเภทนี้ เป็นโครงงานที่มีวัตถุประสงค์ คือ การนำเอาความรู้ ทฤษฎี หลักการ หรือแนวคิดมาประยุกต์ใช้โดยการประดิษฐ์เป็นเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆเพื่อประโยชน์ในการเรียน หรือ การทำงาน

การประดิษฐ์คิดค้นตามโครงงานนี้ อาจเป็นการประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่โดยที่ยังไม่มีใครทำหรืออาจเป็นการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง หรือดัดแปลงของเดิมที่มีอยู่แล้ว ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ รวมทั้งการสร้างแบบจำลองต่าง ๆ เพื่อประกอบการอธิบายแนวคิดในเรื่องต่าง ๆ โครงงานที่เป็นการประดิษฐ์คิดค้นนี้ จะครอบคลุมเรื่องต่าง ๆ ทั้งวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ภาษา สังคม อาชีพ สิ่งแวดล้อม ฯลฯ

**ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงงาน**

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ ( 2542:13-14) ได้เสนอการเรียนรู้ในรูปโครงงาน มีขั้นตอนดังนี้

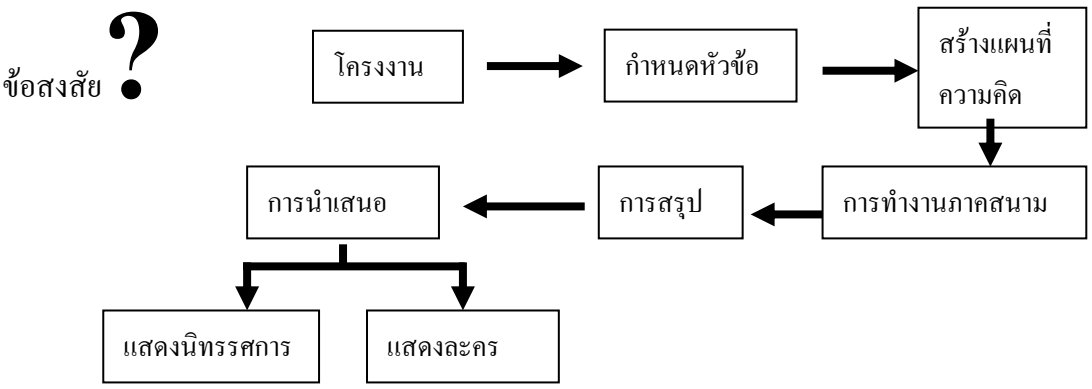
1. กำหนดหัวข้อที่จะศึกษา ถ้าเป็นชั้นต้นๆ ควรจะเป็นเรื่องใกล้ตัวที่เกี่ยวข้องกับประสบการณ์แต่ละวัน อย่างน้อยที่สุดผู้เรียนควรมีความคุ้นเคยกับหัวเรื่องนั้น ซึ่งจะทำให้สามารถตั้งคำถามกับเรื่องนั้น ควรจะเป็นเรื่องที่ต้องใช้เวลาในการศึกษา และควรเป็นเรื่องที่เหมาะจะดำเนินการที่สถานศึกษามากกว่าที่จะทำที่บ้าน เช่น การศึกษาแมลงชนิดต่าง ๆ ในท้องถิ่น

2. สร้างแผนที่ความคิด ถ้าทำงานเป็นกลุ่มใช้การระดมสมอง เพื่อให้เห็นโครงข่ายของหัวข้อ และมีหัวข้อย่อยรวมอยู่ด้วย จะช่วยให้สามารถสรุปความคืบหน้าได้ตามกระบวนการเรียนรู้ของโครงงาน คำถามที่ผู้เรียนตั้งจะหาคำตอบได้ โดยผ่านการศึกษาค้นคว้าในช่วงแรกผู้เรียนจะนำเอาประสบการณ์ในอดีตมาสัมพันธ์กับหัวข้อที่จะศึกษา

3. การทำงานภาคสนาม ประกอบด้วยการศึกษาค้นคว้าโดยตรง ซึ่งมักจะรวมไปถึงการเดินทางเข้าพื้นที่เพื่อสำรวจ ซึ่งเป็นช่วงที่สำคัญของการเรียนในรูปโครงงานนี้ ผู้เรียนจะศึกษาค้นคว้ารับรู้ได้จากการสังเกตอย่างใกล้ชิด สร้างแบบจำลอง บันทึกสิ่งที่สำรวจ การคาดคะเน รวมทั้งการอภิปราย และการแสดงละครเพื่อสื่อความเข้าใจแบบใหม่

4. การสรุป ซึ่งเป็นกิจกรรมขั้นสุดท้ายประกอบด้วยการจัดเตรียม และการเสนอบันทึกรายงานของผลที่ได้ ในรูปแบบของการแสดงให้เห็นสิ่งที่ค้นพบและสิ่งที่ทำขึ้น การพูดคุย การเสนอในรูปการละคร หรือแนะนำชวนชมสิ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้นมา

โครงงานที่ต้องใช้การบูรณาการข้ามกลุ่มสาระ จะทำให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้และทักษะในหลาย ๆ ทางจากกลุ่มสาระต่าง ๆ ได้ค้นพบความสามารถของตนเองและสอดคล้องกับจุดหมายของการศึกษาที่ต้องการให้ผู้เรียนนำความรู้และทักษะในสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ ไปบูรณาการใช้ในการดำรงชีวิต ขั้นตอนการเรียนรู้แบบโครงงานแสดงดังแผนภูมิที่ 3




แผนภูมิที่ 3 แสดงขั้นตอนการเรียนรู้ในรูปโครงงาน

สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ(2546:86-90)ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานไว้ดังต่อไปนี้

1. การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา

2. การวางแผน ประกอบด้วย การกำหนดจุดประสงค์, การตั้งสมมุติฐาน, การกำหนดวิธีการศึกษา

3. การลงมือปฏิบัติ

4. การเขียนรายงาน

5. การนำเสนอผลงาน

ธีระพัฒน์ ฤทธิ์ทอง (2547:5-11) เสนอขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยโครงงานดังนี้

1. ครูกำหนดหน่วยการเรียนรู้ที่จะทำการสอนนักเรียน 1 หน่วยการเรียนรู้

2. ระดมความคิดนักเรียนถึงประเด็นหลักๆ ของเรื่องนั้น

3. แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5-7 คน ให้ศึกษารายละเอียดในแง่มุมต่าง ๆ ของประเด็นหลัก 1 ประเด็น

4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการศึกษาข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับเรื่องที่กลุ่มได้เลือก โดยจัดทำแผนผังความคิดโดยมีประเด็นหลักดังนี้ คำถาม แหล่งข้อมูล วิธีการสืบค้นข้อมูล เครื่องมือรวบรวมข้อมูล

5. ให้นักเรียนนำเอาแผนผังความคิดที่ใช้ในการวางแผนมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน

6. ครูให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมแผนผังความคิดการวางแผนการสืบค้นของนักเรียน

7. นักเรียนวางแผนกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานในการสืบค้นข้อมูล

8. นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการตามแผนที่วางไว้

9. กลุ่มรวบรวมข้อมูลการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ สรุปข้อมูลเพื่อตรวจสอบดูว่าได้คำตอบตามข้อคำถามที่ตั้งไว้ได้ครบหรือยัง

10. แต่ละกลุ่มสรุปผลการสืบค้นข้อมูล และจัดทำเอกสารรายงาน ในการจัดทำรายงานของนักเรียนควรจะมีส่วนประกอบดังนี้ ชื่อเรื่อง,วัตถุประสงค์,กระบวนการสืบค้น,ผลการสืบค้น,แหล่งข้อมูลการสืบค้น,ภาพประกอบ

11. กลุ่มเตรียมการเพื่อนำเสนอผลงานโดยจัดป้ายนิเทศ และจัดทำเอกสารสรุป

12. จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลงาน

13. แต่ละกลุ่มกำหนดคำถามเพื่อประเมินผล เกี่ยวกับสิ่งที่กลุ่มได้ไปสืบค้น

14. กลุ่มต่าง ๆ ตอบคำถามของกลุ่มอื่น ๆ เพื่อการประเมินผล

วัชรา เล่าเรียนดี(2548: 101) ได้เสนอกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงงาน ไว้ดังนี้

1. ครูให้ความรู้ทั่ว ๆ ไปเกี่ยวกับสาระใดสาระหนึ่งที่เหมาะสมที่จะให้นักเรียนศึกษาค้นคว้า และทำโครงงาน

2.ให้นักเรียนเลือกเรื่องที่สนใจที่จะศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม จัดนักเรียนที่สนใจเรื่องเดียวกันเข้ากลุ่มเดียวกัน

3.นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวคิด มอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบร่วมกันวางแผน กำหนดด้วยการศึกษาค้นคว้าและแหล่งข้อมูล ดำเนินการศึกษาค้นคว้า

4. แต่ละกลุ่มเก็บรวบรวมข้อมูล สรุป เตรียมเสนอทั้งชั้นเรียน

5. ร่วมกันอภิปรายโครงงานของแต่ละกลุ่มทั้งชั้น

6. ครูกับนักเรียนร่วมกันสรุปหลักการทั่วไป หรือสาระสำคัญของเรื่องที่เรียนรู้

7. วัดและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยการประเมินชิ้นงานหรือโครงงาน และประเมินผลการปฏิบัติงาน การร่วมมือกันปฏิบัติและการนำเสนอรายงาน ซึ่งแต่ละประเด็นที่ประเมินควรมีการร่วมกันกำหนดเกณฑ์การประเมิน วิธีการประเมินระหว่างครูและนักเรียน เช่น โครงงานต้องวัดและประเมินองค์ประกอบใดบ้าง การนำเสนองานควรประเมินอย่างไร การปฏิบัติงานระหว่างทำโครงงานและในชั้นเรียนประเมินอย่างไร เป็นต้น

**ขั้นตอนการทำโครงงาน**

ในการดำเนินงานโครงงาน มีขั้นตอนที่สำคัญประกอบด้วย

ขั้นตอนที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อเรื่อง การดำเนินงานตามขั้นตอนนี้ เป็นการคิดหาหัวข้อเรื่องที่จะทำโครงงานโดยผู้เรียนต้องตั้งต้นด้วยคำถามที่ว่า จะศึกษาอะไร, ทำไมต้องศึกษาเรื่องดังกล่าวสิ่งที่จะนำมากำหนดหัวข้อเรื่องโครงงาน จะได้มาจาก ปัญหา คำถาม หรือความอยากรู้อยากเห็นในเรื่องต่าง ๆ ของผู้เรียนเอง ซึ่งเป็นผลจากการที่ผู้เรียนได้อ่านจากหนังสือเอกสาร บทความ ฟังการบรรยาย การสนทนา หรือจากการที่ได้ไปดูงาน ทัศนศึกษา ชมนิทรรศการ หรือสังเกตจากปรากฏการณ์ต่าง ๆ รอบข้าง

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องนี้ รวมไปถึงการขอคำปรึกษา หรือข้อมูลรายละเอียดอื่น ๆ จากผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เกี่ยวข้องทุกระดับ รวมทั้งการสำรวจวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วย

ขั้นตอนที่ 3 การเขียนเค้าโครงของโครงงาน การดำเนินงานตามขั้นตอนนี้ เป็นการสร้างแผนที่ความคิด เป็นการนำเอาภาพของงาน และภาพความสำเร็จของโครงงานที่วิเคราะห์ไว้มาจัดทำรายละเอียด เพื่อแสดงแนวคิด แผน และขั้นตอนการทำโครงงาน

โดยทั่วไปเค้าโครงของโครงงานจะประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ เช่นเดียวกับโครงงาน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 7 ต่อไปนี้

ตารางที่ 7 ตารางแสดงหัวข้อเค้าโครงของโครงงาน

| หัวข้อ/รายการ | รายละเอียดที่ต้องระบุ |
|---|---|
| 1.ชื่อโครงงาน | ทำอะไร กับใคร เพื่ออะไร |
| 2.ชื่อผู้ทำโครงงาน | ผู้รับผิดชอบโครงงาน อาจเป็นรายบุคคล หรือกลุ่มก็ได้ |
| 3.ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน | ครู-อาจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีในท้องถิ่น ผู้ทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษา ควบคุมการทำโครงงานของผู้เรียน |
| 4.ระยะเวลาดำเนินงาน | ระยะเวลาการดำเนินงานโครงงาน ตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น |
| 5.หลักการและเหตุผล | สภาพปัจจุบันที่เป็นความต้องการ และความคาดหวังที่จะเกิดผล |
| 6.จุดหมาย/วัตถุประสงค์ | สิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดโครงงานทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ |
| 7.สมมุติฐานของการศึกษา(ในกรณีที่เป็นโครงงานการทดลอง) | ข้อตกลง/ข้อกำหนด/เงื่อนไข เพื่อเป็นแนวทางในการพิสูจน์ให้เป็นไปตามที่กำหนด |
| 8.ขั้นตอนการดำเนินงาน | กิจกรรมหรือขั้นตอนการดำเนินงาน เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์สถานที่ |
| 9.ปฏิบัติโครงการ | วัน เวลา และกิจกรรมดำเนินงานต่าง ๆ ตามที่ระบุไว้ในข้อ 8 ตั้งแต่เริ่มต้นจนแล้วเสร็จ |
| 10.ผลที่คาดว่าจะได้รับ | สภาพของผลที่ต้องการให้เกิด ทั้งที่เป็นผลผลิต กระบวนการ และผลกระทบ |
| 11.เอกสารอ้างอิง / บรรณานุกรม | ชื่อเอกสาร ข้อมูล ที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการดำเนินการ |

ขั้นตอนที่ 4 การปฏิบัติโครงงาน การดำเนินงานตามขั้นตอนนี้ เป็นการดำเนินงานหลังจากที่โครงงานได้รับความเห็นชอบจากครู-อาจารย์ที่ปรึกษา และได้รับการอนุมัติจากสถานศึกษาแล้ว ผู้เรียนต้องลงมือปฏิบัติงานตามแผนงานที่กำหนดไว้ในเค้าโครงของโครงงาน และระหว่างการปฏิบัติงานผู้เรียนต้องปฏิบัติงานด้วยความรอบคอบ คำนึงถึงความประหยัดและความปลอดภัยในการทำงานตลอดจนคำนึงถึงสภาพแวดล้อม

ในระหว่างการปฏิบัติงานตามโครงงาน ต้องมีการจดบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ไว้อย่างละเอียดว่า ทำอะไร ได้ผลอย่างไร ปัญหา อุปสรรค และแนวทางการแก้ไขอย่างไร การบันทึก

ข้อมูลดังกล่าวนี้ ต้องจัดทำอย่างเป็นระบบ ระเบียบ เพื่อจะได้ใช้เป็นข้อมูล สำหรับการปรับปรุงการดำเนินงานในโอกาสต่อไปด้วย

ขั้นตอนที่ 5 การเขียนรายงาน การดำเนินงานตามขั้นตอนนี้ เป็นการสรุปรายงานผลการดำเนินงานโครงงาน เพื่อให้ผู้อื่นได้ทราบถึงแนวคิด วิธีดำเนินงาน ผลที่ได้รับ ตลอดจนข้อสรุป ข้อเสนอแนะต่าง ๆ เกี่ยวกับโครงงาน

การเขียนรายงาน ควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย กระชับ ชัดเจน และครอบคลุมประเด็นสำคัญ ๆ ของโครงงานที่ปฏิบัติไปแล้ว โดยอาจเขียนในรูปของสรุป รายงานผล ซึ่งอาจประกอบด้วย หัวข้อต่าง ๆ ดังนี้ บทคัดย่อ บทนำ เอกสารที่เกี่ยวข้อง วิธีการดำเนินงาน ผลการศึกษา สรุปและอภิปรายผล ข้อเสนอแนะ และตารางที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 6 การแสดงผลงาน การดำเนินงานตามขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำโครงงานเป็นการนำผลการดำเนินงานโครงงานทั้งหมดมาเสนอให้ผู้อื่นได้ทราบ ซึ่งผลผลิตที่ได้จากการดำเนินโครงงานประเภทต่าง ๆ มีลักษณะเป็นเอกสาร รายงาน ชิ้นงาน แบบจำลอง ฯลฯ ตามประเภทของโครงงานที่ปฏิบัติ

การแสดงผลงาน ซึ่งเป็นการนำเอาการดำเนินงานมาเสนอนี้ สามารถจัดได้หลายรูปแบบ เช่น การจัดนิทรรศการ หรือทำเป็นสื่อสิ่งพิมพ์ การจัดทำเป็นสื่อมัลติมีเดียและอาจนำเสนอในรูปแบบของการแสดงผลงาน การนำเสนอด้วยวาจา รายงาน บรรยาย ฯลฯ

นันทิยา คุมพล (2545: 8-9) กล่าวถึง ขั้นตอนการทำโครงงาน โดยทั่วไปประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญคือ

1. การคิดการศึกษาค้นคว้า การสำรวจ การสอบถาม เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา และหรือพัฒนาให้ดีขึ้น

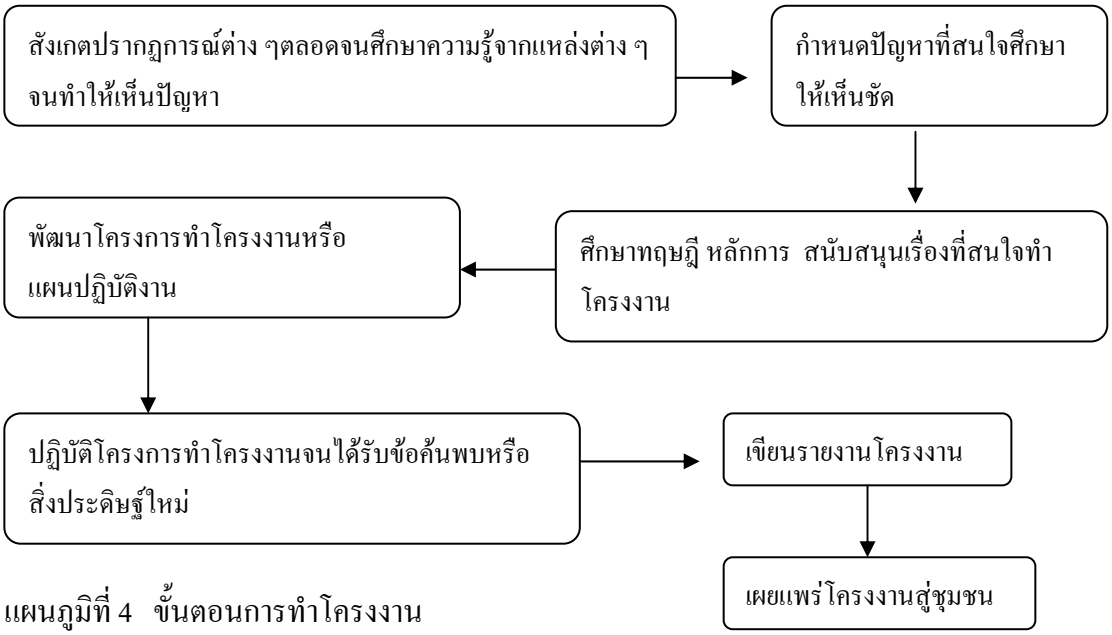
2. การวางแผนการดำเนินงานตั้งแต่เริ่มต้นจนจบให้เห็นภาพตลอดแนว แล้วเขียนโครงงาน

3. การดำเนินงานเริ่มตั้งแต่การนำเค้าโครงงานไปสู่การปฏิบัติ การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และประมวลผล

4. การเขียนรายงาน เป็นการนำเสนอผลงานต่อสาธารณะ เช่นเดียวกับการดำเนินงานอื่น ๆ ซึ่งมีสาระสำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนประกอบตอนต้น (ปก คำนำ สารบัญ) ส่วนเนื้อหา (ความเป็นมา วัตถุประสงค์ ผลที่คาดว่าจะได้ แนวคิดทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ระเบียบวิธีการดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสรุปผล) ส่วนอ้างอิง (บรรณานุกรม ภาคผนวก) หรืออาจเขียนเป็นรายงานสรุปก็ได้ประกอบด้วย ความเป็นมา วัตถุประสงค์ระเบียบวิธีดำเนินงาน สรุปผลการศึกษา บรรณานุกรม และภาคผนวก

5. การนำเสนอผลงาน เป็นการเผยแพร่ข้อค้นพบจากการดำเนินงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การจัดบอร์ด จัดนิทรรศการนำเสนอในที่ประชุมสัมมนา จัดพิมพ์เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ในการอ้างอิงหรือปฏิบัติจริง

พิมพ์พันธุ์ เดชะคุปต์และคณะ (2548:73-74,80-81) กล่าวถึงขั้นตอนการทำโครงงานไว้ว่า ขั้นตอนการทำโครงงาน คือ การใช้ขั้นตอนตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ใช้เป็นแนวทางในการศึกษา คือ การสังเกต การศึกษาเรื่องราวต่าง ๆ ในแหล่งต่าง ๆ เพื่อทำให้เห็นปัญหา จากนั้นก็คาดคะเนติดตามปัญหา โดยการศึกษาหลักการทฤษฎีที่สนับสนุนเรื่องนั้น แล้วใช้ความรู้ที่ศึกษามาเป็นแนวทางในการออกแบบการทำโครงงาน หรือเขียนเป็นโครงการทำโครงงานขึ้น ต่อจากนั้นก็ดำเนินการปฏิบัติตามโครงการ ขั้นสุดท้าย คือ การนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการศึกษาตามโครงการมาเขียนรายงานโครงงานเพื่อเผยแพร่สู่ชุมชนต่อไป ขั้นตอนดังกล่าวปรากฏดังแผนภูมิที่ 4 ต่อไปนี้




แผนภูมิที่ 4 ขั้นตอนการทำโครงงาน

ขั้นตอนสำคัญที่ผู้ทำโครงงาน หรืออาจารย์ที่ปรึกษาผู้ให้คำแนะนำต่อผู้ทำโครงงานต้องทำด้วยความรู้ และความรอบคอบ คือ การออกแบบการดำเนินโครงการฯหรือการเขียนโครงการทำโครงงาน หรือแผนปฏิบัติงาน การเขียนโครงการทำโครงงานที่ชัดเจนถูกต้อง สื่อความหมายจะนำไปสู่การเขียนรายงานที่ดีมีคุณภาพคือ มีความชัดเจนถูกต้องเป็นที่เข้าใจตรงกันระหว่างผู้ทำโครงงานและผู้อ่านโครงงาน และครอบคลุมหัวข้อต่างๆ ที่สำคัญของการทำโครงงาน

เมื่อคณะนักเรียน ผู้สนใจโครงงาน ได้เขียนโครงการ เพื่อนำเสนอขอทำโครงงาน ซึ่งเป็นขั้นวางแผนการทำงานแล้ว จากนั้นจึงลงมือดำเนินการทำโครงงานตามแผนระหว่างดำเนินการ

ปฏิบัติงาน ควรมีการตรวจสอบการทำงานทุกระยะ เพื่อหาวิธีปรับปรุงแก้ไข จากนั้นจึงนำวิธีแก้ไขปรับปรุงไปดำเนินการปฏิบัติต่อเนื่องไปตามลำดับกระบวนการทำโครงงาน เพื่อค้นหาความรู้ใหม่และสิ่งประดิษฐ์ใหม่จึงเปรียบเสมือนเป็นการวิจัยและพัฒนาคุณภาพของเดมิ่งเรียกว่า วงจรเดมิ่ง (Deming Cycle) คือ วงจร P-D-C-A จะมีลักษณะเหมือนกัน ดังตารางที่ 8 ต่อไปนี้

ตารางที่ 8 ตารางแสดงการ เปรียบเทียบข้อเหมือนการทำโครงงานกับวงจร P-D-C-A

| วงจร P-D-C-A | กระบวนการทำโครงงาน |
|---|---|
| 1.วางแผน(P-Plan) ทำงาน | 1.เขียนโครงการวิทยาศาสตร์เพื่อเสนอขอทำ |
| 2.ลงมือปฏิบัติ(D-Do) งานตามแผน | 2.ลงมือปฏิบัติการศึกษาตามโครงการ |
| 3.ตรวจสอบ(C-Check) งาน | 3.ตรวจสอบการปฏิบัติการศึกษา |
| 4.ปฏิบัติการปรับปรุงแก้ไข (A-Action) | 4.ปฏิบัติเพื่อการปรับปรุงแก้ไข |

หลังจากคณะผู้ทำโครงงานเสร็จสิ้นได้ผลงาน อาจเป็นความรู้ใหม่ที่ได้ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ที่ได้ ซึ่งได้รับการตรวจสอบอย่างเป็นระบบจนเชื่อถือได้แล้ว คณะผู้ทำโครงงานควรมีการเผยแพร่ผลงาน ซึ่งทำได้ในหลายแบบ อาทิเช่น การเขียนรายงาน การนำเสนอด้วยวาจาที่ชุมชนที่สนใจ

ธีระพัฒน์ ฤทธิ์ทอง (2547:4-11) ได้เสนอกระบวนการทำโครงงานไว้ ดังนี้

การจัดทำโครงงานของนักเรียน มีกระบวนการทำโครงงาน 4 ขั้นหลัก ๆ คือ การวางแผน (Plan), การดำเนินงาน(Do),การสรุปประเมินผล(Check),การนำเสนอผล(Action)

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ และคณะ ( 2546: 231-233 ) ขั้นตอนการทำโครงงาน มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน สร้างแผนที่ความคิดและใช้เทคนิค 5WH ให้ครอบคลุมสาระของโครงงาน ได้แก่ Who(ใครทำอะไร) , Why (ทำไมต้องทำ), Where(ทำที่ไหน), When(ทำเมื่อไร), What (ทำอะไร) และ How (ทำอย่างไร)

ถ้านำประเภทของโครงงานเป็นเกณฑ์การพิจารณา จะใช้กระบวนการต่อไปนี้ได้กับโครงงานในทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้

1. ถ้าเป็นโครงงานการทดลอง การสร้างทฤษฎี/การอธิบาย จะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (การพัฒนาสมองด้านซ้าย) กล่าวคือโครงงาน การทดลองหรือการสร้างทฤษฎี/การอธิบาย มีขั้นตอนการทำ ดังนี้ 1)การระบุปัญหา/ข้อสงสัย 2)การตั้งสมมุติฐาน/การคาดคะเนคำตอบ 3)การทดลอง 4)การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ 5)การสรุปผล

2. ถ้าเป็นโครงงานการสำรวจ จะใช้ขั้นตอนเหมือนข้อ 1 เพียงแต่ไม่ต้องตั้งสมมติฐาน/การคาดคะเนคำตอบ ดังนี้ 1)การระบุปัญหา/ข้อสงสัย 2)การสำรวจ 3)การรวบรวมข้อมูล/วิเคราะห์ 4)การสรุปผล

3. ถ้าเป็นโครงงานการประดิษฐ์/สร้างชิ้นงาน จะใช้กระบวนการเทคโนโลยี (การพัฒนาสมองด้านขวา) มีขั้นตอนการทำ ดังนี้ 1)การระบุปัญหาความต้องการ 2)แสวงหาวิธีแก้ปัญหา 3)เลือกวิธีการแก้ปัญหา 4)ออกแบบและปฏิบัติ 5)ประเมิน 6)ปรับปรุง/พัฒนา

เนื่องจากนักเรียนที่เรียนตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน จะต้องเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีไปพร้อม ๆ กับกลุ่มสาระการเรียนรู้กลุ่มอื่น เช่น กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนั้นนักเรียนสามารถจะนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการเทคโนโลยีของทั้ง 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ดังกล่าวมาใช้ในการทำโครงงานของนักเรียน ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้

ในการเสนอหัวข้อการทำโครงงานของนักเรียน ถ้าผู้สอนได้รู้ความต้องการของนักเรียนจะช่วยให้รู้ว่าโครงงานของนักเรียน จะมีขั้นตอนอย่างไร และขั้นตอนดังกล่าวนี้ จะช่วยให้นักเรียนทำโครงงานได้ทุก ๆ กลุ่มสาระการเรียนรู้และทุกระดับชั้น

ขั้นตอนที่ 2 การปฏิบัติ เป็นการทำโครงงานตามขั้นตอนที่วางไว้

ขั้นตอนที่ 3 การเขียนรายงาน สำหรับนักเรียนในช่วงชั้นที่ 1 (ป.1-ป.3) และ ช่วงชั้นที่ 2 (ป.4-ป.6) การเขียนรายงานอาจจะไม่ต้องละเอียดมากนัก รายงานควรประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้ 1) ชื่อโครงงาน 2)ชื่อผู้ทำโครงงาน 3) ที่ปรึกษาโครงงาน 4) ที่มา 5)จุดมุ่งหมายการศึกษา 6) วิธีดำเนินการนำขั้นตอนของโครงงานที่ทำมาเขียน เช่น ถ้าเป็นโครงงานการประดิษฐ์ / สร้างชิ้นงาน จะใช้ขั้นตอนกระบวนการเทคโนโลยี ถ้าเป็นโครงงานการทดลอง จะใช้ขั้นตอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 7)ผลการศึกษาค้นคว้า สำหรับการสรุปและข้อเสนแนะและเอกสารอ้างอิง ถ้าเห็นว่ายังไม่จำเป็นก็อาจจะไม่มีก็ได้ เพราะจุดมุ่งหมายของการทำโครงงานที่แท้จริง คือ การพัฒนานักเรียนแบบองค์รวม(พัฒนาสมองซีกซ้ายและขวา หรือพหุปัญญา)

ขั้นตอนที่ 4 การนำเสนอ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอโครงงานและได้รับฟังข้อเสนอแนะจากผู้อื่น

พิมพ์พันธุ์ เดชะคุปต์และคณะ (2548:91-95) ได้ให้ข้อเสนอแนะการนำเสนอโครงงานด้วยวาจา ไว้ดังนี้

การนำเสนอหรือการพูดเสนอต่อที่ชุมชน หรือการนำเสนอด้วยวาจานั้นเป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ เป็นศาสตร์ที่เรียกว่าวาทศาสตร์ เป็นศิลป์ เรียกว่า วาทศิลป์ ที่จัดว่าเป็นศาสตร์ เพราะได้มีการรวบรวมวิธีการไว้อย่างมีระบบ มีหลักการสามารถฝึกฝนเล่าเรียนได้ ผู้ที่มีโอกาสฝึกการนำเสนอได้ดี ส่วนที่จัดว่าเป็นศิลป์นั้น เพราะสามารถนำหลักการที่เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ตามความเหมาะสม ความสามารถของแต่ละบุคคล โดยสอดแทรกกลเม็ด เทคนิคลงในเนื้อหาที่

นำเสนอ ผู้นำเสนอที่มีคุณภาพจะสามารถนำเสนอเป็นที่พอใจ สนใจ เข้าใจแก่ผู้ฟัง เรียกว่าเป็นผู้ใช้ศาสตร์การนำเสนออย่างมีศิลป์

เทคนิคการนำเสนอโครงงานด้วยวาจา มีสิ่งต้องคำนึงหลายประการ ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะเรื่องหลักการนำเสนอและบุคลิกภาพของผู้นำเสนอ

หลักการนำเสนอ ผู้นำเสนอควรยึดหลัก 3 P คือ 1)การวางแผน (planning) 2) การเตรียมการ(preparation) 3)การนำเสนอ (presentation)

1.การวางแผน(planning) ผู้นำเสนอจะต้อง 1)รอบรู้เรื่องที่จะนำเสนอ 2)รู้จักวิเคราะห์ผู้ฟัง 3)รู้จุดมุ่งหมายการนำเสนออย่างชัดเจน

2.การเตรียมการ(preparation) ได้แก่ 1)เลือกเนื้อหา 2)เรียงลำดับเนื้อหา 3)กำหนดเวลา 4)เสนอกิจกรรม 5)เตรียมอุปกรณ์ สื่อประกอบการนำเสนอ 6) เขียนแผนการนำเสนอ ซึ่งประกอบด้วย จุดประสงค์ การกำหนดเนื้อหา ขั้นตอนนำเสนอการดำเนินการ 7)ซ้อมการนำเสนอ

3.การนำเสนอ(presentation) ได้แก่ 1)แนะนำตัวว่า เป็นใคร มาจากที่ไหน 2)บอกความจำเป็นที่ต้องนำเสนอ 3)บอกหัวข้อที่จะนำเสนอ 4)ดำเนินการนำเสนอ 3 ขั้นตอน คือ 4.1)ขั้นต้นควรให้ตื่นเต้นเร้าความสนใจของผู้ฟัง (5-10%) 4.2)ตอนกลางควรให้กลมกลืน (80-90%) 4.3)ตอนสรุปควรให้จับใจ (5-10%)

บุคลิกภาพของผู้นำเสนอ บุคลิกภาพ หมายถึง สภาพนิสัยเฉพาะบุคคล การฝึกการนำเสนอจะเป็นการพัฒนาบุคลิกภาพไปด้วย ผู้นำเสนอควรต้องพัฒนาบุคลิกภาพของตนเอง เพื่อให้การนำเสนอเป็นไปอย่างน่าสนใจ และมีความหมาย บุคลิกภาพที่ผู้นำเสนอพึงตระหนัก คือ

1. บุคลิกภาพภายนอก คือลักษณะท่าทางที่แสดงออกมา ซึ่งผู้ฟังสามารถมองเห็นได้แก่

1.1 รูปร่างหน้าตา ผู้นำเสนอทีมีรูปร่างดี หน้าตาดี เป็นสิ่งที่ดึงดูดผู้ฟังได้ส่วนหนึ่ง แต่ถ้ารูปร่างไม่ดี ไม่หล่อ ไม่สวยแต่พูดดี นำเสนอดี รูปร่างหน้าตาก็ไม่มีความหมาย

1.2 การแต่งกาย ผู้นำเสนอจะต้องแต่งตัวสะอาด เหมาะสม เรียบร้อยเหมาะกับกาลเทศะ เหมาะกับฐานะ ภาวะ และวัยของผู้พูด

1.3 การปรากฏตัว ผู้นำเสนอต้องมีความกระตือรือร้น ยิ้มแย้มแจ่มใส สง่าผ่าเผย แสดงถึงความพร้อมและเต็มใจที่จะพูด

1.4 การใช้ท่าทางประกอบการพูด ผู้นำเสนอต้องใช้ท่าทางประกอบการพูดได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องและมีความหมาย เพื่อเน้นเรื่องที่จะพูด และสามารถโน้มน้าวผู้ฟังให้คล้อยตาม ท่าทางที่ใช้ประกอบการพูด ได้แก่ สีหน้า การยืน การเคลื่อนไหวลำตัว การเคลื่อนไหวศีรษะ การใช้มือประกอบการพูด

1.5 การสบตา ผู้นำเสนอต้องรู้จักใช้สายตา เพื่อสร้างความเป็นกันเองกับผู้ฟัง อย่าหลบตาผู้ฟัง โดยแหงนดูเพดาน ก้มดูพื้น มองออกนอกหน้าต่าง จ้องดูแผ่นใส แผ่นกระดาน หรือจ้องที่ผู้ฟังคนใดคนหนึ่ง ควรหวาดสายตาสบตาผู้ฟังทั่วทั้งห้อง

1.6 น้ำเสียง ผู้นำเสนอพึงระลึกเสมอว่า เสียงเป็นองค์ประกอบสำคัญของการพูด การใช้เสียงนั้นจึงต้องให้มีชีวิตชีวาเป็นธรรมชาติ อย่าดัดเสียง โดยสรุปคือ เสียงต้องดังชัดเจน, มีเสียงสูง เสียงต่ำ สลับกันไปไม่พูดในระดับเดียวกันตลอด,พูดเสียงดังให้ได้ยินทั่วถึง ใช้เสียงค่อยบ้างบางจังหวะ ในกรณีเรียงร้องความสนใจ,ไม่พูดช้าหรือเร็วจนเกินไป,ไม่ควรใช้คำฟุ่มเฟือย เช่น เอ้อ-อ้า นะคะ นะฮะ นะครับ บ่อย จนเกินไป

1.7 การใช้ภาษาและการใช้คำพูด ผู้นำเสนอควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ตรงประเด็น กะทัดรัด ชัดเจน เหมาะสมกับระดับของผู้ฟัง จงใช้ภาษาของผู้ฟัง อย่าใช้ภาษาของผู้พูด และควรพูด ร ล ควบกล้ำให้ชัดเจน

2. บุคลิกภาพภายในบุคลิกภาพภายในมีความสำคัญควบคู่กับบุคลิกภาพภายนอก ซึ่งได้แก่

2.1 ความเชื่อมั่นในตนเอง ผู้นำเสนอที่ได้เคยฝึกฝน มีความรอบรู้ ย่อมมีความมั่นใจไร้ความประหม่า ไม่กลัวผู้ฟัง ไม่กลัวสถานที่และไม่กลัวว่าจะพูดไม่ได้

2.2ความกระตือรือร้น ผู้นำเสนอทุ่มเทความมั่นใจในตนเอง มีความต้องการนำเสนอจะทำให้ดูมีชีวิตชีวา เพิ่มเสน่ห์การเป็นนักนำเสนอ และเป็นที่สนใจสำหรับผู้ฟัง ตรงกันข้ามกับผู้นำเสนอที่เฉื่อยชาจะทำให้ผู้ฟังเกิดความเบื่อหน่าย ไม่สนใจที่จะฟัง

2.3 มีความรอบรู้ ผู้นำเสนอต้องมีความรอบรู้ในเนื้อหาที่นำเสนอ สื่อการนำเสนอ วิธีการนำเสนอที่น่าสนใจ มีความคล่องแคล่ว มีปฏิภาณไหวพริบเป็นอย่างดี

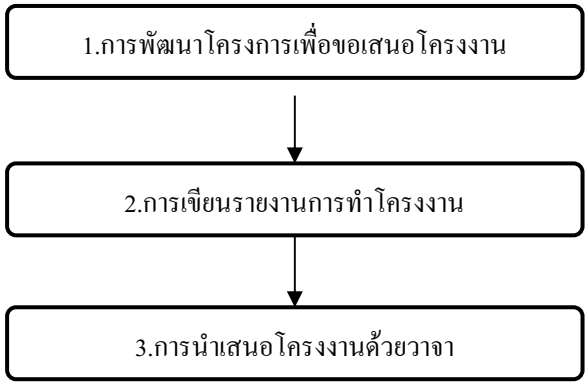
2.4 มีวิธีและเทคนิคการนำเสนอ ผู้นำเสนอที่รู้จักวิธีนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ ย่อมประสบความสำเร็จในการนำเสนอ เช่น เสนอในรูปแบบบรรยาย สาธิต สาธิตประกอบการบรรยาย ปฏิบัติกลุ่มบรรยายประกอบการซักถาม เป็นต้น

2.5 ยอดมนุษยสัมพันธ์ ผู้นำเสนอที่เป็นผู้เก่งคนคือ รู้เรา รู้เขามีมิตรไมตรีกับทุกคน รวมทั้งผู้ฟัง มนุษยสัมพันธ์เป็นสิ่งที่สามารถสร้างความประทับใจให้กับผู้ฟังได้ผู้นำเสนอควรใช้หลักการ 5 ขั้น คือ 1)ยิ้มแย้ม 2)แจ่มใส 3)ตั้งใจสนทนา 4)เจรจาไพเราะ 5)สงเคราะห์เกื้อกูล

2.6 มีความคิดริเริ่ม ผู้นำเสนอต้องเป็นผู้ที่ทันสมัย ทันเหตุการณ์ไม่หยุดกับที่ ต้องรู้จักปรับปรุงเปลี่ยนแปลงวิธีการนำเสนอ และวิธีการพูดอยู่เสมอ มีสิ่งแปลกใหม่มาประกอบการนำเสนอ

ผู้นำเสนอที่มีพรสวรรค์ในการนำเสนออยู่แล้ว ถ้ารู้จักแสวงหาเทคนิคในการนำเสนออยู่เสมอ และฝึกฝนอยู่ตลอด ก็จะสามารถเป็นนักพูดระดับประเทศได้ดังที่รู้จักกันในทุกวันนี้

การดำเนินการทำโครงงาน โดยสรุป ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้ 1)การพัฒนาโครงการเพื่อขอทำโครงงาน 2)การเขียนรายงานการทำโครงงาน 3)การนำเสนอโครงงานด้วยวาจา ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5 ต่อไปนี้




แผนภูมิที่ 5 ขั้นตอนการทำและการเผยแพร่โครงงาน

โดยสรุปแล้วผู้ทำโครงงานนอกจากจะมีความรู้ในเรื่องที่สนใจแล้ว ยังต้องรู้และปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะการปฏิบัติการใช้อุปกรณ์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ตลอดจนมีความอดทน พากเพียร กระตือรือร้น อยากรู้อยากเห็น ซึ่งเป็นลักษณะของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ คุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นจะช่วยนางให้ผู้ทำโครงงาน ดำเนินการตั้งแต่การเขียนโครงการเพื่อเสนอขอทำโครงงาน จนสามารถเขียนรายงานโครงงาน ที่จะนำไปเผยแพร่ต่อชุมชนได้อย่างสมความภาคภูมิด้วยเทคนิคการนำเสนอโครงงานด้วยวาจา

แคทซ์ และชาร์ด Katz and Chard 1989 :105) ได้เสนอขั้นตอนการทำโครงงานเป็น 3 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 Getting Started เป็นการอภิปรายเพื่อเลือกหัวข้อเรื่องที่จะศึกษา โดยหัวข้อนั้นอาจมากจากการเขียนแผนที่ความคิด, การระดมสมองของผู้เรียน โดยควรเป็นเรื่องเกี่ยวกับชีวิตประจำวันที่ใกล้ตัวผู้เรียน การกำหนดเป้าหมายการศึกษาอาจกำหนดโดยผู้เรียนหรือผู้สอน

ระยะที่ 2 Field Work เป็นการลงมือปฏิบัติ ค้นหาข้อมูล นับเป็นหัวใจสำคัญของการทำโครงงาน

ระยะที่ 3 Culminating and Debriefing Events เป็นการนำเสนอผลงานที่ศึกษาค้นคว้า

**ส่วนประกอบของโครงงาน**

พิมพ์พันธุ์ เดชะคุปต์และคณะ (2548:75-79) โครงการทำโครงงาน หรือโครงการเพื่อขอเสนอทำโครงงาน ประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1.ชื่อโครงการที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

ชื่อโครงการทำโครงงานเรื่อง “.....” นั้นเป็นสิ่งสำคัญประการแรก เพราะชื่อโครงการจะช่วยโยงความคิดไปถึงวัตถุประสงค์ของการทำโครงงานฯ และควรกำหนดชื่อโครงการให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์หลักด้วย

การตั้งชื่อโครงการของนักเรียนในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา นิยมตั้งชื่อให้มีความกะทัดรัดและดึงดูดความสนใจจากผู้อ่าน ผู้ฟัง แต่สิ่งที่ควรคำนึงถึง คือ ผู้ทำโครงงานฯ ต้องเข้าใจปัญหาที่สนใจศึกษาอย่างแท้จริง อันจะนำไปสู่การเข้าใจวัตถุประสงค์ของการศึกษาอย่างแท้จริงด้วย เช่น โครงงาน ชื่อ “ถุงพลาสติกพิชิตแมลงวันตัวน้อย” ซึ่งปัญหาเรื่องที่ศึกษาคือ ถุงน้ำพลาสติกสามารถไล่แมลงวันที่มาตอมอาหารได้จริงหรือ จากเรื่องดังกล่าวผู้ทำโครงงานฯ บางคนหรือบางคณะอาจสนใจตั้งชื่อโครงงานฯว่า “การศึกษาการไล่แมลงวันด้วยถุงน้ำพลาสติก” หรือ “ผลการใช้ถุงน้ำพลาสติกต่อการไล่แมลงวัน” ก็เป็นได้

อย่างไรก็ตามจะตั้งชื่อโครงการแบบใด ๆ นั้น ต้องคำนึงถึงความสะดวกที่จะสื่อความหมายถึงวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษาได้ชัดเจน

2.ผู้ทำโครงงานหรือคณะผู้ทำโครงงาน

การเขียนชื่อผู้รับผิดชอบโครงงานฯ เป็นสิ่งดี เพื่อจะได้ทราบว่าโครงงานนั้นอยู่ในความรับผิดชอบของใครและสามารถติดตามได้ที่ใด

3.ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

การเขียนชื่อผู้ให้คำปรึกษาควรให้เกียรติยกย่องและเผยแพร่ รวมทั้งขอบคุณที่ได้แนะนำการทำโครงงานจนบรรลุเป้าหมาย

4.ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในการเขียนที่มาและสำคัญของโครงงาน ผู้ทำโครงงานจำเป็นต้องศึกษาหลักการทฤษฎีเกี่ยวกับเรื่องที่สนใจศึกษา หรือพูดเข้าใจง่ายๆ ว่าเรื่องที่สนใจจะศึกษานั้นต้องมีทฤษฎีแนวคิดสนับสนุน เพราะความรู้เหล่านี้จะเป็นแนวทางสำคัญในเรื่องนี้ ได้แก่ เป็นแนวทางตั้งสมมติฐานของเรื่องที่ศึกษา, เป็นแนวทางในการออกแบบการทดลองหรือการรวบรวมข้อมูล ,ใช้ประกอบการอภิปรายผลการศึกษา ตลอดจนเสนอแนะเพื่อนำความรู้และสิ่งประดิษฐ์ใหม่ที่ค้นพบไปใช้ประโยชน์ต่อไป

การเขียนที่มาและความสำคัญของโครงงาน คือ การอธิบายให้กระจ่างชัดว่าทำไมต้องทำ ทำแล้วได้อะไร หากไม่ทำจะเกิดผลเสียอย่างไร ซึ่งมีหลักการเขียนคล้ายการเขียนเรียงความทั่วๆ ไป คือ มีคำนำ เนื้อเรื่อง และสรุป

ส่วนที่ 1 คำนำ เป็นการบรรยายถึงนโยบาย เกณฑ์ สภาพทั่ว ๆ ไป หรือปัญหาที่มีส่วนสนับสนุนริเริ่มทำโครงงานฯ

ส่วนที่ 2 เนื้อเรื่อง อธิบายถึงรายละเอียดเชื่อมโยงให้เห็นประโยชน์ของการทำโครงงาน โดยมีหลักการ ทฤษฎีสนับสนุนเรื่องที่ศึกษา หรือการบรรยายผลกระทบถ้าไม่ทำโครงงานฯ เรื่องนี้

ส่วนที่ 3 สรุป สรุปถึงความจำเป็นที่ต้องดำเนินการตามส่วนที่ 2 เพื่อแก้ไขปัญหา ค้นข้อความรู้ใหม่ ค้นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ให้เป็นไปตามเหตุผลส่วนที่ 1

5. วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน

วัตถุประสงค์ คือ กำหนดจุดมุ่งหมายปลายทางที่ต้องการให้เกิดจากการทำโครงงาน ฯ ในการเขียนวัตถุประสงค์ ต้องเขียนให้ชัดเจน อ่านเข้าใจง่ายสอดคล้องกับชื่อโครงงาน หากมีวัตถุประสงค์หลายประเด็น ให้ระบุเป็นข้อ ๆ การเขียนวัตถุประสงค์มีความสำคัญต่อแนวทางการศึกษา ตลอดจนข้อความรู้ที่ค้นพบหรือสิ่งประดิษฐ์ที่ค้นพบนั้นจะมีความสมบูรณ์ครบถ้วน คือ ต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ทุก ๆ ข้อ

6. สมมติฐานของการศึกษา

สมมติฐานของการศึกษา เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้ทำโครงงานต้องให้ความสำคัญ เพราะจะทำให้เป็นการกำหนดแนวทางในการออกแบบการทดลองได้ชัดเจนและรอบคอบ ซึ่งสมมติฐานก็คือ การคาดคะเนคำตอบของปัญหาอย่างมีหลักและเหตุผล ตามหลักการทฤษฎี รวมทั้งผลของการศึกษาของโครงงานที่ได้ทำมาแล้ว

7. ขอบเขตของการทำโครงงาน

ผู้ทำโครงงานฯ ต้องให้ความสำคัญต่อการกำหนดขอบเขตของการทำโครงงานเพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่น่าเชื่อถือ ซึ่งได้แก่ การกำหนดประชากร กลุ่มตัวอย่าง ตลอดจนตัวแปรที่ศึกษา

การกำหนดประชากร และกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา คือ การกำหนดประชากรที่ศึกษาอาจเป็นคนหรือสัตว์หรือพืช ชื่อใด กลุ่มใด ประเภทใด อยู่ที่ใด เมื่อเวลาใด รวมทั้งกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเหมาะสมเป็นตัวแทนของประชากรที่สนใจศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษา การศึกษาโครงงาน ส่วนมากมักเป็นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล หรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป การบอกชนิดของตัวแปรอย่างถูกต้องและชัดเจน รวมทั้งการควบคุมตัวแปรที่ไม่น่าสนใจศึกษาเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้ที่ทำโครงงานต้องเข้าใจ ตัวแปรใดที่ศึกษาเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม และตัวแปรใดบ้างเป็นตัวแปรที่ต้องควบคุมเพื่อเป็นแนวทางการออกแบบการทดลอง ตลอดจนมีผลต่อการเขียนรายงานการทำโครงงานที่ถูกต้อง สื่อความหมายให้ผู้ฟังและผู้อ่านให้เข้าใจตรงกัน

8.วิธีดำเนินการ

วิธีการดำเนินการ หมายถึง วิธีการที่จะช่วยให้งานบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน ตั้งแต่เริ่มต้นนำเสนอโครงการ จนกระทั่งสิ้นสุดโครงการ ซึ่งประกอบด้วย 1) การ

กำหนดประชากร กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา 2) การสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล 3)การเก็บรวบรวมข้อมูล 4) การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการเขียนวิธีดำเนินการให้ระบุกิจกรรมที่ต้องทำให้ชัดเจนว่าจะทำอะไรบ้าง เรียงลำดับกิจกรรมก่อนและหลังให้ชัดเจน เพื่อสามารถนำโครงการไปปฏิบัติอย่างต่อเนื่องและถูกต้อง

9.ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่คาดว่าจะได้รับ คือ การคาดหวังถึงผลากรดำเนินการตามโครงการ ในการเขียนด้วยคาดคะเนเหตุการณ์ว่าเมื่อได้ทำโครงงานสิ้นสุดลง ใครเป็นผู้ได้รับประโยชน์อย่างไรและได้รับมากน้อยเพียงใด ผลที่ได้รับสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ศึกษา

10.แผนการกำหนดเวลาปฏิบัติงาน

การทำโครงงาน ต้องกำหนดตารางเวลาดำเนินการทุกขั้นตอน เพราะการทำตารางเวลาจะเป็นประโยชน์ให้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เป็นประโยชน์ต่อการติดตามประเมินผลการดำเนินงานแต่ละขั้นตอน จนสิ้นสุดการทำโครงงานนั้น

11.เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงคือ รายการเอกสารที่นำมาอ้างอิงเพื่อประกอบการทำโครงงานตลอดจนการเขียนรายงานการทำโครงงานและควรเขียนตามหลักการที่นิยมกัน

พิมพ์พันธุ์ เดชะคุปต์และคณะ (2548:79-81) การเขียนโครงการเพื่อขอทำโครงงานเรื่องต่าง ๆ ดังรายละเอียดข้างต้นจะเป็นแนวทางสู่การเขียนรายงานการทำโครงงาน ซึ่งการเขียนรายงานประกอบด้วยหัวข้อเหมือนกับหัวข้อโครงการ แต่มีการเพิ่มรายละเอียดเกี่ยวกับผลของการศึกษาโครงงานหัวข้อในการรายงานโครงงาน มีดังต่อไปนี้ 1) ชื่อโครงงาน 2) ชื่อผู้ทำโครงงาน 3) ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 4) บทคัดย่อ 5)ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 6) วัตถุประสงค์ของการศึกษาโครงงาน 7) สมมติฐานของการศึกษาโครงงาน 8) ขอบเขตของการศึกษาโครงงาน 9) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 10) วิธีดำเนินการ 11)ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 12)สรุปผลการศึกษาอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ ( 2546 : 233) กล่าวว่า การเขียนรายงาน สำหรับนักเรียนในช่วงชั้นที่ 1 (ป.1-ป.3) ช่วงชั้นที่ 2 (ป.4-ป.6) การเขียนรายงานอาจจะไม่ต้องละเอียดมากนัก รายงานควรประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้ 1)ชื่อโครงงาน 2)ชื่อผู้ทำโครงงาน 3) ที่ปรึกษาโครงงาน 4) ที่มา 5) จุดมุ่งหมายการศึกษา 6) วิธีดำเนินการนำขั้นตอนของโครงงานที่ทำมาเขียน เช่น ถ้าเป็นโครงงานการประดิษฐ์ / สร้างชิ้นงาน จะใช้ขั้นตอนกระบวนการเทคโนโลยี ถ้าเป็นโครงงานการทดลอง จะใช้ขั้นตอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 7) ผลการศึกษาค้นคว้า

สำหรับการสรุปและข้อเสนอแนะและเอกสารอ้างอิง ถ้าเห็นว่ายังไม่จำเป็นก็อาจจะไม่มีก็ได้ เพราะจุดมุ่งหมายของการทำโครงงานที่แท้จริง คือ การพัฒนานักเรียนแบบองค์รวม(พัฒนาสมองซีกซ้ายและขวา หรือพหุปัญญา)

สรุปได้ว่า การเขียนรายงานการทำโครงงาน ประกอบด้วยส่วนประกอบหลายส่วน แต่เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษา จึงกำหนดหัวข้อในการเขียนรายงานดังนี้ 1)ชื่อโครงงาน 2)ชื่อผู้ทำโครงงาน 3)ที่ปรึกษาโครงงาน 4)บทคัดย่อ 5)ที่มาและความสำคัญ 6)จุดมุ่งหมาย/วัตถุประสงค์การศึกษา 7)วิธีดำเนินการนำขั้นตอนของโครงงานที่ทำมาเขียน 8) ผลการศึกษาค้นคว้า 9) สรุปและข้อเสนอแนะ 10)เอกสารอ้างอิง

**การประเมินผลโครงงาน**

การประเมินโครงงาน มีกรอบแนวทางประเมิน ดังนี้

1.ประเมินอะไร 1)การแสดงออกถึงผลของความรู้ ความคิดความสามารถ ทักษะ คุณธรรมจริยธรรมและค่านิยม 2) กระบวนการเรียนรู้ 3) กระบวนการทำงาน 4) ผลผลิต/ผลงาน/ชิ้นงาน

2.ประเมินเมื่อใด 1) อย่างต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นโครงงาน 2 )ตามสภาพจริง 3)เป็นธรรมชาติ

3.ประเมินจากอะไร 1)ผลงาน (เอกสาร ชิ้นงาน ฯลฯ ) 2) การทดสอบ 3) แบบบันทึกต่าง ๆ (การสังเกต ความรู้สึก สัมภาษณ์ ฯลฯ ) 4) แฟ้มสะสมผลงาน 5) หลักฐานหรือร่องรอยอื่น

4.ประเมินโดยใคร 1) ตัวผู้เรียน 2) เพื่อน 3) ครู 4) ผู้ปกครอง 5) ผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ

5.ประเมินโดยวิธีใด 1)สังเกต 2) สัมภาษณ์ 3) ตรวจรายงาน 4) ตรวจผลงาน 5) ทดสอบ 6) รายงาน 7) นิทรรศการ

จากกรอบแนวทางการประเมินโครงงานที่กล่าวมาแล้ว ในการประเมินผลการปฏิบัติโครงงานของผู้เรียน ไม่ว่าจะเป็นโครงงานที่เป็นการบูรณาการภายในกลุ่มวิชา หรือบูรณาการข้ามกลุ่มวิชา สามารถนำมาใช้เป็นการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียนและประเมินผลเพื่อตัดสินการเรียนได้

กรมวิชาการ, ศูนย์พัฒนาหลักสูตร (2544 : 8-13)ได้เสนอการประเมินผลโครงงานไว้ดังนี้

การประเมินผลเป็นหัวใจของการเรียนการสอน ที่สะท้อนสภาพความสำเร็จของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันประเมินผลว่ากิจกรรมที่ทำไปนั้นบรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ อย่างไร ปัญหาและอุปสรรคที่พบคืออะไรบ้าง ได้ใช้วิธีการแก้ไขอย่างไร ผู้เรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างจากการที่ทำโครงงานนี้

**ผู้ประเมินโครงงาน** อาจดำเนินการด้วยบุคคล ต่อไปนี้

ผู้เรียนประเมินตนเอง จะแสดงออกให้เห็นว่า ผู้เรียนเจ้าของโครงงาน ซึ่งอาจเป็นรายบุคคล หรือกลุ่มทำงาน มีความพึงพอใจต่อขั้นตอนกิจกรรมแต่ละขั้นที่ได้กำหนด หรือร่วมกัน

กำหนดขึ้นเองเพียงใด มีหัวข้อกิจกรรมใดที่ยังขาดตกบกพร่อง จะต้องเพิ่มเติมในส่วนใดบ้าง ความละเอียด รัดกุม ในแต่ละขั้นเป็นอย่างไร

ผู้ประเมินซึ่งเป็นเพื่อนร่วมชั้น อาจให้ข้อคิดเห็นสะท้อนภาพเพิ่มเติม เช่น ในระดับชั้นประถมศึกษา เพื่อนอาจให้ความเห็นไปในด้านภาษา ระดับชั้นมัธยมศึกษา การประเมินโครงงานอาจเริ่มขยายขอบเขตจากด้านการใช้ภาษา ออกไปถึงการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตั้งชื่อโครงงานกับจุดประสงค์ของโครงงาน และตามความเข้าใจของผู้ประเมิน เสนอแนะวิธีการศึกษาของผู้ประเมิน เพื่อการพิจารณาการจัดรูปเล่มเพื่อการนำเสนอโครงงาน ฯลฯ

ผู้ประเมินซึ่งเป็นผู้สอน หรือครูที่ปรึกษา อาจให้คำแนะนำเพิ่มเติมได้ในเรื่องวิธีการอื่นที่ใช้ในการศึกษาหาคำตอบ ความสัมพันธ์ของวิชาตามหัวเรื่องที่ศึกษากับวิชาอื่น ข้อค้นพบที่ผู้เรียนได้จากโครงงานการนำคำตอบของการศึกษาที่ได้ไปใช้ประโยชน์หรือขยายผลการศึกษาเป็นโครงงานใหม่ ๆ ฯลฯ

ผู้ประเมินที่เป็นพ่อ แม่ ผู้ปกครอง จะได้รับทราบถึงความสามารถ ความถนัดทางการเรียนของเด็กในความปกครอง ความรู้สึก ความต้องการของเด็กผู้ทำโครงงาน ทำให้สามารถปรับตัวปรับใจเพื่อการสนับสนุนทั้งด้านการเงิน กำลังใจ ให้โอกาส ให้เวลาร่วมกิจกรรมตามความสนใจของเด็ก ชี้แนะอุปสรรค ปัญหาเบื้องต้นที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมขั้นต่าง ๆ ของโครงงาน ข้อเสนอแนะสำหรับการทำโครงงานครั้งต่อไป ฯลฯ

**แนวทางการประเมินผล** การประเมินผลโครงงานควรใช้การประเมินผลตามสภาพที่แท้จริง (Authentic Assessment) ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1. ทำไปพร้อม ๆ กับการเรียนรู้ของผู้เรียน
2. ยึดพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงออกเป็นสำคัญ
3. เน้นการพัฒนาตนและการประเมินตนเอง
4. ให้ความสำคัญในการพัฒนาจุดเด่นของผู้เรียน
5. มีการเก็บข้อมูลระหว่างปฏิบัติได้ทุกบริบท (Contest) ทั้งที่บ้าน โรงเรียน และชุมชน
6. อยู่บนพื้นฐานของเหตุการณ์ในชีวิตจริง เอื้อต่อการเชื่อมโยงการเรียนรู้สู่ชีวิตจริง
7. เน้นคุณภาพของผลงาน ซึ่งเป็นผลจากการบูรณาการความรู้สู่ความสามารถของผู้เรียน
8. เน้นการวัดความสามารถในการคิดระดับสูง เช่น ใช้ข้อมูลในการสังเคราะห์ อธิบาย สรุปเป็นกฎทั่วไป ตั้งสมมติฐาน สรุปและแปลผล เป็นต้น
9. วัดปฏิสัมพันธ์เชิงบวก มีการชื่นชม ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสุข สนุกสนาน ไม่เครียด
10. สนับสนุนการมีส่วนร่วม และรับผิดชอบร่วมกัน

**วิธีการประเมินผล**

1.การสังเกต เป็นวิธีประเมินพฤติกรรมที่สามารถทำได้ทุกเวลาและสถานการณ์ ทั้งแบบมีและไม่มีเครื่องมือในการสังเกต

2.การสัมภาษณ์ การสอบถาม อาจมีลักษณะเป็นทางการ หรือสัมภาษณ์ สอบถามขณะปฏิบัติโครงงานก็ได้

3.วัดความรู้ ความสามารถ (Authentic Test) ควรเป็นแบบสอบถามแบบปลายเปิด เพื่อดูความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ความเข้าใจเดิม กับสิ่งที่ได้เพิ่มเติมจากประสบการณ์ในการปฏิบัติโครงงาน

4.การรายงาน จะเป็นการเขียนรายงานหรือเล่าขั้นตอน หรือประสบการณ์ในการทำโครงงานก็ได้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองจากการที่ได้พูด หรือเขียนบรรยายสะท้อนความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึกนึกคิดตามแนวทางการเรียนรู้ที่ผ่านประสบการณ์ขณะปฏิบัติกิจกรรมตามโครงงาน

5.แฟ้มผลงาน (Portfolio) เป็นการเก็บรวบรวมผลงานที่มีความโดดเด่น ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ที่เลือกรวบรวมไว้อย่างเป็นระบบ เพื่อแสดงถึงความรู้ ความเข้าใจ ความสนใจ ความถนัด ทักษะ ความสามารถ อันแสดงออกถึงพัฒนาการความก้าวหน้า ความสำเร็จในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือในหลาย ๆ เรื่อง หรือจะเป็นการเก็บผลการประเมินการปฏิบัติโครงงานในวิธีที่ 1-4 ด้วยก็ได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นการติดตามพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างต่อเนื่อง

สรุปได้ว่า การประเมินผลโครงงานสามารถประเมินโดยผู้เรียนเอง, เพื่อน, ผู้สอน, ผู้ปกครอง และผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ โดยการประเมินนั้นสามารถทำได้โดยการสังเกต สัมภาษณ์ การทดสอบ และการรายงานโครงงาน

**ประโยชน์ของโครงงาน**

นันทิยา คุมพล (2545: 9) ได้กล่าวถึง ประโยชน์ของโครงงาน ไว้ดังนี้

1.ตอบสนองความต้องการของผู้เรียน

2.เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างหลากหลาย

3.เป็นการแสวงหาความจริงจากระเบียบวิธีที่ใช้หลักเหตุผล

กรมวิชาการ, ศูนย์พัฒนาหลักสูตร (2544 :15) ได้กล่าวถึง ประโยชน์ของโครงงาน ไว้ดังนี้

1.กิจกรรมโครงงานเหมาะกับการศึกษาในยุคข้อมูลข่าวสาร

2.เป็นกิจกรรมที่ตอบสนองความต้องการของผู้เรียนได้เต็มที่

3.เกิดความรู้จริง ซึ่งได้จากการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยการทดลอง ปฏิบัติค้นคว้า

4.สามารถใช้ความรู้ได้หลายด้าน (หลายมิติ)

5.เกิดปัญญาเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน

6.ฝึกให้ผู้เรียนเป็นคนคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น

7.ผู้เรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และเกิดความภูมิใจที่ทำงานสำเร็จ

8.ผู้เรียนเกิดความสนุกสนานจากการเรียนรู้

9.ช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนเป็นนักค้นคว้า (นักวิทยาศาสตร์)

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2546:91-92) ได้เสนอ ข้อดีและข้อจำกัด ของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ไว้ดังนี้

ข้อดี

1. ผู้เรียนมีโอกาสได้เลือกประเด็นที่จะศึกษา วิธีการศึกษาและแหล่งความรู้ด้วยตนเอง

2. ผู้เรียนเป็นผู้ศึกษาหรือลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทุกขั้นตอน

3. การศึกษาค้นคว้านั้นมีการเชื่อมโยงหรือบูรณาการระหว่างความรู้ / ทักษะ / ประสบการณ์เดิมกับสิ่งใหม่

4. ผู้เรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น

5. ผู้เรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาในการทำงาน

ข้อจำกัด

1. ใช้เวลาในการเรียนรู้มาก เสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง

2. ผู้สอนอาจให้คำปรึกษาและดูแลไม่ทั่วถึง

3. ถ้าผู้เรียนวางแผนการทำงานไม่ดีอาจทำให้ไม่ประสบความสำเร็จ

4. ถ้าผู้สอนขาดความเอาใจใส่หรือขาดความอดทน อาจทำให้ไม่ประสบความสำเร็จ

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยโครงงาน มีประโยชน์ในการตอบสนองความต้องการของผู้เรียน ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างหลากหลาย ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ผู้เรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล ตลอดจนได้พัฒนาตนเองในการเรียนรู้ร่วมกับผู้อื่น

**โครงงานคณิตศาสตร์**

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (ม.ป.ป. : 6 ) ได้ให้ความหมายของโครงงานคณิตศาสตร์ ดังนี้ โครงงาน หมายถึง กิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้นักรเยนได้ศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีตามความถนัดและความสนใจ ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ภายใต้คำแนะนำปรึกษาช่วยเหลือ และดูแลจากอาจารย์ที่ปรึกษาหรือผู้ทรงคุณวุฒิ อาจจัดในเวลาเรียนหรือนอกเวลาเรียนก็ได้ รวมทั้งสามารถดำเนินกิจกรรมได้ทั้งในและนอกบริเวณโรงเรียน ซึ่งอาจทำเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มก็ได้แล้วจัดเขียนเป็นรายงาน และแสดงผลงานที่เผยแพร่สำหรับเป็นแนวทางศึกษาต่อ

สุวร กาญจนมยูร (2544:5) ได้ให้ความหมายของโครงงานคณิตศาสตร์ ดังนี้ โครงงานคณิตศาสตร์ เป็นงานที่เกิดจากการศึกษา ค้นคว้า วิจัย เกี่ยวกับองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ หรือ

เป็นงานที่เกิดจากการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ของสาขาวิชาการอื่น หรือใช้เป็นเทคนิคในการแก้ปัญหานักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มได้ศึกษา ค้นคว้า วิจัย หาความรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ตามความรู้ความสามารถและความสนใจในปัญหาหรือข้อสงสัยที่ตนอยากรู้ อยากเข้าใจ ได้คำตอบที่ถูกต้องและชัดเจนภายใต้การแนะนำดูแลของครูหรือผู้เชี่ยวชาญที่เป็นที่ปรึกษาที่คอยช่วยเหลือตรวจสอบความถูกต้องขององค์ความรู้ที่นักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มค้นพบ

สมวงษ์ แปลงประสพโชคและคณะ (2546:1) ได้ให้ความหมายของโครงงานคณิตศาสตร์ ดังนี้ โครงงานคณิตศาสตร์ หมายถึง ผลการทำงานหรือแก้ปัญหา เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง ด้วยกระบวนการปฏิบัติที่เป็นขั้นตอน ที่มีการวางแผนไว้ล่วงหน้า มีการอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการทำงาน หรือแก้ปัญหานั้น

ยุพิน พิพิธกุล (2548:5) ได้ให้ความหมายของโครงงานคณิตศาสตร์ ดังนี้ โครงงานคณิตศาสตร์ เป็นกิจกรรมหนึ่งที่เสริมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยนักเรียนสามารถพัฒนาความคิดอย่างอิสระในเรื่องที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ อาจเป็นโครงงานที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์โดยตรง หรือประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ

จากความหมายของโครงงานคณิตศาสตร์ข้างต้นนี้ พอสรุปได้ว่า โครงงานคณิตศาสตร์ หมายถึง การทำกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษา ค้นคว้า เรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ หรือใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการทำงานหรือแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการที่เป็นระบบ มีขั้นตอน ภายใต้คำแนะนำปรึกษาของผู้สอน

**ลักษณะของโครงงานคณิตศาสตร์**

สุวร กาญจนมยูร( 2544:3) ลักษณะของโครงงานคณิตศาสตร์

1.เป็นเรื่องที่สอดคล้องหรือตรงตามเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์

2.เป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจ หรือมีข้อสงสัยและต้องการหาคำตอบ โดยการศึกษาค้นคว้าวิจัยอย่างลุ่มลึก ทำให้รู้จริง รู้แจ้งด้วยวิธีการและแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้

3.เป็นการเรียนรู้ที่มีระบบ มีกระบวนการที่ถูกต้องและสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ทุกขั้นตอน

4.เป็นเรื่องใหม่ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และใช้อ้างอิงได้

5.เป็นเรื่องที่สอดคล้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์และมีประโยชน์ในชีวิตจริง

6.การให้นักเรียนทำโครงงานไม่ใช่เป็นการเพิ่มเนื้อหาให้นักเรียนแต่จะเป็นการฝึกให้นักเรียนตั้งข้อสงสัย สร้างสมมุติฐานหรือตั้งจุดประสงค์ ลงมือปฏิบัติ หรือทดลองและสืบสวนแล้ว

รวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาข้อสรุปการทำโครงงานจึงเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method)

7.การทำโครงงานช่วยให้นักเรียนพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ จุดเด่นของการทำโครงงานก็คือ ต้องมีการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้น

**ข้อควรสังเกต**

ปัญหาในการทำโครงงานก็คือ เมื่อจะทำโครงงานใดโครงงานหนึ่งควรให้สมาชิกในกลุ่มได้รวบรวมข้อมูลในเรื่องเดียวกัน แล้วนำผลมาวิเคราะห์ เลือกดูว่าอันใดเหมาะสมหรือดีที่สุดถูกต้องที่สุดแล้วนำผลนั้นมาเป็นข้อสรุปโดยเอกฉันท์ ไม่ใช่สมาชิกในกลุ่มโครงงานอันหนึ่งก็ร่วมกันทำในสิ่งเดียวกันตั้งแต่ต้นจนจบ ได้งานชิ้นเดียว วิธีการนี้จะไม่เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพราะไม่ได้รวบรวมข้อมูลจากสมาชิกมาวิเคราะห์ นอกเสียจากว่าสมาชิกในกลุ่มทดลองหลายๆ วิธีแล้วนำมาวิเคราะห์ตัดสินเลือกวิธีที่ดีที่สุด ก็จะเป็นโครงงานได้เพราะผ่านขั้นรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

การทำโครงงานอาจจะเป็นงานเดี่ยวหรืองานกลุ่มก็ได้ ถ้าเป็นงานเดี่ยวก็จะต้องวางแผนรวบรวมข้อมูลหลายๆ ครั้ง แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ ถ้าเป็นงานกลุ่มก็จะต้องมาวางแผนร่วมกันสมาชิกในกลุ่มจะต้องรู้วิธีการทำงานโดยใช้กระบวนการกลุ่มซึ่งจะต้องมีการตั้งจุดประสงค์ร่วมกัน วางแผนร่วมกัน ดำเนินงานและรับผิดชอบร่วมกันตลอดจนประเมินผลร่วมกัน

**หลักการของโครงงานคณิตศาสตร์**

หลักการที่สำคัญของกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ ควรมีลักษณะดังนี้ (ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล ม.ป.ป. : 6)

1.เป็นเรื่องเกี่ยวกับคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีหรือความจริงและการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งหมายถึง โครงงานคณิตศาสตร์ที่ทำขึ้นต้องยึดหลักความจริงที่เป็นอยู่ตามธรรมชาติ

2.เป็นการเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเองเพื่อเป็นการฝึกให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาเป็นโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

3. คำนึงถึงเสรีภาพและเศรษฐกิจ หมายถึง การให้เสรีภาพแก่ผู้ทำโครงงานในเรื่องที่จะทำโดยคำนึงถึงวัสดุอุปกรณ์และเงินทุนที่มีอยู่เป็นองค์ประกอบ

**จุดมุ่งหมายของโครงงานคณิตศาสตร์**

เพื่อให้การทำโครงงานคณิตศาสตร์บรรลุผลตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียน (ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล ม.ป.ป. : 6) กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของโครงงานคณิตศาสตร์ พอสรุปได้ดังนี้

1.เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรักความสนใจและมีเจตนคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

2.เพื่อพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา

3.เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและออกแบบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ได้โดยตระหนักถึงคุณค่าและวิชาคณิตศาสตร์

4.เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

5.เพื่อให้นักเรียนรู้จักใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์

6.เพื่อส่งเสริมนักเรียนได้แสดงออกพร้อมทั้งได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานของตนเอง

7.เพื่อพัฒนาความรับผิดชอบและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

8.เพื่อส่งเสริมการศึกษาค้นคว้าหรือวิจัยทาวคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสนใจและมีความสามารถทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์

**ประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์**

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (ม.ป.ป. : 7) กล่าวไว้ว่า ในการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุตามจุดมุ่งหมายของโครงงานคณิตศาสตร์ โดยสอดคล้องกับศักยภาพและความสนใจของนักเรียนแต่ละคนนั้นจึงได้มีการกำหนดประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์ให้นักเรียนได้เลือก โครงงานคณิตศาสตร์อาจทำได้หลายรูปแบบเมื่อพิจารณาตามลักษณะของกิจกรรม สามารถจำแนกโครงงานคณิตศาสตร์ออกเป็น 4 ประเภท คือ

1.โครงงานคณิตศาสตร์ประเภททดลอง

2.โครงงานคณิตศาสตร์ประเภทสำรวจรวบรวมข้อมูล

3.โครงงานคณิตศาสตร์ประเภทการพัฒนาหรือการประดิษฐ์

4.โครงงานคณิตศาสตร์ประเภทสร้างทฤษฎีหรือคำอธิบาย

สุวร กาญจนมยูร( 2544:3-17) ได้แบ่งโครงงานคณิตศาสตร์แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.โครงงานที่ทำให้เกิดองค์ความรู้ตามเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เป็นงานที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์สิ่งที่ศึกษาค้นคว้าแล้วค้นพบอาจเป็นข้อเท็จจริง (Facts) ความคิดรวบยอด (Concepts) สมบัติต่าง ๆ (Properties) หลักการ (Principles) กฎ (Laws) วิธีการพิสูจน์ (Methods of Proof) เทคนิคคิดเลขเร็ว กลวิธีคิด (Strategies) หรือทฤษฎี (Theories) ก็ได้ โดยหัวข้อเรื่องที่นักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มเลือกทำเป็นโครงงานคณิตศาสตร์นั้นได้มาจาก

1.1 เรื่องที่นักเรียนสนใจ หรือเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับปัญหาหรือข้อสงสัยซึ่งนักเรียนอยากรู้อยากเข้าใจและต้องการหาคำตอบที่ถูกต้อง บางครั้งหัวข้อเรื่องที่นักเรียนทำเป็นโครงงานคณิตศาสตร์เป็นเรื่องที่แปลกใหม่ของกลวิธีคิด มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

1.2 กิจกรรมการเรียนรู้ที่สาขาวิชาคณิตศาสตร์จัดเตรียมไว้ให้นักเรียนแต่สะคนหรือแต่ละกลุ่มต้องการศึกษาค้นคว้า ให้ลึกมากกว่าที่เรียนอยู่

2.โครงงานที่นำความรู้หลักการทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ของสาขาวิชาการอื่น หรือใช้เป็นเทคนิคในการแก้ปัญหา เป้าหมายหลักของการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ก็เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้และมีความสามารถทางคณิตศาสตร์หรือมีศักยภาพทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Power) ซึ่งหมายถึงความมีพลังหรือมีความสามารถในการใช้คณิตศาสตร์ในกิจกรรมต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ

สมาคมครูคณิตศาสตร์ในสหรัฐอเมริกา (The National Council of Teachers of Mathematics หรือ NCTM) ได้ให้ความหมายของ “ศักยภาพทางคณิตศาสตร์”ว่า หมายถึงความสามารถของบุคคลในการสืบค้น (Explore) สร้างข้อคาดเดา (Conjecture) บนพื้นฐานของข้อมูลให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล (Reason logically) และการเลือกใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ (Non-routine problem) การสื่อสารเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ระหว่างคณิตศาสตร์กับความรู้ด้านอื่น ๆ นอกจากนี้ศักยภาพทางคณิตศาสตร์ยังรวมถึง ความมั่นใจในการค้นหาการประเมินและการเลือกใช้ข้อมูลในการแก้ปัญหาและตัดสินใจ

ยุพิน พิพิธกุล (2548:9) ได้แบ่งประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

การทำโครงงานคณิตศาสตร์นั้นจุดมุ่งหมายของผู้จัดทำก็ต้องการที่จะใช้สาระคณิตศาสตร์โดยตรง แต่เป็นเรื่องที่ทำได้ยาก สาระที่จะนำมาทำโครงงานคณิตศาสตร์จึงแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

1.โครงงานเชิงประวัติศาสตร์ เป็นโครงงานที่ศึกษาเนื้อหาสาระเชิงประวัติศาสตร์เกี่ยวกับคณิตศาสตร์

2.โครงงานตามสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นโครงงานที่ทำให้เกิดองค์ความรู้ตามสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่ม

3.โครงงานที่ประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงหรือโครงงานบูรณาการ เป็นโครงงานที่นำความรู้หลักการทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ของกลุ่มสาระอื่นที่จะผสมผสานสาระการเรียนรู้ต่างกลุ่ม จึงเกิดโครงงานบูรณาการขึ้น

หมายเหตุ 1)โครงงานเชิงประวัติศาสตร์ จะทำแบบสำรวจ

2)โครงงานตามสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จะทำแบบทดลองหรือลงมือปฏิบัติเพื่อรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์

3)โครงงานที่ประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงหรือโครงงานบูรณาการ จะนำเนื้อหาคณิตศาสตร์ไปใช้ อาจจะทำแบบทดลองหรือแบบสำรวจ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเรื่องที่จะจัดทำ

**แนวทางการจัดทำโครงงานคณิตศาสตร์** ยุพิน พิพิธกุล (2548:9-10)

1.การเลือกหัวข้อเรื่องหรือชื่อโครงงาน นักเรียนผู้ทำโครงงานควรเลือกหัวข้อด้วยตนเอง โดยพิจารณาจากความสนใจร่วม ทั้งนี้อาจมาจากการสังเกตหรือข้อสงสัยในเนื้อหาสาระทางคณิตศาสตร์ที่เรียน หรือจากหนังสือที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ทั้งนี้ควรเลือกให้เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นเรียน

2.การกำหนดจุดประสงค์ ต้องตั้งจุดประสงค์ให้ชัดเจน ดูให้สอดคล้องกับชื่อเรื่อง

3.การวางแผนดำเนินงาน สมาชิกที่ร่วมทำโครงงานจะต้องอภิปรายกันอย่างชัดเจนว่าจะทำอะไร ถ้าเป็นโครงงานแบบสำรวจ ก็จะต้องแบ่งการสำรวจให้ชัดเจนว่า ใครทำอะไร ถ้าเป็นโครงงานแบบสำรวจ ก็จะต้องแบ่งการสำรวจให้ชัดเจนว่า ใครทำอะไร ที่ไหน อย่างไร ถ้าเป็นโครงงานแบบทดลองก็จะทดลองทำในเรื่องเดียวกัน ต่างคนต่างทำ ไม่ว่าจะทำโครงงานแบบใดก็จะต้องรวบรวมข้อมูลมาจากสมาชิกทุกคน

4.ระยะเวลาในการดำเนินงาน จะต้องกำหนดให้แน่นอน ดูให้เหมาะสมกับงาน

5.การสรุปผล สมาชิกในกลุ่มจะนำผลที่ได้รับรวบรวมในข้อ 3 มาอภิปรายสรุปเพื่อคัดเลือกผลที่ดีที่สุดไว้

6.การนำเสนอผลงาน เลือกเสนอให้เหมาะสมกับงานที่ทำ ซึ่งอาจจะรายงานปากเปล่าประกอบแผนภูมิ สาธิตให้ดู หรือใช้คอมพิวเตอร์นำเสนอ

**ขั้นตอนการทำโครงงานคณิตศาสตร์** (ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล ม.ป.ป. : 8-13)

การทำโครงงานคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมต่อเนื่องและมีการดำเนินงานหลายขั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้นถึงขั้นสุดท้าย ดังนี้

1.การคิดจะเลือกหัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา

เป็นขั้นตอนลำดับแรกของการทำโครงงาน ดังนั้นจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด และยากที่สุด หัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษานั้นควรให้นักเรียนเป็นผู้คิดและเลือกด้วยตนเอง โดยที่หัวข้อเรื่องของโครงงานควรมีความเฉพาะเจาะจงและชัดเจนมุ่งชัดว่าจะศึกษาสิ่งใดหรือตัวแปรใดและควรเป็นเรื่องที่แปลกใหม่ ซึ่งแสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ด้วย

หัวเรื่องนี้ส่วนใหญ่จะได้มาจากความสนใจ ความสงสัยและความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียนเองในเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ครูสอนในห้องเรียนหรือนอกห้องเรียน หรือจากสิ่งแวดล้อมใกล้ตัว การอภิปรายร่วมกับครูและเพื่อน ๆการอ่านหนังสือหรือเอกสารต่าง ๆ การไปศึกษานอกสถานที่ การฟัง การบรรยายทางวิชาการในโอกาสต่างๆ รวมทั้งรายการวิทยุและโทรทัศน์ การไปชมงานแสดงโครงงานต่าง ๆ หรืออาจได้แนวคิดจากงานอดิเรกของนักเรียน

ข้อควรคำนึงเกี่ยวกับการคัดเลือกหัวเรื่องที่จะทำโครงงาน คือ

1.1 เหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน

1.2 เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน

1.3 วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้

1.4 งบประมาณเพียงพอ

1.5 ระยะเวลาที่ใช้ทำโครงงาน

1.6 มีอาจารย์หรือผู้ทรงคุณวุฒิรับเป็นที่ปรึกษา

1.7 ความปลอดภัย

1.8 มีแหล่งความรู้หรือเอกสารเพียงพอที่จะค้นคว้า

2. การวางแผนในการทำโครงงาน

ขั้นตอนนี้เป็นการวางแผนในการทำโครงงาน รวมถึงการเขียนเค้าโครงของโครงงานซึ่งต้องมีการวางแผนหรือวางรูปโครงงานไว้ล่วงหน้า เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างรัดกุมและรอบคอบไม่สับสน แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอความเห็นชอบก่อนดำเนินการขั้นต่อไป

เค้าโครงของโครงงานโดยทั่วๆ ไปจะเขียนขึ้นเพื่อแสดงแนวคิด แผนงานและขั้นตอนของการทำโครงงานซึ่งประกอบด้วย

2.1 ชื่อโครงงาน ควรเป็นข้อความที่กะทัดรัด ชัดเจน สื่อความหมายตรง และมีความหมายเฉพาะเจาะจงว่าจะศึกษาอะไร

2.2 ชื่อผู้ทำโครงงาน

2.3 ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน

2.4 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน อธิบายว่าเหตุใดจึงเลือกทำโครงงานเรื่องนี้ มีความสำคัญอย่างไร มีหลักการหรือทฤษฎีอะไรที่เกี่ยวข้อง เรื่องที่ทำเป็นเรื่องใหม่หรือมีผู้อื่นได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องทำนองนี้ไว้บ้างแล้ว ถ้ามีได้ผลเป็นอย่างไร เรื่องที่ทำได้ขยายเพิ่มเติม ปรับปรุงจากเรื่องที่ผู้อื่นทำไว้อย่างไร หรือเป็นการทำซ้ำเพื่อตรวจสอบผล

2.5จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า ควรมีความเฉพาะเจาะจงและเป็นที่สามารถวัดได้ เป็นการบอกขอบเขตของงานที่จะทำได้ชัดเจนขึ้น

2.6สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี) สมมุติฐานเป็นคำตอบ หรือคำอธิบายที่คาดไว้ล่วงหน้า ซึ่งอาจจะถูกหรือไม่ก็ได้ การเขียนสมมุติฐานควรมีเหตุมีผลคือ มีทฤษฎี หรือหลักการทางคณิตศาสตร์รองรับ และที่สำคัญคือ เป็นข้อความที่มองเห็นแนวทางในการดำเนินการทดสอบได้ นอกจากนี้ควรมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามด้วย

2.7 วิธีดำเนินงาน

2.7.1วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ ระบุว่าวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้มีอะไรบ้าง มาจากไหน อะไรบ้างที่ต้องจัดซื้อ อะไรบ้างที่ต้องจัดทำเองอะไรบ้างที่ต้องขอยืม

2.7.2แนวการศึกษาค้นคว้า อธิบายว่าจะออกแบบการทดลองอะไร อย่างไร จะสร้างหรือประดิษฐ์อะไรอย่างไร จะเก็บข้อมูลอะไรอย่างไร เก็บข้อมูลอย่างไร และเมื่อใดบ้าง

2.8 แผนปฏิบัติงานอธิบายเกี่ยวกับกำหนดเวลาเริ่มต้นและเวลาเสร็จของการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

2.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

2.10 เอกสารอ้างอิง

3.การลงมือทำโครงงาน

เมื่อเค้าโครงของโครงงานผ่ายความเห็นชอบของที่ปรึกษาโครงงานแล้ว นักเรียนเริ่มลงมือทำโครงงาน โดยปฏิบัติตามแผนดำเนินงานซึ่งประกอบด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลการสร้างหรือประดิษฐ์ การปฏิบัติการทดลอง การค้นคว้าเอกสารต่าง ๆ ซึ่งสุดแล้วแต่ว่าจะเป็นโครงงานประเภทใด อาจเป็นการเปลี่ยนแปลงเติมจากแผนงานที่วางไว้ในตอนแรกบ้างก็ได้ เมื่อดำเนินการทำโครงงานครบถ้วนตามขั้นตอนได้ข้อมูลแล้ว ควรมีการตรวจสอบผลการทดลองด้วยการทดลองซ้ำเพื่อให้ได้ผลที่แน่นอน ถ้าเป็นสิ่งประดิษฐ์ควรคำนึงถึงความคงทนแข็งแรงและขนาดที่เหมาะสม หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลแปลผลและสรุปผลการศึกษาค้นคว้า พร้อมทั้งอภิปรายผลการศึกษาค้นคว้าไม่ว่าผลนั้นจะตรงตามความคาดหมายหรือตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ก็ตาม

4.การเขียนรายงาน

การเขียนรายงานโครงงานคณิตศาสตร์ เป็นการเสนอผลของการศึกษาค้นคว้าเป็นเอกสาร เพื่ออธิบายให้ผู้อื่นทราบแนวคิด หรือปัญหาที่ศึกษา วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมได้ ผลของการศึกษา ตลอดจนประโยชน์และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ได้จากโครงงาน

การเขียนรายงานควรใช้ภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย ชัดเจน สั้น ๆ และตรงไปตรงมา โดยให้ครอบคลุมหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ 1) ชื่อโครงงาน 2) ชื่อผู้ทำโครงงาน 3) ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน4) บทคัดย่อ อธิบายที่มาและความสำคัญของโครงงาน วัตถุประสงค์ วิธีดำเนินการและผลที่ได้ตลอดจนข้อสรุปต่าง ๆ อย่างย่อ ประมาณ 300-350 คำ 5) ที่มาและความสำคัญของโครงงาน อธิบายความสำคัญของโครงงาน เหตุผลที่เลือกทำโครงงานนี้ และหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงานเรื่องที่ทำเป็นเรื่องใหม่หรือมีผู้อื่นเคยศึกษาไว้บ้างแล้ว ถ้ามีได้ผลเป็นอย่างไร เรื่องที่ทำนี้ได้ขยายเพิ่มเติม หรือปรับปรุงจากเรื่องที่ผู้อื่นได้ทำไว้อย่างไรบ้าง หรือเป็นการทำซ้ำเพื่อตรวจสอบผล 6)จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า 7) สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี) 8) วิธีดำเนินการอาจแยกเป็น 2 หัวข้อย่อย ได้แก่ วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการ อธิบายขั้นตอนการดำเนินงานโดย

ละเอียด 9) ผลการศึกษาค้นคว้า นำเสนอข้อมูลหรือผลการทดลองต่างๆ ที่สังเกตรวบรวมได้รวมทั้งเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ด้วย 10) สรุปและข้อเสนอแนะ อธิบายผลสรุปที่ได้จากการทำโครงงาน ถ้ามีการตั้งสมมุติฐาน ควรระบุด้วยว่าข้อมูลที่ได้ สนับสนุนหรือคัดค้านสมมุติฐานที่ตั้งไว้หรือหรือยังสรุปไม่ได้ นอกจากนั้นยังควรกล่าวถึง การนำผลทดลองไปใช้ประโยชน์อุปสรรค์ของการทำโครงงานหรือข้อสังเกตที่สำคัญหรือข้อผิดพลาดบางประการที่เกิดขึ้นจากการทำโครงงานนี้ รวมทั้งข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไขหากจะมีผู้ศึกษาค้นคว้าในเรื่องทำนองนี้ต่อไปในอนาคตด้วย 11) คำขอบคุณ ส่วนใหญ่โครงงานคณิตศาสตร์มักจะเป็นกิจกรรมที่ได้รับความร่วมมือของหลายฝ่าย จึงควรได้กล่าวความขอบคุณบุคลากรหรือหน่วยงานต่าง ๆที่มีส่วนช่วยโครงงานนี้สำเร็จด้วย 12) เอกสารอ้างอิงหนังสือและ/หรือเอกสารต่างๆที่ผู้ทำโครงงานใช้ค้นคว้าหรืออ่านเพื่อศึกษาข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ที่นำมาใช้ประโยชน์ในการทำโครงงานนี้

5.การแสดงผลงาน

การแสดงผลงานเป็นงานขั้นสุดท้ายและสำคัญอีกประการหนึ่งของการทำโครงงานเป็นการเสนอผลงานที่ได้ศึกษาค้นคว้าสำเร็จลงด้วยความคิด ความพยายามของผู้ทำโครงงานให้คนอื่นได้รับรู้และเข้าใจถึงผลงาน การวางแผนออกแบบเพื่อจัดแสดงผลงานนั้นมีความสำคัญ เท่า ๆ กับการทำโครงงานนั่นเอง ผลงานที่ทำขึ้นจะดียอดเยี่ยมเพียงใด แต่ถ้าจัดแสดงผลงานทำได้ไม่ดีก็เท่ากับไม่ได้แสดงความดีเยี่ยมของผลงาน ดังนั้นการวางแผนดังกล่าวต้องอาศัยเวลาและคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ ที่สำคัญที่สุดหลายประการคือ ผู้ชมหรือผู้ฟัง การแสดงผลงาน นั้นอาจทำได้ในรูปแบบต่าง ๆ กันเช่น การแสดงในรูปนิทรรศการ ซึ่งมีทั้งการจัดแสดงและการอธิบายด้วยคำพูดหรือในรูปแบบการจัดแสดง โดยไม่มีการอธิบายประกอบหรือในรูปของการรายงานแบบปากเปล่า ไม่ว่าการแสดงผลจะอยู่ในรูปแบบใดควรจัดให้ครอบคลุมประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้ 1)ชื่อโครงงาน ชื่อผู้ทำโครงงาน ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน 2) คำอธิบายย่อ ๆ ถึงเหตุจูงใจในการทำโครงงานและความสำคัญของโครงงาน 3)วิธีดำเนินการ โดยเลือกเฉพาะขั้นตอนที่เด่นและสำคัญ 4)การสาธิตหรือแสดงผลที่ได้จากการทดลอง 5) ผลการสังเกตหรือข้อมูลเด่น ๆ ที่ได้จากการทำโครงงาน

ในการจัดนิทรรศการแสดงโครงงานนั้น ควรได้คำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. ความปลอดภัยของการจัดแสดง

2. ความเหมาะสมกับเนื้อหาที่จัดแสดง

3. คำอธิบายที่เขียนแสดง ควรเน้นเฉพาะประเด็นสำคัญและสิ่งที่น่าสนใจเท่านั้น โดยใช้ข้อความที่กะทัดรัด ชัดเจน และเข้าใจง่าย

4. ดึงดูดความสนใจของผู้เข้าชม โดยใช้รูปแบบการแสดงที่น่าสนใจ ใช้สีที่สดใสเน้นจุดสำคัญ

5. ใช้ตารางและรูปภาพประกอบ โดยจัดวางอย่างเหมาะสม

6. สิ่งที่แสดงทุกอย่างต้องถูกต้อง ไม่มีการสะกดผิดหรืออธิบายหลักการที่ผิด

7. ในกรณีที่เป็นสิ่งประดิษฐ์ สิ่งนั้นควรอยู่ในสภาพที่ทำงานได้อย่างสมบูรณ์

ในการแสดงผลงานผู้นำผลงานมาแสดงจะต้องอธิบายหรือรายงานปากเปล่า หรือตอบคำถามต่าง ๆ ต่อผู้ชมหรือกรรมการตัดสินโครงงาน การอธิบายตอบคำถาม หรือรายงานปากเปล่านั้นๆ ควรได้คำนึงถึงสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

1. ต้องทำความเข้าใจกับเรื่องที่จะอธิบายเป็นอย่างดี

2. คำนึงถึงความเหมาะสมของภาษาที่ใช้กับระดับผู้ฟังควรให้ชัดเจนและเข้าใจง่าย

3. ควรรายงานอย่างตรงไปตรงมา ไม่อ้อมค้อม

4. พยายามหลีกเลี่ยงการอ่านรายงาน แต่อาจจดหัวข้อสำคัญๆ ไว้เพื่อช่วยในการรายงานเป็นไปตามขั้นตอน

5. อย่าท่องจำรายงาน เพราะทำให้ดูไม่เป็นธรรมชาติ

6. ขณะที่รายงานควรมองตรงไปยังผู้ฟัง

7. เตรียมตัวตอบคำถามที่เกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ

8. ตอบคำถามอย่างตรงไปตรงมา ไม่จำเป็นต้องกล่าวถึงสิ่งที่ไม่ได้ถาม

9. หากติดขัดในการอธิบายควรยอมรับโดยดี อย่ากลบเกลื่อนหรือหาทางเลี่ยงเป็นอย่างอื่น

10. ควรรายงานให้เสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด

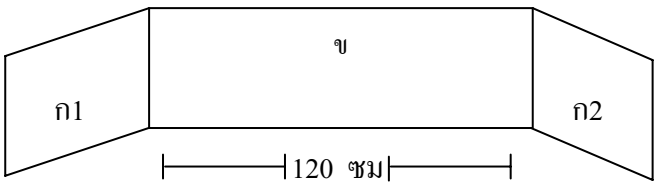
11. หากเป็นไปได้ควรใช้สื่อประเภทโสตทัศนูปกรณ์ประกอบการรายงานด้วย เช่น แผ่นใส สไลด์ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

การทำแผงสำหรับแสดงโครงงาน ให้ใช้ไม้อัดทำตามขนาดกำหนด ดังนี้

แผ่น ก1, ก2 ขนาด 60 ซม. × 60 ซม.

แผ่น ข ขนาด 60 ซม. × 120 ซม.

ติดบานพับมีห่วงรับและขอสับทำมุมฉากกับตัวแผ่นกลาง




ภาพที่ 6 แผงสำหรับแสดงโครงงาน

การแสดงผลงานการทำโครงงานคณิตศาสตร์อาจจัดทำได้ในหลายระดับ เช่น การจัดเสนอผลงานภายในชั้นเรียน การจัดนิทรรศการภายในโรงเรียน การจัดนิทรรศการในงานประจำปี

ของโรงเรียน การส่งผลงานเข้าร่วมประกวดในงานแสดงหรือประกวดในระดับต่าง ๆ เช่น ระดับกลุ่มโรงเรียน ระดับจังหวัด ระดับเขตการศึกษา ระดับชาติ เป็นต้น

**การประเมินผลโครงงานคณิตศาสตร์**

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (ม.ป.ป. : 15) กล่าวว่าการประเมินผลโครงงานเป็นกิจกรรมที่จำเป็นและมีความสำคัญอีกกิจกรรมหนึ่งในกระบวนการจัดแสดงโครงงานคณิตศาสตร์ของนักเรียน ตามปกติครูผู้สอนจะเป็นผู้ประเมินโครงงานเพื่อเก็บคะแนน และเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผลการเรียนคณิตศาสตร์ตามปกติ ถ้าได้กำหนดให้การทำโครงงานเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติ โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณา 5 ด้าน ดังนี้

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

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

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

การประเมินผลโครงงานเมื่อรวมทั้ง 5 ด้าน แล้วคิดเป็นคะแนนเก็บ 10 คะแนนใช้เกณฑ์ดังนี้

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 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 | อยู่ในระดับดีเยี่ยม | ได้คะแนน | 10 | คะแนน |

รายละเอียดเกี่ยวกับเกณฑ์การพิจารณาประเมินผลโครงงานคณิตศาสตร์มีหลักเกณฑ์ด้านต่าง ๆ ดังนี้

1 .ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ทำ พิจารณาจาก

1.1 การใช้ศัพท์เทคนิคได้ถูกต้องและเหมาะสม

1.2 การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ถูกต้องและเหมาะสม

1.3 มีความเข้าใจในหลักการสำคัญ ๆ ของเรื่องที่ทำ

1.4 การค้นหาเอกสารอ้างอิงถูกต้องและเหมาะสม

1.5การได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการทำโครงงานนอกเหนือจากที่เรียนจากที่เรียนหลักสูตรปกติ

ตารางที่ 9 ตารางแสดงเกณฑ์การพิจารณาประเมินผลโครงงานคณิตศาสตร์ด้านความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ทำ

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

2. การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้แก้ปัญหาทางการศึกษา พิจารณาจาก

2.1 การสังเกตที่นำมาสู่ปัญหา

2.2 มีการศึกษาค้นหาข้อมูลหรือข้อเท็จจริงต่าง ๆ เพื่อเป็นพื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่กำลังศึกษาเหมาะสมและตั้งสมมุติฐานที่ถูกต้องชัดเจน

2.3 การออกแบบการทดลองหรือการประดิษฐ์มีความสอดคล้องกับปัญหา หรือสมมุติฐานเพียงใด

2.4 การวัดและการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ กระทำได้ครบ ถูกต้อง อุปกรณ์และเครื่องมือที่เลือกใช้เหมาะสมการรวบรวมข้อมูลกระทำได้ละเอียดถูกต้องตรงจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษา การบันทึกข้อมูลมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยและเหมาะสม

2.5การแปลความหมายและการสรุปผลมีความสอดคล้องกับผลที่ได้มาก-น้อยเพียงใด

ตารางที่ 10 ตารางแสดงเกณฑ์การพิจารณาประเมินผลโครงงานคณิตศาสตร์ด้านการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้แก้ปัญหาทางการศึกษา

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

3. ความคิดสร้างสรรค์ พิจารณาจาก

3.1 ปัญหาหรือเรื่องทีทำมีความสำคัญและมีความแปลกใหม่เพียงใด

3.2 ได้มีการดัดแปลง เปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมแนวความคิดที่แปลกใหม่ลงไปในโครงงานที่ทำมาก-น้อยเพียงใด

3.3 มีการคิดและใช้วิธีการทีใหม่ แปลก ในการควบคุมหรือวัดตัวแปรหรือเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ มาก-น้อยเพียงใด

3.4 การเลือกและนำวัสดุอุปกรณ์มาใช้ให้เกิดประโยชน์

3.5 ความสามารถในการเสนอแนะประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงาน

ตารางที่11 ตารางแสดงเกณฑ์การพิจารณาประเมินผลโครงงานคณิตศาสตร์ด้านความคิดสร้างสรรค์

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

4. การเขียนรายงานพิจารณาจาก

4.1 ความถูกต้องของแบบฟอร์มครอบคลุมหัวข้อที่สำคัญแบ่งแต่ละหัวข้อออกอย่างชัดเจน

4.2 เสนอสาระในแต่ละหัวข้อถูกต้อง ชัดเจน รัดกุม สละสลวย

4.3 การแสดงหลักฐานการบันทึกข้อมูลอย่างเพียงพอ ต่อเนื่องและเป็นระเบียบ

4.4 การออกแบบการนำเสนอข้อมูล ชัดเจน รัดกุมและเหมาะสม

4.5 การอภิปรายผลอย่างมีเหตุผลและสร้างสรรค์

ตารางที่ 12 ตารางแสดงเกณฑ์การพิจารณาประเมินผลโครงงานคณิตศาสตร์ด้านการเขียนรายงาน

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

5. การจัดแสดงโครงงานและการอภิปรายปากเปล่า พิจารณาจาก

5.1 การจัดแสดงโครงงานได้น่าสนใจตลอดจนการออกแบบและติดตั้งได้สวยงาม

5.2 การเขียนคำอธิบายในแผ่นโปสเตอร์ชัดเจน เข้าใจง่าย

5.3 การจัดแสดงวัสดุอุปกรณ์ครบถ้วน

5.4 การอภิปรายชัดเจนและใช้ภาษาได้ถูกต้อง

5.5 การตอบคำถามถูกต้องและคล่องแคล่ว

ตารางที่13 ตารางแสดงเกณฑ์การพิจารณาประเมินผลโครงงานคณิตศาสตร์ด้านการจัดแสดงโครงงานและการอภิปรายปากเปล่า

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

สาระในการประเมินโครงงาน ควรจะพิจารณาด้านต่าง ๆ ดังนี้ (ยุพิน พิพิธกุล 2548: 6-7)

ความสำคัญของการจัดทำโครงงาน ได้แก่ เป็นงานเดี่ยวหรืองานกลุ่ม, นักเรียนริเริ่มเองหรือครูช่วยแนะแนวทาง, มีการทำงานที่เป็นกระบวนการกลุ่ม, มีการพัฒนาตนเอง, มีการพัฒนางาน, มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์, มีความสอดคล้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ในบทเรียน, มีประโยชน์ในชีวิตจริง

เนื้อหาของโครงงาน ได้แก่ ความถูกต้องของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์, ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้เหมาะสม, ใช้ข้อมูลข่าวสารที่เหมาะสม มีการขยายงานที่จะต้องทำต่อเนื่องหรือไม่

การนำเสนอโครงงานอาจจะเลือกแบบต่างๆ ตามความเหมาะสมของโครงงาน,การบรรยายสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดี,การใช้ตาราง แผนภูมิแท่ง แผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิรูปวงกลม ชัดเจน การจัดนิทรรศการมีการบรรยายประกอบ สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน, การนำเสนอโดยหาค่าทางสถิติ ใช้ค่าสถิติได้ถูกต้อง,การนำเสนอโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ ประกอบการบรรยาย, มีการสาธิตและบรรยายประกอบได้อย่างเหมาะสม

**วิธีการประเมินโครงงาน** (ยุพิน พิพิธกุล 2548 : 7-9)

ประเมินโดยการให้คะแนน เช่น

| | | |
|---|---|---|
| ความสำคัญของการทำโครงงาน | 20 | คะแนน |
| เนื้อหาของโครงงาน | 40 | คะแนน |
| การนำเสนอโครงงาน | 40 | คะแนน |
| รวม | 100 | คะแนน |

สุวร กาญจนมยูร( 2544:54-55) กล่าวถึง การประเมินโครงงานคณิตศาสตร์ว่า การประเมินโครงงานคณิตศาสตร์ หมายถึง การประเมินความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มว่า มีความถูกต้องและสมบูรณ์ในแต่ละด้านต่อไปนี้เพียงใด

1. ด้านเนื้อหาของโครงงาน

1.1 ถูกต้องตรงตามหลักการทางคณิตศาสตร์

1.2 ถูกต้องตรงตามเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์

1.3 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ แปลกใหม่ น่าสนใจ

1.4 เลือกใช้แหล่งความรู้ที่เชื่อถือได้

1.5 สรุปความรู้ชัดเจนตรงตามจุดประสงค์ที่ศึกษา ค้นคว้า

2. ด้านทักษะกระบวนการ

2.1 มีทักษะกระบวนการคิดในการคิดคำนวณและการแก้ปัญหา ประกอบด้วยศึกษาปัญหาทำความเข้าใจกับปัญหา, วางแผนอย่างเป็นระบบ, ดำเนินการตามแผนครบทุกขั้นตอน, ประเมินและปรับปรุงการดำเนินการได้เหมาะสม

2.2 มีทักษะกระบวนการคิดการให้เหตุผลและการพิสูจน์ ประกอบด้วยคิดและคำนวณค่าต่าง ๆ ได้ถูกต้อง, ให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผล, พิสูจน์ถูกต้อง

2.3 มีทักษะกระบวนการคิดในการสื่อสารหรือสื่อความหมาย ประกอบด้วย มีความสามารถในการศึกษาค้นคว้าจากแหล่งความรู้ที่เชื่อถือได้,การเขียนรายงานตรงตามแบบฟอร์ม การเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์, ถูกต้องและสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน

3. ด้านการนำเสนอโครงงาน

3.1 แนวคิดและวิธีการเรียนรู้องค์ความรู้ที่ค้นพบ

3.2 ข้อสรุปของโครงงานบรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

3.3 ข้อมูลสมบูรณ์และชัดเจน

3.4 รูปแบบการนำเสนอเหมาะสม

สมวงษ์ แปลงประสบโชค (2546: 2) กล่าวถึง การวัดและการประเมินโครงงานคณิตศาสตร์ ว่า การวัดและประเมินโครงงานในระดับนี้ มุ่งให้นักเรียนได้รับการประเมินจากบุคคลทั้ง 3 ฝ่าย คือ ตัวนักเรียนเอง เพื่อน และ ครู โดยมีแนววิธีประเมินผลโครงงาน ดังนี้

1. ประเมินโดยตนเอง มุ่งให้นักเรียนบอกความพึงพอในในงานที่ทำรวมทั้งข้อเสนอแนะที่คิดว่าควรปรับปรุง

2. ประเมินโดยเพื่อน มุ่งให้ประเมินโครงงานในด้านความน่าสนใจน่าเชื่อถือและประโยชน์ว่ามีมากน้อยเพียงใด

3. ประเมินโดยครู มุ่งให้ครูตรวจสอบขั้นตอนการดำเนินงาน ความสอดคล้องของงานรูปแบบและวิธีการนำเสนอ รวมถึงประโยชน์ต่าง ๆ ว่ามีมากน้อยเพียงใด

**บทบาทของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานคณิตศาสตร์**

ในการทำโครงงานคณิตศาสตร์นั้นแม้จะเป็นกิจกรรมคณิตศาสตร์ประเภทหนึ่ง อาจจัดขึ้นภายในโรงเรียนได้ตลอดปีการศึกษา โดยที่จะต้องมีจุดประสงค์และมีแผนการดำเนินงานว่าจะทำในช่วงไหน และมีระยะเวลานานเท่าใด ในการทำโครงงานนั้นนักเรียนเป็นผู้ลงมือดำเนินงานเองทั้งหมด โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานเป็นผู้ให้คำแนะนำ ช่วยกระตุ้นความสนใจและเสริมกำลังใจแก่นักเรียนในระหว่างทำโครงงานอีกด้วยซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2531 : 56- 58) ได้กล่าวถึงบทบาทของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานคณิตศาสตร์ตามการปฏิบัติงานของนักเรียนเป็น 3 ระยะ ดังนี้

**1. ระยะเริ่มต้น**

เรื่องที่ยากที่สุดในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ คือ การเลือกหัวข้อหรือปัญหาที่จะศึกษาเพราะจะต้องเป็นเรื่องที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน และมีแนวทางที่จะหาคำตอบได้ประสบการณ์ของนักเรียนจะช่วยให้เกิดแนวคิดและเกิดความคิดสร้างสรรค์ขึ้นได้ฉะนั้นระยะเริ่มต้นจึงเป็นระยะสำคัญ ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาจะต้องให้ความช่วยเหลือเป็นพิเศษโดยอาจทำได้ดังนี้

1.1 กระตุ้นหรือเร้าความสนใจของนักเรียนเกี่ยวกับการทำโครงงานคณิตศาสตร์

1.2 แนะนำวิธีทำโครงงานและเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา

1.3 จัดเอกสารและแนะนำแหล่งค้นคว้าเพื่อให้นักเรียนสำรวจความความสนใจและศึกษาเพิ่มเติม

1.4 จัดให้มีบรรยายโดยวิทยากรในเรื่องที่นักเรียนสนใจหรือจัดศึกษานอกสถานที่

1.5 ช่วยแนะนำในการวางเค้าโครงย่อ และการวางแผนการทำงาน

1.6 ให้คำปรึกษาและดูความเป็นไปได้ของเค้าโครงย่อของโครงงาน

**2. ระยะที่นักเรียนทำโครงงาน**

เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่จะต้องทำโครงงานคณิตศาสตร์นอกเวลาเรียนปกติและมักใช้เวลาทำงานตามใจชอบ นอกจากจัดชั่วโมงกิจกรรมไว้ในเวลาเรียนปกติ ดังนั้นเวลาจึงเป็นเรื่องสำคัญเรื่องหนึ่งที่อาจารย์ที่ปรึกษาจะต้องควบคุม และเมื่อตรวจแก้เค้าโครงย่อของโครงงานแล้วอาจารย์ปรึกษาโครงงาน ควรปฏิบัติในหัวข้อต่อไปนี้

2.1 ติดตามความก้าวหน้าในการทำงานของนักเรียน โดยดูจากแผนการทำงานและควรฝึกให้นักเรียนหาสมุดเฉพาะสำหรับจุดบันทึกข้อมูลประจำวันไว้

2.2 ให้ความช่วยเหลือทางด้านวิชาการและปฏิบัติการเมื่อนักเรียนมีปัญหาซึ่งบางครั้ง

อาจจะต้องติดต่อขอความช่วยเหลือจากอาจารย์มหาวิทยาลัยหรือผู้ทรงคุณวุฒิจากหน่วยงานอื่น

2.3 จัดให้นักเรียนได้พบปะและรวมกลุ่มเพื่อรายงานปากเปล่า โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมอยู่ด้วย ซึ่งจะเป็นวิธีหนึ่งในการช่วยแก้ปัญหาซึ่งกันและกัน

2.4 ให้กำลังใจแก่นักเรียนมิให้ท้อถอย เมื่อผลการดำเนินงานไม่เป็นไปตามความคาดหมายซึ่งอาจจะต้องมีการตั้งต้นทำใหม่หรือทำซ้ำ และควรกระตุ้นให้นักเรียนทำโครงงานจนสำเร็จครบทุกขั้นตอน

**3. ระยะสิ้นสุดการทำโครงงาน**

หัวข้อหรือปัญหาที่นักเรียนเลือกทำโครงงานอาจมีความยากง่ายต่างกัน แต่ก็คงอยู่ในดุลยพินิจของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งได้พิจารณาถึงความเป็นไปได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้นแล้ว นอกจากนี้การได้วางแผนขั้นตอนการทำงานจะช่วยได้อย่างมาก เพราะในการทำโครงงานมักจะมีปัญหาที่ไม่คาดคิดเกิดขึ้นเสมอ นักเรียนทำการทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูลหลาย ๆ ครั้งก่อนที่จะแปลผลและลงข้อสรุป แล้วจึงจะเขียนรายงาน ฉะนั้นในช่วงนี้อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานอาจให้ข้อแนะนำช่วยเหลือดังนี้

3.1 จัดเวลาให้นักเรียนได้พบเพื่อเสนอผลงานก่อนที่จะเขียนรายงานตรวจสอบขั้นตอนในการเขียนรายงาน เพื่อให้เป็นไปตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์และดูการใช้ภาษาเพื่อสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน

3.2 อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานทำการประเมินผล ให้กำลังใจนักเรียนในความพยายามทำงานจนเป็นผลสำเร็จ และคัดเลือกโครงงานไว้แสดงในกรณีที่ จะมีนิทรรศการ หรือการจัดแสดงโครงงานคณิตศาสตร์ของโรงเรียน สมาคมหรือหน่วยงานต่าง ๆ

3.3 การติดตามผล ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาอาจส่งเสริมโครงงานที่น่าสนใจเป็นพิเศษโดยให้นักเรียนทำต่อเพื่อเพิ่มพูนทักษะในการค้นคว้าต่อไปหรือโครงงานที่ยังทำไม่สมบูรณ์ ก็ควรนำมาปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมให้เสร็จ

3.4 ในแต่ละปีการศึกษา ควรมีการรวบรวมรายชื่อรายงานโครงงานคณิตศาสตร์ของนักเรียนไว้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำโครงงานในปีต่อ ๆ ไป

**วิธีสอนโครงงานของครูต้นแบบ**

วิธีสอนโครงงานของครูชูใจ บุญเล่า (2545:11-14)การสอนโดยใช้โครงงานคณิตศาสตร์จะส่งเสริมและฝึกฝนให้นักเรียนได้รู้วิธีการศึกษาค้นคว้า ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองภายใต้การดูแลให้คำปรึกษาของครู ทำให้นักเรียนแสดงออกถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยประมวลความรู้ความสามารถ ตลอดจนกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาอย่างครบถ้วน ก่อให้เกิดความรู้

ความคิด การประดิษฐ์คิดค้น และพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ เป็นการนำความรู้คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ในชีวิตประจำวันอย่างแท้จริง

การสอนโดยใช้เทคนิคโครงงานคณิตศาสตร์ สอนได้ไม่ยากเพียงแต่ทำความเข้าใจกันก่อนสักนิดว่า โครงงานคณิตศาสตร์ที่เราสอนนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนคิดเป็น วางแผนในการหาคำตอบได้ด้วยตนเอง อันจะเป็นผลไปถึงการจัดการกับตนเองได้อย่างมีระบบ โดยมีครูเป็นพี่เลี้ยง นักเรียนจะเรียนโครงงานคณิตศาสตร์หรือโครงงานใด ๆ ก็ตามอย่างมีความสุข

ดังนั้น ถ้าครูยังเข้าใจผิดว่าโครงงานจะต้องมีแผงขนาดใหญ่ตบแต่งสวยงาม มีนักเรียน 3 คน นำเสนองาน ขอให้ทำความเข้าใจใหม่แล้วสอนโครงงานให้สนุกสนานกันดีกว่าตามหลักการขั้นตอนใช้เทคนิคการสอนโครงงานอย่างง่าย

ก่อนอื่นครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนคิดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์เสียก่อนด้วยเรื่องใกล้ ๆ ตัว ให้นักเรียนลองมาตอบคำถาม 4 ประการนี้ก่อน เพื่อเป็นการวางพื้นฐาน อย่าสอนโดยที่นักเรียนยังไม่ทราบว่าจะเริ่มต้นอย่างไร มีที่มาของปัญหาอย่างไรถ้านักเรียนยัง “งง” ควรทำให้หาย “งง” ก่อน แล้วลองตอบคำถาม 4 ข้อนี้ ซึ่งเป็นการวางพื้นฐานการทำโครงงานให้นักเรียน คำถามทั้ง 4 ข้อที่นักเรียนควรตอบ คือ

1. คำถาม หรือปัญหาที่นักเรียนสงสัย วิธีฝึกครั้งแรกให้นักเรียนเป็นมนุษย์เจ้าปัญหา เห็นสิ่งใดให้นำมาติดต่อ หรือฝึกตั้งคำถามครั้งละประมาณ 2-3 คำถาม โดยใช้คำถามว่า ถ้า.....แล้วจะเป็นอย่างไร ,หรือ อะไรที่..... ,หรือ ปัญหาต่าง ๆ ที่นักเรียนคิดขึ้นมา

ตัวอย่างเช่น ถ้าเราทำโมบายให้ได้สัดส่วนสวยงาม เราจะประดิษฐ์ด้วยรูปเรขาคณิตใดดี, การก้าวเดินของคนเราปกติ ยาวกี่เซนติเมตร

2. สมมุติฐานหรือความน่าจะเป็นไปได้ เมื่อนักเรียนมีปัญหาแล้วควรฝึกให้นักเรียนคิดต่อว่า “น่าจะเป็นอย่างไร” ให้นักเรียน ฝึกทักษะการพยากรณ์ (บูรณาการกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

เช่น จากปัญหาในคำถามทั้ง 2 คำถามจะได้สมมุติฐานว่า ถ้าเราจะทำโมบายให้ได้สัดส่วนสวยงามน่าใช้รูปเรขาคณิตรูปวงกลมน่าจะดีที่สุด, ก้าวเดินของคนเราควรจะยาวประมาณ 30 เซนติเมตร

ในการตั้งสมมุติฐาน จะช่วยฝึกทักษะกระบวนการคิดของนักเรียน ให้รู้จักคำตอบไว้ล่วงหน้าและสามารถนำไปสู่กระบวนการหาคำตอบให้กับตนเองต่อไป

3. วิธีศึกษาหาคำตอบ การศึกษาหาคำตอบนั้นนักเรียนจะอาศัยแนวทางจากสมมุติฐานที่คิดว่าน่าจะเป็น แล้วหาวิธีศึกษา

ตัวอย่างจากคำถาม 2 ประเด็นที่นักเรียนกำหนดขึ้น คือ ประเด็นที่ 1 ถ้าเราทำโมบายให้ได้สัดส่วนสวยงาม เราจะประดิษฐ์ด้วยรูปเรขาคณิตรูปใดดี ประเด็นที่ 2 ก้าวเดินของคนเราปกติยาวกี่เซนติเมตร จาก 2 ประเด็นนี้ เราสามารถกำหนดวิธีศึกษาได้คือ

ประเด็นที่ 1 รูปโมบาย วิธีการศึกษาคือ

1) ตัดรูปเรขาคณิตแล้ว นำมาประกอบเป็นรูปทรงเรขาคณิตเพื่อทำโมบาย

2 ) ศึกษารูปแบบจากตัวอย่างโมบายที่ขายตามท้องตลาด

3) สอบถามจากผู้ที่เคยทำมาก่อน แล้วมาประยุกต์ทำของตนเอง

ประเด็นที่ 2 ก้าวเดินปกติของคนเรา วิธีการศึกษาคือ

1) ทดลองเดินเอง

2) ให้เพื่อนเดินแล้ววัด

3) สอบถามจากบุคคลอื่น

เพื่อจะได้วิธีศึกษาหลากหลายวิธี บางปัญหาอาจใช้วิธีการทดลอง สังเกต สำรวจ สัมภาษณ์ หรืออื่น ๆ ก็ได้ แต่ต้องเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมด้วย

4. แหล่งศึกษา คือสถานที่ที่นักเรียนจะไปศึกษาหาความรู้ เช่น ห้องสมุด,สถานที่ตามวิธีศึกษา ,จากผู้รู้หรือวิทยากรท้องถิ่น

เมื่อนักเรียนได้พัฒนาตนเองจากคำถาม 4 ข้อนี้แล้ว จะสามารถพัฒนาตนเองให้สามารถหาคำตอบ สรุปผลได้อย่างไม่ยาก การสอนโดยใช้เทคนิคโครงงานคณิตศาสตร์ ถ้าเริ่มต้นเช่นนี้ จะทำให้นักเรียนลำดับการคิดที่เป็นระบบ จะส่งผลต่อการเรียนที่ดีขึ้นตามลำดับ

วิธีสอนโครงงานของครูวิมลศรี สุวรรณรัตน์(2545 : 26-27) โครงงาน คือ การแก้ปัญหาหรือข้อสงสัย โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น การเขียนแผนการสอนประกอบด้วย

1. วิเคราะห์หลักสูตร จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลา และกิจกรรม

2. ออกแบบกิจกรรมการสอน โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ยึดหลักผู้เรียนเป็นผู้ค้นพบคำตอบด้วยตัวเอง เพื่อให้ผู้เรียนได้คิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น ตามหลักการของกิจกรรมโครงงาน

3. จัดหาสื่อการเรียนให้ตามความเหมาะสม แนะแหล่งความรู้ ครูเป็นที่ปรึกษา

4. การวัดและประเมินผล ควรประเมินในประเด็นของหลักการว่า ข้อสอบ คือ การนำไปสู่ผลการศึกษา หรือ ผลงานโครงงานนำมาซึ่งความรู้ใหม่ นักเรียนที่มีผลงานควรได้รับการประเมินตามสภาพจริงทุกคน

5.ในแผนการสอน ไม่ควรจะเขียนรายละเอียดเป็นคาบ แต่ควรจะเขียนรวม ๆ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

5.1 สาระสำคัญ เป็นความคิดรวบยอด หรือหลักการที่ต้องการให้นักเรียนได้รับรู้หลังจากการเรียนด้วยการทำโครงงาน

5.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นการบอกให้ทราบว่าครูต้องการให้นักเรียนรู้อะไรบ้างจากการทำโครงงาน มีทั้งกระบวนการ และองค์ความรู้

5.3 เนื้อหา คือ เรื่องที่ต้องการสอน

5.4 กิจกรรมการเรียนการสอน เป็นการจัดสภาพการเรียนรู้ด้วยการทำโครงงานเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์

5.5 สื่อการเรียนการสอน เป็นอุปกรณ์ประกอบการทำโครงงาน

5.6 การวัดประเมินผล วัดจากผลการค้นหาความรู้และสร้างความภาคภูมิใจให้แก่นักเรียน

5.7 กิจกรรมเสนอแนะ เป็นข้อเสนอแนะในการเขียนแผนการสอนต่อไป อาจเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดกิจกรรม หรือวิธีการสอนอื่นประกอบการสอนโครงงาน

วิธีสอนโครงงานของครูนันทิยา คุมพล(2545:5-6) การจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนรู้จากการปฏิบัติ โดยวิธีการสอนด้วยโครงงาน เป็นยุทธศาสตร์สำคัญประการหนึ่งของการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยตนเอง เพื่อผู้เรียนจะได้เป็นคนเก่ง คนดี และมีความสุขในสังคมได้ และในสภาพการณ์ปัจจุบันการจัดการเรียนการสอน โดยวิธีสอนด้วยโครงงานยังไม่แพร่หลายนักจะมีบ้างเฉพาะในรายวิชาวิทยาศาสตร์เท่านั้น

การสอนด้วยโครงงานนั้น สามารถทำได้ทุกสาขาวิชา เพราะเป็นการแสวงหาความรู้ใหม่ ด้วยการใช้หลักเหตุผล หรือการเรียนรู้โดยการใช้ระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์

การเรียนรู้โดยวิธีสอนด้วยโครงงาน จึงเป็นการเสนอรูปแบบการสอนที่อาศัยผู้เรียนเป็นศูนย์กลางแห่งการเรียนรู้ อย่างหนึ่งที่ครู อาจารย์ สามารถดำเนินการได้โดยง่ายในสาขาวิชาที่สอนเพื่อให้ครู อาจารย์เข้าใจการทำงานได้ดีขึ้น จึงอาศัยกรอบความคิดของแนวทาง การดับทุกข์อริยสัจ 4 มาช่วยในการสอนการจัดทำโครงงาน

แนวทางการจัดกระบวนการเรียนรู้ ด้วยโครงงาน

1. วัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน เพื่อสอนวิธีการเรียนรู้ด้วยโครงงานให้ครูและผู้เรียนได้เสาะแสวงหาความรู้ด้วยระเบียบวิธีที่ใช้หลักเหตุผลร่วมกันทั้งการดำเนินงานส่วนบุคคล ทีมงาน และการมีส่วนร่วมกับชุมชน

2. หลักสูตรการเรียนการสอน จำนวนเวลาที่ทำการสอนด้วยการเรียนรู้ด้วยโครงงานรวม 3 คาบ ได้แก่ 1) ภาคทฤษฎี 1 คาบ, ภาคปฏิบัติ 2 คาบ (ฝึกปฏิบัติตามตัวอย่าง) และมอบทีมงานเขียนโครงงานเป็นการบ้าน 2)เนื้อหา คือ การเรียนรู้เกี่ยวกับวิชาที่ทำการสอนโดยอาศัยโครงงานเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ 3) ผู้เรียน คือ นักเรียนในวิชาที่ครู-อาจารย์ ทำการสอน 4) วิทยาการ

คือ ครู-อาจารย์ ที่สอนและหรือทีมงานที่สอนวิชาที่รับผิดชอบ 5) การวัดผลจากพฤติกรรมที่ปฏิบัติ และความเป็นไปได้ของโครงงานที่ฝึกปฏิบัติ

ผลที่คาดว่าจะได้รับ 1) ครูและผู้เรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ด้วยตนเองดีขึ้น 2) ครูและผู้เรียนสามารถนำข้อมูลมาประกอบใช้ในการพิจารณาเลือกตัดสินใจ ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง และทีมงาน 3) คุณภาพการจัดการเวียนการสอน และคุณภาพการศึกษาของผู้เรียนสูงขึ้น 4) กระบวนการคิดและกระบวนการตัดสินใจของครูและนักเรียน เกิดอย่างต่อเนื่องและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

3. ขั้นตอนการทำโครงงาน โดยทั่วไปประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ คือ

3.1 การคิดการศึกษาค้นคว้า การสำรวจ การสอบถาม เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและหรือพัฒนาให้ดีขึ้น

3.2 การวางแผนการดำเนินงานตั้งแต่เริ่มต้นจนจบให้เห็นภาพตลอดแนว

3.3 การดำเนินงานเริ่มตั้งแต่การนำเค้าโครงงานไปสู่การปฏิบัติ การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และประมวลผล

3.4 การเขียนรายงาน เป็นการนำเสนอผลงานต่อสาธารณะ เช่นเดียวกับการดำเนินงานอื่น ๆ ซึ่งมีสาระสำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนประกอบตอนต้น (ปก คำนำ สารบัญ) ส่วนเนื้อหา (ความเป็นมา วัตถุประสงค์ ผลที่คาดว่าจะได้ แนวคิดทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ระเบียบวิธีการดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสรุปผล) ส่วนอ้างอิง (บรรณานุกรม ภาคผนวก) หรืออาจเขียนเป็นรายงานสรุปก็ได้ประกอบด้วย ความเป็นมา วัตถุประสงค์ระเบียบวิธีดำเนินงาน สรุปผลการศึกษา บรรณานุกรม และภาคผนวก

3.5 การนำเสนอผลงาน เป็นการเผยแพร่ข้อค้นพบจากการดำเนินงานในรูปแบบต่างๆ เช่น การจัดบอร์ด จัดนิทรรศการนำเสนอในที่ประชุมสัมมนา จัดพิมพ์เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ในการอ้างอิงหรือปฏิบัติจริง

ประโยชน์ของโครงงาน คือ ตอบสนองความต้องการของผู้เรียน .เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างหลากหลาย ,เป็นการแสวงหาความจริงจากระเบียบวิธีที่ใช้หลักเหตุผล

หลักการการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโครงงานของครูนิยม รักษาแก้ว ( 2545 : 4-5)

1. การวางแผนการเรียนรู้ ต้องมีการเตรียมการ ทั้งเนื้อหาและวิธีการโดยละเอียดเพื่อให้บรรลุตามความมุ่งหมายที่วางไว้ต้องจัดสภาพแวดล้อมบรรยากาศที่ปลุกเร้าจูงใจให้เกิดการเรียนรู้จัดกิจกรรมและสถานการณ์ให้นักเรียนได้แสดงออก มีกระบวนการคิด ฝึกคิด ฝึกทำ ฝึกปรับปรุงตนเอง มีการใช้สื่อการสอน และแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น นำเด็กนักเรียนไป

ศึกษาดูงานการปลูกผักปลอดสารพิษ การเพาะเห็ดฟางจากทลายปาล์มน้ำมัน การเลี้ยงปลาน้ำจืด หรือเชิญวิทยากรภายนอกมาให้ความรู้กับนักเรียน

2 .การวัดผลประเมินผลตามสภาพที่แท้จริง จัดแบ่งการวัดผลประเมินผล 3ส่วน

ส่วนที่ 1 การวัดผลประเมินผลภาคความรู้ จะทดสอบโดยใช้ข้อทดสอบ วัดผลประเมินผลให้ครบทั้ง 6 ด้าน คือ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ นำไปใช้ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า ใช้ข้อทดสอบวัดผลประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียน เน้นการประเมินภาคความรู้

ส่วนที่ 2 การวัดผลประเมินผลกระบวนการ (ทักษะ) เป็นการประเมินผลที่มีแบบสังเกต สัมภาษณ์ ฯลฯ เช่น แบบสังเกตพฤติกรรมในกระบวนการกลุ่ม แบบสังเกตชิ้นงาน แบบประเมินกระบวนการทำงาน แบบประเมินคุณธรรมจริยธรรม

ส่วนที่ 3 การวัดผลประเมินผลการนำไปใช้ เป็นประเมินผู้เรียนที่นำความรู้ ทักษะไปใช้จริงๆ ในวิถีชีวิตของตนเอง

โดยในการวัดผลประเมินผลจะวัดทั้ง 3 ด้าน ทุกกิจกรรมการเรียนรู้ คือ พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บุรัช แก้วแสนเมือง (2544 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษา เรื่อง ผลการสอนโดยใช้โครงงานคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยโครงงาน 6 ขั้นตอน คือ 1) ศึกษาเอกสารข้อมูลเพื่อกำหนดปัญหา 2) กำหนดปัญหา กำหนดหัวเรื่อง 3) เก็บรวบรวมข้อมูล และนำข้อมูลมาศึกษา 4) ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล 5)สรุปและนำเสนอข้อมูล 6) ตรวจสอบแก้ไข เขียนรายงาน และสอบปากเปล่า โดยผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องสถิติ และความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนและเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนทั้งหมด ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุกัญญา วุฒิรัตน์ (2546 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้โครงงานคณิตศาสตร์ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน 5 ขั้นตอน คือ ขั้นกำหนดปัญหา 2) ขั้นตั้งสมมติฐาน 3) ขั้นการออกแบบการทดลอง 4) ขั้นดำเนินการตรวจสอบสมมติฐาน และ 5)ขั้นสรุป ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่มี

ความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์หลังการสอนโดยใช้โครงงานคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี และสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อารีรัตน์ ขวัญทะเล (2546 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง จำนวนและตัวเลขของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการทำโครงงานคณิตศาสตร์ โดยแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง คือกลุ่มนักเรียนที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยการทำโครงงานคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 52 คน ใช้เวลาการสอน 10 ชั่วโมง มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ 1) การคิดและเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหา 2) การวางแผนในการทำโครงงาน 3) การลงมือทำโครงงาน 4) การสรุปผลและการเขียนรายงาน 5) การนำเสนอผลงาน และกลุ่มควบคุม คือกลุ่มที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติ จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 52 คน ใช้เวลาการสอน 8 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนและตัวเลข และเจตคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีการจัดการเรียนการสอนด้วยการทำโครงงานคณิตศาสตร์สูงกว่าที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ .01 ตามลำดับ

รุ่งทิวา สิงหัดชัย (2547 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง การประเมินผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2546 โรงเรียนดอนก่อโนนสวรรค์ อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน 5 ขั้นตอน คือ 1) การเลือกเรื่องหรือประเด็นปัญหา 2) การกำหนดจุดประสงค์ 3) การกำหนดวิธีการศึกษา 4) ลงมือปฏิบัติ 5) การรายงานและนำเสนอข้อมูล ผลการศึกษาพบว่า ผลการประเมินผลการเรียนรู้ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ แบ่งเป็น 3 ด้าน 1. ด้านความรู้ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเงินและเวลาสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 2. ด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประเมิน 3 ส่วน คือ 1)การแก้ปัญหา 2) การสื่อความหมายและนำเสนอ 3) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์นักเรียนได้พัฒนาความสามารถสูงขึ้นตามลำดับ คือ จากวงจรที่ 1 อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย2.20) วงจรที่ 2,3 และ4 อยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.63 ,2.90 และ 3.05 ตามลำดับ 3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ นักเรียนได้พัฒนาพฤติกรรมสูงขึ้นตามลำดับ คือ วงจรที่ 1,2,3 และ4 อยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย 1.78 ,2.00,2.12 และ 2.15 ตามลำดับ) ซึ่งได้ข้อสรุปว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิธีหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น มีความคงทนในการเรียน มีการพัฒนาความสามารถด้านทักษะกระบวนการแก้ปัญหา

การสื่อสารสื่อความหมาย การนำเสนอ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีการพัฒนาคุณลักษณะอันพึงประสงค์ จึงสามารถใช้เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียนในระดับนี้ได้

ศักดิ์ดา ศรีผาวงศ์ (2547 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยโครงงาน เรื่องสถิติเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน 6 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเผชิญปัญหา 2) ขั้นรวบรวมข้อมูล 3) ขั้นมีปฏิสัมพันธ์ 4) ขั้นลงมือปฏิบัติ 5) ขั้นสรุปผล 6) ขั้นนำเสนอผลงาน โดยศึกษาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คือ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ การเชื่อมโยง และการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยโครงงาน มีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ ทั้งด้านความรู้ และด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 20 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนผ่านไป 14 วัน ทั้งด้านความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ไม่แตกต่างจากเดิม

ราตรี ทองสามสี (2547 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาผลการเรียนรู้เรื่องโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยวิธีสอนแบบโครงงาน มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นนำ 2) ขั้นกำหนดจุดมุ่งหมาย 3) ขั้นวางแผน 4) ขั้นดำเนินการตามแผน และ5) ขั้นนำเสนอและประเมินผล ผลการศึกษาพบว่า ผลการเรียนรู้เรื่องโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยวิธีสอนแบบโครงงานก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 คะแนนหลังการเรียน โดยวิธีสอนโครงงานสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนเห็นด้วยต่อวิธีสอนแบบโครงงานอยู่ในระดับมากโดยมีความคิดเห็นว่าวิธีสอนแบบโครงงานช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนสามารถดำเนินงานตามขั้นตอนที่วางไว้ได้ฝึกความเป็นผู้นำ แสดงความคิดเห็นและสามารถนำเสนอข้อมูลได้ มีการบูรณาการความรู้ และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงและเกิดความภาคภูมิใจในผลงานของตนเอง

รุจิรัตน์ รุ่งหัวไผ่ ( 2549 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ มีขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมโครงงาน 4 ขั้นตอน คือ วางพื้นฐาน เริ่มต้นโครงงาน ปฏิบัติโครงงานและเสนอผลการศึกษา ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์มีผลต่อความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับดี โดยมีความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ร้อยละ 86.50 ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองร้อยละ 87.00 และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ร้อยละ 74.36

Krajick (1994 : 483-497, อ้างถึงใน ศักดิ์ดา ศรีผาวงศ์ 2547 : 63-64) ได้ศึกษารูปแบบความช่วยเหลือของครูมัธยมศึกษาตอนต้นในการดำเนินงานโครงงานของนักเรียน พบว่า การสอนโครงงานได้มีการนำไปใช้จัดการเรียนรู้ในสภาพห้องเรียนที่แตกต่างกัน โดยนักเรียนจะเป็นผู้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าจากเรื่องที่ตนเองสนใจซึ่งส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับบทเรียนและดำเนินการค้นคว้าโดยการค้นคว้า ปรึกษาและใช้เทคโนโลยี เนื่องจากการสอนโดยโครงงานมีการดำเนินงานที่แตกต่างจาก การสอนวิธีอื่นๆ ผู้สอนจำเป็นต้องช่วยเหลือนักเรียนอ่อน และต้องประสานงานเพื่อขอความร่วมมือ ความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญทั้งในด้านเนื้อหาและเทคโนโลยีเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาโครงงานของนักเรียน สำหรับนักเรียนจะวางแผนโครงงานตามความคิดและประสบการณ์ซึ่งจะมีการร่วมมือกันเองเมื่อประสบปัญหา หรือเมื่อโครงงานมีความสัมพันธ์กับโครงงานผู้อื่น ลักษณะการสอนโครงงาน ความร่วมมือ การให้ความช่วยเหลือการดำเนินงาน และผลที่ได้รับจากโครงงานเป็นการพัฒนาความคิดรวบยอดและมนุษยสัมพันธ์ทางวิชาการของนักเรียนที่ได้เป็นอย่างดี

กรีนวู้ด (Greenwood 2004 : Abstract) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้ด้วยโครงงาน ผลการศึกษาพบว่า การเรียนรู้ด้วยโครงงานทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ส่งเสริมการบรรยากาศการเรียนรู้ร่วมกันและช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ปัญหาสำคัญคือ ผู้เรียนขาดความรู้และประสบการณ์เดิม และเวลาที่เพียงพอในการทำโครงงานตลอดจนการกระตุ้นที่จะนำไปสู่ความรู้สึกอยากที่จะทำโครงงานของผู้เรียน

ฮาร์แกรฟ (Hargrave 2004 : Abstract) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้ด้วยโครงงานในชั้นเรียน ของนักเรียนเกรด 6 ผลการศึกษาพบว่า การเรียนรู้ด้วยโครงงาน ช่วยกระตุ้นความสำเร็จของผู้เรียนได้เนื่องจาก มีรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลาย และใช้ไหวพริบในการทำให้สมบูรณ์ การเรียนรู้ด้วยโครงงานช่วยให้นักเรียนได้ใช้การเรียนรู้ร่วมกันในการพัฒนาความคิดและการปรับปรุงงานที่ได้รับมอบหมาย โครงงานเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้จากชีวิตจริง ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ของพวกเขาสู่โลกภายนอก สรุปได้ว่า การเรียนรู้ด้วยโครงงานทำให้เกิดผลสำเร็จในด้านบวกกับผู้เรียน นักเรียนได้พัฒนาความต้องการที่จะเรียนรู้และเสนอปัญหาที่พวกเขาสนใจจะทำ

นีซ (Niesz 2004 : Abstract ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการนำวิธีสอนแบบโครงงานไปใช้ในโรงเรียนระดับกลาง (นักเรียนอายุ 9-13 ปี) พบว่า วิธีสอนแบบโครงงานทำให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ในเชิงบวก เนื่องจากผู้เรียนได้รับโอกาสที่จะเรียนรู้จากของจริงซึ่งเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

# สรุป

จากการศึกษางานวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 หลักสูตรสถานศึกษาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรขาคณิต ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การสอนคณิตศาสตร์ วิธีสอนแบบโครงงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ว่า หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เป็นหลักสูตรที่มุ่งพัฒนาส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองได้ตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพอย่างต่อเนื่องตลองชีวิต ผู้เรียนสำคัญที่สุด ให้ความสำคัญต่อการเรียนรู้เกี่ยวกับตนเองและสังคม ทั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีความเป็นไทย มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ ในส่วนของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นหลักสูตรที่เน้นให้เยาวชนเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่พอเพียง สามารถนำความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นไปพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดียิ่งขึ้น และในสาระที่ 6 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย1) ทักษะการแก้ปัญหา 2) ทักษะการให้เหตุผล 3) ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ 4) ทักษะการเชื่อมโยง และ 5) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ นั้นแม้ไม่ใช่สาระเนื้อหาแต่มีความสำคัญอย่างมาก การสอนแต่ละสาระจะให้ได้ผลดีมีประสิทธิภาพ ต้องคำนึงถึงทักษะทั้ง 5 นี้ประกอบกัน โดยพยายามจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ทักษะและเนื้อหามีความสัมพันธ์กัน ทั้งนี้ในการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนต้องมีความเข้าใจหลักการสอน ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอน จึงจะสามารถพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ได้ และจากการศึกษาพบว่าการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ได้ จากการศึกษาหลักการ แนวคิด และทฤษฎี พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นวิธีหนึ่งที่ตอบสนองความต้องการในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นวิธีที่เน้นการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทำให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการที่หลากหลายในการแก้ปัญหาที่เกิดจากความสนใจของผู้เรียนเอง และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานช่วยพัฒนาผู้เรียนทั้งในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการและเจตคติที่มีต่อการเรียนนับเป็นรูปแบบการสอนที่มีประสิทธิภาพรูปแบบหนึ่ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน โดยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ศึกษา ได้แก่ 1) ทักษะการแก้ปัญหา 2) ทักษะการให้เหตุผล 3) ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ 4) ทักษะการเชื่อมโยง 5) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ 1) การ

เลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา 2) การวางแผน 3) การลงมือปฏิบัติ 4) การเขียนรายงาน และ 5)การนำเสนอผลงาน ซึ่งส่วนประกอบของโครงงาน ได้แก่ 1)ชื่อโครงงาน 2)ชื่อผู้ทำโครงงาน 3)ที่ปรึกษาโครงงาน 4)บทคัดย่อ 5)ที่มาและความสำคัญ 6)จุดมุ่งหมาย/วัตถุประสงค์การศึกษา 7)วิธีดำเนินการนำขั้นตอนของโครงงานที่ทำมาเขียน 8) ผลการศึกษาค้นคว้า 9) สรุปและข้อเสนอแนะ 10)เอกสารอ้างอิง ทั้งนี้เนื้อหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้นั้นใช้เนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรขาคณิตในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เนื่องจาก เรขาคณิตมีเนื้อหาวิชาที่มีความหลากหลาย น่าสนใจ สามารถพัฒนาควบคู่ไปกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์และนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานได้

# บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาทักษะกระบวนทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ดำเนินการทดลองตามแผนการวิจัยขั้นพื้นฐาน(Pre Experimental Research) แบบหนึ่งกลุ่มสอบก่อนและหลังเรียน One Group Pretest – Posttest Design โดยมีขั้นตอนและรายละเอียด ในการดำเนินการวิจัยต่อไปนี้

**การดำเนินการวิจัย**

เพื่อให้การดำเนินการวิจัยเกิดประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้จึงกำหนดรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1 การจัดเตรียมโครงการวิจัย** เป็นการจัดเตรียมโครงการวิจัยเพื่อให้เกิดระบบการดำเนินการตามโครงการ โดยการศึกษาเอกสาร ตำรา วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การพัฒนาและปรับปรุงเครื่องมือและเสนอขอความเห็นชอบโครงการจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

**ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินงานตามโครงการวิจัย** เป็นขั้นการทดลองเก็บข้อมูลจากเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนาจากขั้นตอนที่ 1 แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล นำมาตรวจสอบความถูกต้อง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูล

**ขั้นตอนที่ 3 การรายงานผลการวิจัย** เป็นขั้นตอนการจัดทำร่างรายงานผลการวิจัย เพื่อเสนอคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความถูกต้องเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องตามที่คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์เสนอแนะ และส่งรายงานผลการวิจัยแบบสมบูรณ์ต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

**ระเบียบวิธีการวิจัย**

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2551 ของโรงเรียนในกลุ่มมหาสวัสดิ์ สำนักงานเขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร จำนวน 6 โรงเรียน

ได้แก่ โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ)จำนวน 45 คน,โรงเรียนตั้งพิรุฬห์ธรรม จำนวน 118 คน, โรงเรียนคลองทวีวัฒนา จำนวน 115 คน,โรงเรียนวัดปุรณาวาส จำนวน 123 คน,โรงเรียนคลองบางพรหม จำนวน 53 คนและโรงเรียนคลองมหาสวัสดิ์ จำนวน 48 คน รวมทั้งสิ้น 502 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน(Multistage Sampling)มีขั้นตอนดังนี้ 1)จับฉลากโรงเรียนในกลุ่มมหาสวัสดิ์ สำนักงานเขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานครจากจำนวน 6 โรงเรียนได้โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) 2) จับฉลากห้องเรียนจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่4 โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) จำนวน 2 ห้องเรียน ได้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 23 คน

**ตัวแปรที่ศึกษา**

1. ตัวแปรอิสระ(Independent Variables) ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน
2. ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่
   2.1 ผลการเรียนรู้ เรขาคณิต
   2.2 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
   2.3 ความคิดเห็นของนักเรียน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

**เนื้อหา**

เนื้อหาที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์สาระที่ 3 เรขาคณิต หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรขาคณิต ตามหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) สำนักงานเขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร

**ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง**

ผู้วิจัยได้กำหนดเวลาในการทดลอง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ระหว่างวันที่ 15 ธันวาคม 2551 - 4 กุมภาพันธ์ 2552 เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ๆ ละ 3 ชั่วโมง รวม 16 ชั่วโมง

**แผนการวิจัย**

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยขั้นพื้นฐาน(Pre Experimental Research) แบบหนึ่งกลุ่มสอบก่อนและหลังเรียน One Group Pretest – Posttest Design (Tuckman 1999: 160) ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| $T_1$ | X | $T_2$ |

$T_1$ หมายถึง การทดสอบผลการเรียนรู้ เรขาคณิตก่อนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

$T_2$ หมายถึง การทดสอบผลการเรียนรู้ เรขาคณิตหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบโครงงานจำนวน 13 แผน ใช้เวลา 16 ชั่วโมง

2. แบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน โดยประเมินใน 5 ด้าน ได้แก่ 1) การแก้ปัญหา 2) การให้เหตุผล 3) การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ 4) การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ 5)ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

3. แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ เป็นแบบอัตนัย 5 ข้อ ข้อละ 5 คะแนน รวม 25 คะแนน โดยแยกตามข้อ 2

4. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรขาคณิต จำนวน 1 ฉบับ เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวม 40 คะแนน

5. แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน จำนวน 1 ฉบับ ทั้งหมด 16 ข้อแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) มี 3 ระดับ คือ เห็นด้วยมาก เห็นด้วยปานกลาง เห็นด้วยน้อย จำนวน 15 ข้อ ซึ่งถามใน 3 ประเด็น คือ 1) กิจกรรมการเรียนรู้ 2) บรรยากาศในการเรียนรู้ และ 3) ประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ ตอนที่ 2 คือ ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

**การสร้างเครื่องมือในการวิจัย**

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน จำนวน 13 แผน รวม 16 ชั่วโมง ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตร ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จุดประสงค์การเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชาและเนื้อหา ศึกษาเอกสาร หนังสือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

1.2 วิเคราะห์ เลือก และกำหนดเนื้อหา และสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ดังรายละเอียดในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การวิเคราะห์เนื้อหา เพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ | สาระการเรียนรู้/เนื้อหา | จำนวน (ชั่วโมง) |
|---|---|---|
| 1. | ส่วนของระนาบ | 1 |
| 2. | จุด ส่วนของเส้นตรง เส้นตรง และรังสี | 1 |
| 3. | มุม จุดยอดมุม แขนของมุม การเรียกชื่อมุมและการจำแนกชนิดของมุม ( มุมฉาก มุมแหลม มุมป้าน ) | 2 |
| 4. | รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ( สี่เหลี่ยมผืนผ้า , สี่เหลี่ยมจัตุรัส ),เส้นทแยงมุม | 1 |
| 5. | เส้นขนาน | 1 |
| 6. | ส่วนประกอบของรูปวงกลมและสมบัติพื้นฐานของรูปวงกลม | 1 |
| 7. | รูปสมมาตร และแกนสมมาตร | 1 |
| 8. | การประดิษฐ์ลวดลายโดยใช้รูปเรขาคณิต | 1 |
| 9. | ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงงาน (ความหมาย,ประเภท,ขั้นตอนการทำโครงงาน) | 1 |
| 10. | การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษาเกี่ยวกับโครงงานคณิตศาสตร์ | 1 |
| 11. | การเขียนเค้าโครงโครงงานคณิตศาสตร์ | 1 |
| 12. | การดำเนินการจัดทำโครงงาน และการเขียนรายงานโครงงานคณิตศาสตร์ | 2 |
| 13. | การนำเสนอผลงานและการประเมินผลโครงงาน | 2 |
| รวม | | 16 |

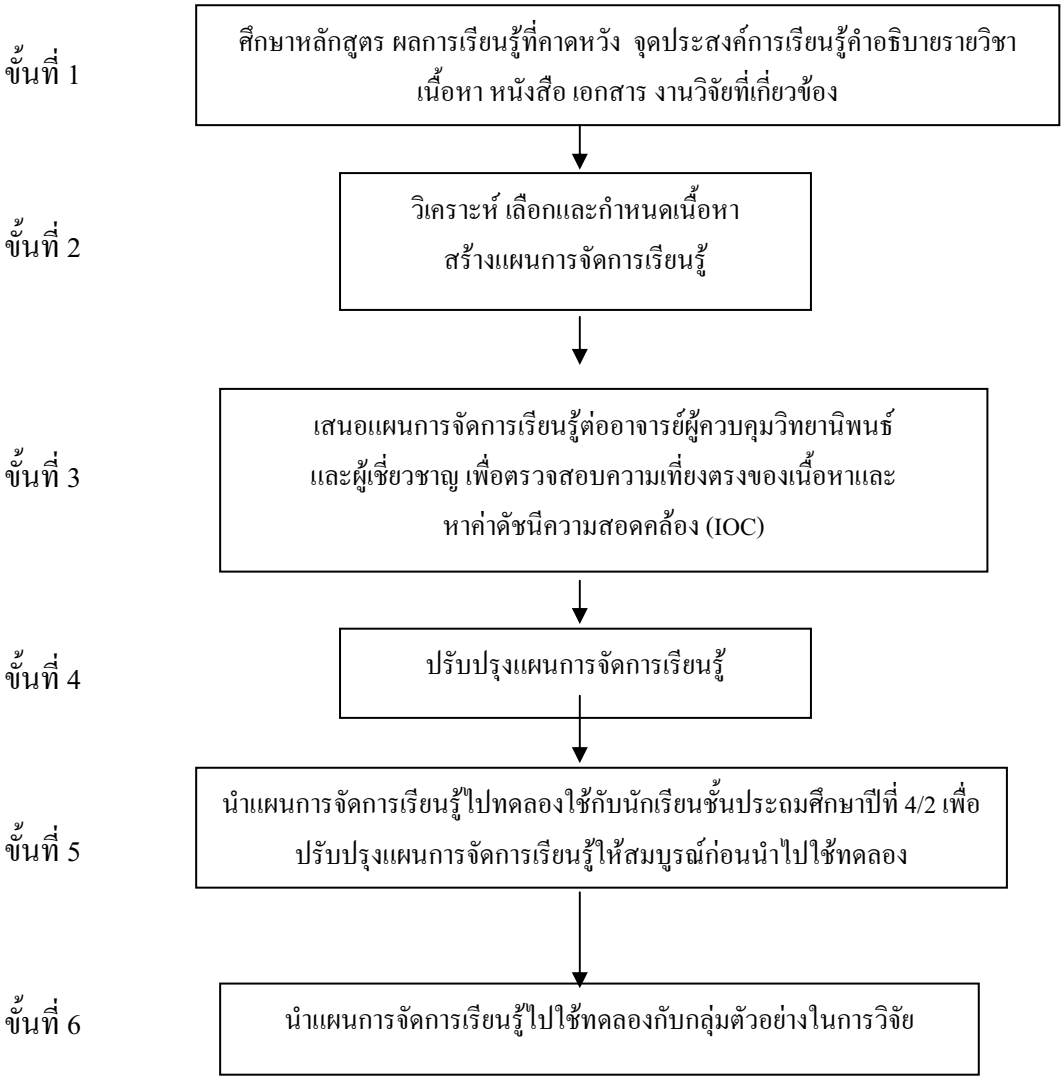
1.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างเสร็จแล้วไปเสนอต่ออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 คน ตรวจสอบความถูกต้องความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์ (Index of Item Objective Congruence : IOC) โดยทำแบบสำรวจรายการให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณา กำหนดเกณฑ์การพิจารณา คือ ถ้าเห็นว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์ให้ 1 คะแนน ถ้าไม่แน่ใจให้ 0 คะแนน ถ้าเห็นว่าไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์ให้ -1 นำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ถ้าค่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 0.50 แสดงว่า มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ แต่ถ้าค่าน้อยกว่า 0.50 แสดงว่า ต้องปรับปรุงแก้ไข (สุเทพ อ่วมเจริญ 2548 : 97) ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1 (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 208 )

1.4 ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 215)

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/2 โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) สำนักงานเขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร จำนวน 22 คน เนื่องจากทางโรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) มีการจัดนักเรียนเข้าห้องเรียนโดยการคละความสามารถให้แต่ละห้องเรียนมีนักเรียนทั้งระดับ เก่ง ปานกลางและอ่อนจึงทำให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/2 มีความรู้และสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จากนั้นนำผลการทดลองไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้สมบูรณ์ก่อนนำไปใช้จริง

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

สรุปขั้นตอนในการสร้างและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบโครงงานได้ดังแผนภูมิที่ 6




แผนภูมิที่ 6 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบโครงงาน

2. แบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน มีคะแนนเต็ม 20 คะแนน เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) มี 4 ระดับ คือ สูงมาก สูง ปานกลาง ต่ำ ประเมิน 5 ด้าน คะแนนเต็มด้านละ 4 คะแนน รวม 20 คะแนน โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายของระดับคะแนนเฉลี่ย ดังตารางที่ 15 ดังนี้

ตารางที่ 15 เกณฑ์การแปลความหมายของระดับคะแนนเฉลี่ย

| ระดับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|
| สูงมาก | 3.50 – 4.00 |
| สูง | 2.50 – 3.49 |
| ปานกลาง | 1.50 – 2.49 |
| ต่ำ | 1.00 – 1.49 |

ขั้นตอนในการดำเนินการสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน มีดังนี้

2.1 ศึกษารูปแบบการสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน

2.2สร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงานโดยมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน(ปรับปรุงจากสุวร กาญจนมยูร 2544 : 56, กรมวิชาการ 2545: 137-139 ,ศิริพร รัตนโกสินทร์ 2546 : 49-51 , รุ่งทิวา สิงหัดชัย 2547 : 181-185 และนริศราภรณ์ ศรีพงษ์ชัย 2548 : 80-82 ) รายละเอียดดังตารางที่ 16 ดังนี้

ตารางที่ 16 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน

| ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | ระดับคะแนน/ แนวทางการให้คะแนน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 คะแนน (สูงมาก) | 3 คะแนน (สูง) | 2 คะแนน (ปานกลาง) | 1 คะแนน (ต่ำ) |
| การแก้ปัญหา | มีการศึกษาปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะทำโครงงานอย่างชัดเจน มีการวางแผนอย่างเป็นระบบ ดำเนินการตามแผนการที่วางไว้ครบทุกขั้นตอน | มีการศึกษาปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะทำโครงงาน มีการวางแผนอย่างเป็นระบบ แต่ไม่ดำเนินการตามแผนการที่วางไว้ สามารถประเมินและ | มีการศึกษาปัญหาแต่ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะทำโครงงานยังไม่ชัดเจน การวางแผนการทำงานยังไม่เป็นระบบ ทำให้การทำงานไม่เป็นไปตามขั้นตอน | การศึกษาปัญหาแต่ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะทำโครงงานยังไม่ชัดเจน ไม่มีการวางแผนการทำงานตลอดจนไม่สามารถประเมินและเสนอแนะแนวทาง |

ตารางที่ 16 (ต่อ)

| ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | ระดับคะแนน/ แนวทางการให้คะแนน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 คะแนน (สูงมาก) | 3 คะแนน (สูง) | 2 คะแนน (ปานกลาง) | 1 คะแนน (ต่ำ) |
| การแก้ปัญหา | สามารถประเมินและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม | เสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้เหมาะสม | ที่ถูกต้อง สามารถประเมินและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้แต่ยังไม่เหมาะสมเท่าที่ควร | ทางการปรับปรุงโครงงานคณิตศาสตร์ได้ |
| การให้เหตุผล | มีการอ้างอิง เสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล | มีการอ้างอิงที่ถูกต้องบางส่วน และเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ | เสนอแนวคิดไม่สมเหตุสมผลในการประกอบการตัดสินใจ | มีความพยายามเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ |
| การสื่อสารการสื่อความหมายและการนำเสนอ | ใช้ภาษาพูดและเขียนเพื่อแสดง แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนให้ผู้อื่นเข้าใจได้ชัดเจน การเขียนรายงานตรงตามแบบฟอร์มการเขียนเค้าโครงของโครงงานฉิตศาสตร์ถูกต้องและสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน มีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องนำเสนอโดยใช้กราฟแผนภูมิ หรือตารางแสดงข้อมูลประกอบ | ใช้ภาษาพูดและเขียนในการนำเสนอแนวคิดได้อย่างคร่าวๆ ไม่ชัดเจนบางส่วนแต่ครอบคลุมสาระสำคัญ การเขียนรายงานตรงตามแบบฟอร์มการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ถูกต้อง มีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องนำเสนอโดยใช้กราฟแผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบ | ใช้ภาษาพูดและเขียนในการนำเสนอแนวคิดได้ไม่ชัดเจนในบางส่วนและครอบคลุมสาระสำคัญเพียงบางส่วน การเขียนรายงานตรงตามแบบฟอร์มการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์แต่ไม่ครบถ้วน มีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์พยายามนำเสนอโดยใช้กราฟแผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบ | ใช้ภาษาพูดและเขียนในการนำเสนอแนวคิดได้เพียงเล็กน้อย การเขียนรายงานไม่ตรงตามแบบ ฟอร์มการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์มีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายๆ ไม่ได้ใช้กราฟแผนภูมิหรือตารางเลย การนำเสนอข้อมูลไม่ชัดเจน |

ตารางที่ 16 (ต่อ)

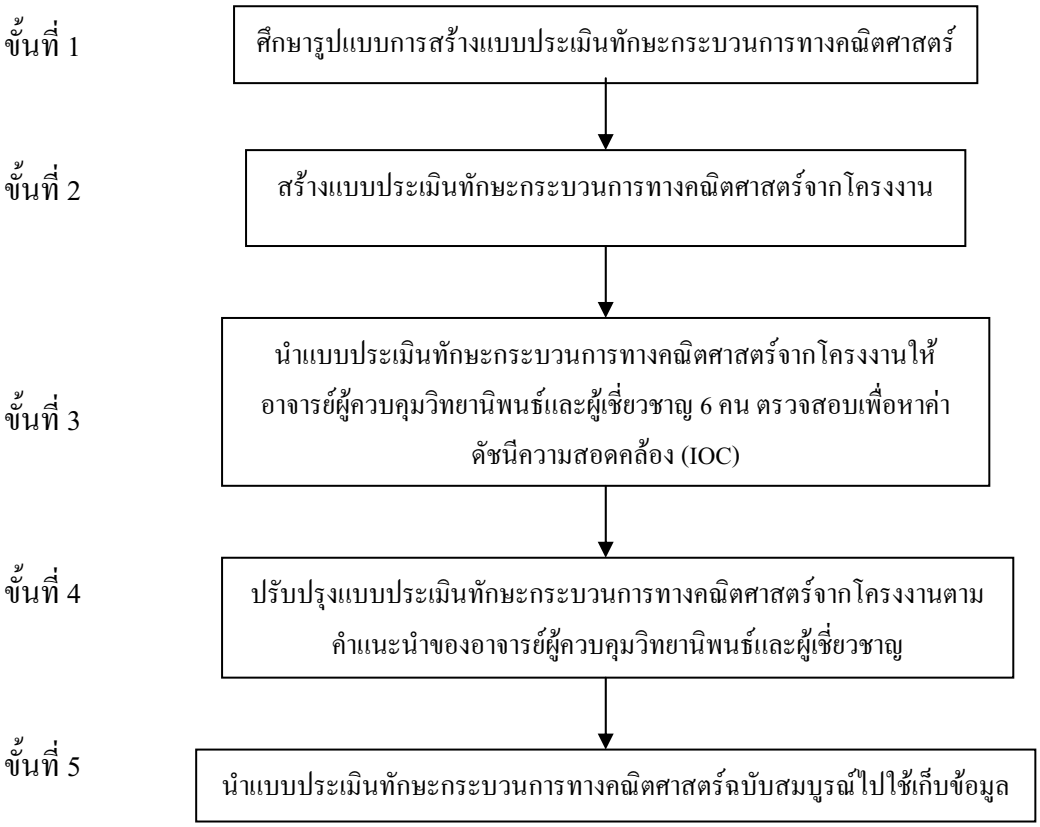
| ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | ระดับคะแนน/ แนวทางการให้คะแนน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 คะแนน (สูงมาก) | 3 คะแนน (สูง) | 2 คะแนน (ปานกลาง) | 1 คะแนน (ต่ำ) |
| การสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ | ตามลำดับขั้นตอนได้ถูกต้องเป็น ระบบ กระชับ ชัดเจน และมีรายละเอียดสมบูรณ์ | ตามลำดับขั้นตอนได้ถูกต้องแต่ขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์ | ชัดเจนบางส่วน | |
| การเชื่อมโยง | นำความคิดรวบยอดหลักการและวิธีทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุป ของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจทำโครงงานคณิตศาสตร์ ได้อย่างชัดเจนทุกขั้นตอนและนำไปสู่ข้อสรุปที่ถูกต้อง | นำความคิดรวบยอดหลักการและวิธีทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุป ของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจทำโครงงานคณิตศาสตร์ และนำไปสู่ข้อสรุปที่ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน | นำความคิดรวบยอดหลักการและวิธีทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุป ของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจทำโครงงานคณิตศาสตร์ และนำไปสู่ข้อสรุป แต่ข้อสรุปยังไม่ถูกต้อง | นำความคิดรวบยอดหลักการและวิธีทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุป ของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจทำโครงงานคณิตศาสตร์ ได้บ้างแต่ยังไม่ได้หาข้อสรุป |
| ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | มีแนวคิด/ วิธีการแปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์ | มีแนวคิด/ วิธีการแปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้แต่นำไปปฏิบัติแล้วไม่ถูกต้องสมบูรณ์ | มีแนวคิด/วิธีการไม่แปลกใหม่แต่นำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์ | มีแนวคิด/วิธีการไม่แปลกใหม่และนำไปปฏิบัติแล้วยังไม่สมบูรณ์ |

2.3นำแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงานไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 6 คน ตรวจสอบด้านเนื้อหา ภาษาและวัตถุประสงค์ เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเครื่องมือ ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1(ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 202 )

2.4 ปรับปรุงแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงานตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ 6 คน (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 216 )

2.5 นำแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงานที่ได้รับการปรับปรุงแล้วไปเก็บรวบรวมข้อมูล

สรุปขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน ดังแผนภูมิที่ 7




แผนภูมิที่ 7 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน

3. แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ เป็นแบบอัตนัย 5 ข้อ ข้อละ 5 คะแนน รวม 25 คะแนน โดยแยกเป็นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ละ 1 ข้อ ได้แก่ ได้แก่ 1) การแก้ปัญหา 2) การให้เหตุผล 3) การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ 4) การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ 5) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนดังรายละเอียดในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 เกณฑ์การแปลความหมายของระดับคะแนนเฉลี่ย

| ระดับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|
| สูงมาก | 4.50 – 5.00 |
| สูง | 3.50 – 4.49 |
| ปานกลาง | 2.50 – 3.49 |
| ต่ำ | น้อยกว่า 2.50 |

ขั้นตอนในการดำเนินการสร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงานมีดังนี้

3.1 ศึกษารูปแบบการสร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

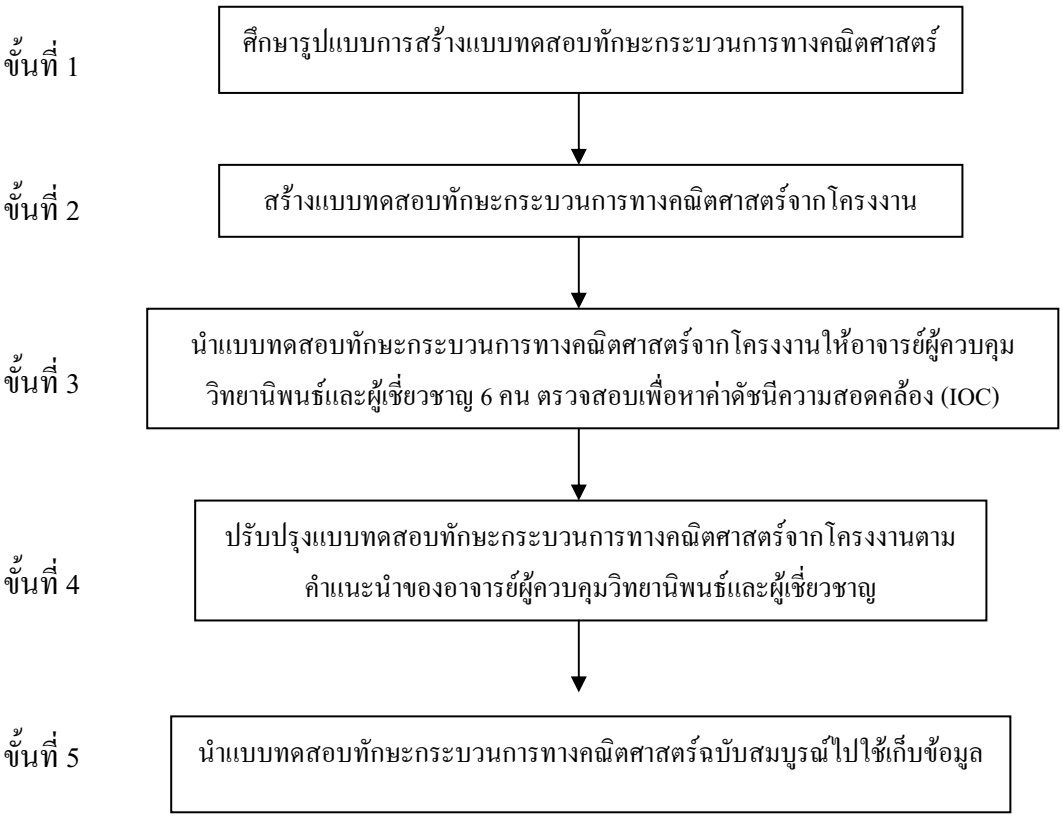
3.2 สร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน

3.3 นำแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 6 คน ตรวจสอบด้านเนื้อหา ภาษาและวัตถุประสงค์ เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเครื่องมือ ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.83 – 1.00 (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 201 )

3.4 ปรับปรุงแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงานตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ 6 คน (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 216 )

3.5 นำแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงานที่ได้รับการปรับปรุงแล้วไปเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังแผนภูมิที่ 8




แผนภูมิที่ 8 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน

<u>หมายเหตุ</u> การประเมินระดับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทำโดยนำคะแนนจากแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน คะแนนเต็ม 20 คะแนน รวมกับ

คะแนนจากแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คะแนนเต็ม 25 คะแนน แล้วนำมาคิดเป็นคะแนนร้อยละ โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายของระดับคะแนนดังรายละเอียดในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 เกณฑ์การแปลความหมายทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากคะแนนร้อยละ

| ระดับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | คะแนนร้อยละ |
|---|---|
| สูงมาก | ตั้งแต่ 90 ขึ้นไป |
| สูง | 75 - 89 |
| ปานกลาง | 60 - 74 |
| ต่ำ | ต่ำกว่า 60 |

4. การสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรขาคณิต จำนวน 1 ฉบับ เป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัว เลือกจำนวน 30 ข้อ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยข้อที่ทำถูกให้คะแนนข้อละ 1 คะแนน ข้อที่ผิดหรือไม่ตอบให้คะแนนข้อละ 0 คะแนน

ขั้นตอนการดำเนินการสร้างแบบวัดผลการเรียนรู้ เรขาคณิต มีดังนี้

4.1 ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และศึกษาทฤษฎี หลักการเขียนและการสร้างแบบทดสอบ ปรนัยและอัตนัย

4.2 วิเคราะห์สาระการเรียนรู้/เนื้อหา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง โดยพิจารณาจากความสำคัญของผลการเรียนรู้ที่คาดหวังให้ครอบคลุมเนื้อหา

ตารางที่ 19 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาระการเรียนรู้/เนื้อหา และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

เพื่อการออกข้อสอบ ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรขาคณิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

| **สาระการเรียนรู้/ เนื้อหา** | **ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง** | **ระดับพฤติกรรมที่ประเมิน** | | | | **รวม(ข้อ)** | **ประเภทของข้อสอบ** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **ความเข้าใจ** | **การนำไปใช้** | **การวิเคราะห์** | **การสังเคราะห์** | | |
| 1. ส่วนของระนาบจุด ส่วนของเส้นตรง เส้นตรง และรังสี | 1.เมื่อกำหนดสิ่งของรูปเรขาคณิตและเส้นทางให้สามารถนึกภาพพร้อมทั้งอธิบายได้ | **2** | **-** | **-** | **-** | **2** | **ปรนัย** |
| | 2.เมื่อกำหนดจุดให้หนึ่งจุดหรือสองจุด สามารถเขียนเส้นตรงส่วนของเส้นตรงหรือรังสีผ่านจุดที่กำหนดให้ได้ | **-** | **2** | **-** | **-** | **2** | **ปรนัย** |

ตารางที่ 19 (ต่อ)

| สาระการเรียนรู้/ เนื้อหา | ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | ระดับพฤติกรรมที่ประเมิน | | | | รวม(ข้อ) | ประเภทของข้อสอบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ความเข้าใจ | การนำไปใช้ | การวิเคราะห์ | การสังเคราะห์ | | |
| 2. มุม จุดยอดมุม แขนของมุม และการเรียกชื่อมุม | 3.เมื่อกำหนดมุมให้สามารถบอกชื่อมุม จุดยอดมุมและแขนของมุมได้ | **3** | **2** | **-** | **-** | **5** | **ปรนัย** |
| 3. การจำแนกชนิดของมุม ( มุมฉาก มุมแหลม มุมป้าน ) | 4.เมื่อกำหนดมุมให้สามารถใช้สิ่งของที่มีลักษณะเป็นมุมฉากช่วยในการให้เหตุผลว่ามุมใดเป็นมุมฉาก มุมแหลมหรือมุมป้าน | **1** | **3** | **1** | **-** | **5** | **ปรนัย** |
| 4. รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ( สี่เหลี่ยมผืนผ้า , สี่เหลี่ยมจัตุรัส เส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยม) | 5.เมื่อกำหนดรูปสี่เหลี่ยมหรือสิ่งของที่มีส่วนใดส่วนหนึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมให้สามารถบอกได้ว่ารูปใดหรือส่วนใดของสิ่งของนั้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก | **1** | **1** | **-** | **-** | **2** | **ปรนัย** |
| | 6.เมื่อกำหนดรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากให้สามารถจำแนกได้ว่าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า | **2** | **-** | **1** | **-** | **3** | **ปรนัย** |
| 5. เส้นขนาน | 7.เมื่อกำหนดเส้นตรงหรือส่วนของเส้นตรงตั้งแต่สองเส้นขึ้นไปที่อยู่บนระนาบเดียวกันให้สามารถบอกได้ว่าเส้นตรงหรือส่วนของเส้นตรงคู่ใดขนานกัน | **1** | **1** | **1** | **-** | **3** | **ปรนัย** |
| 6. ส่วนประกอบของรูปวงกลมและสมบัติพื้นฐานของรูปวงกลม | 8.เมื่อกำหนดรูปวงกลมให้สามารถบอกจุดศูนย์กลางรัศมีและสมบัติพื้นฐานของรูปวงกลมได้ | **2** | **1** | **1** | **-** | **4** | **ปรนัย** |
| 7. รูปสมมาตร และแกนสมมาตร | 9.เมื่อกำหนดรูปเรขาคณิตให้สามารถบอกได้ว่ารูปใดเป็นรูปที่มีแกนสมมาตรและบอกแกนสมมาตรได้ | **2** | **1** | **1** | **-** | **4** | **ปรนัย** |
| รวม | | **14** | **11** | **5** | **-** | **30** | **ปรนัย 30** |

4.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรขาคณิต ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกจำนวน 40 ข้อ

4.4 เสนอแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรขาคณิต ต่ออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ 6 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หาค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือการวิจัย (Index of Item Objective Congruence: IOC) ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.67 -1.00 (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 197)

4.5 ปรับปรุงแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรขาคณิต ตามคำแนะนำของอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 217 ) แล้วนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) สำนักงานเขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร ที่เคยเรียนเรื่องเรขาคณิตแล้ว จำนวน 55 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

4.6 นำผลการทดลองจากข้อ 4.5 มาวิเคราะห์รายข้อ เพื่อหาคุณภาพดังนี้

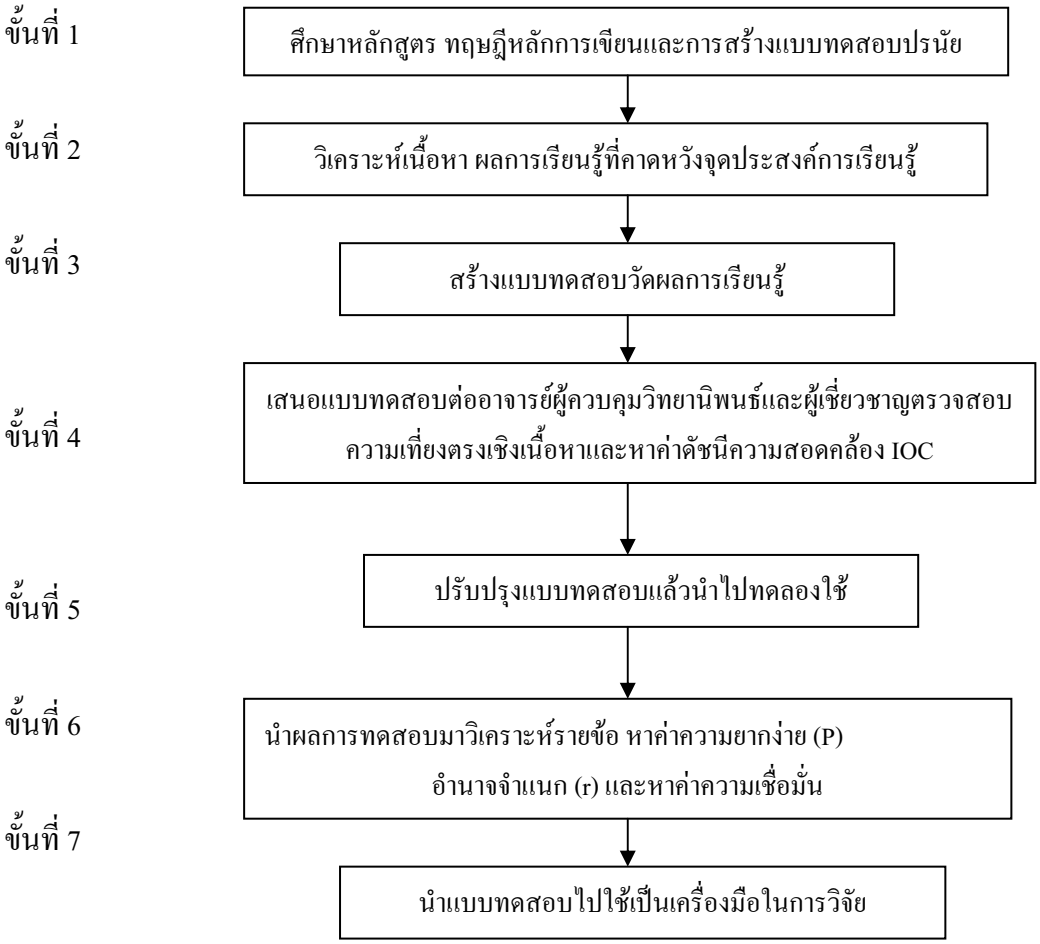
4.6.1 ตรวจสอบค่าความยากง่ายของแบบทดสอบปรนัย โดยพิจารณาจากค่าความยากง่ายตามเกณฑ์ คือ อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และเนื่องจากมีข้อสอบเกิน 30 ข้อ ผู้วิจัยจึงคัดเลือกข้อสอบโดยให้มีข้อสอบในแต่ละจุดประสงค์กระจายให้ครบทุกจุดประสงค์ ซึ่งข้อสอบมีความยาก-ง่ายอยู่ระหว่าง 0.25 -0.79 (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 199 )

4.6.2 ตรวจสอบค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบปรนัย คือ การตรวจสอบว่าข้อสอบสามารถจำแนกนักเรียนเก่งและนักเรียนอ่อนได้ดีเพียงใด โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนกควรมีค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป และเนื่องจากมีข้อสอบเกิน 30 ข้อ ผู้วิจัยจึงคัดเลือกข้อสอบโดยให้มีข้อสอบในแต่ละจุดประสงค์กระจายให้ครบทุกจุดประสงค์ ซึ่งข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21 – 0.93 (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 199 )

4.6.3 ตรวจสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบปรนัยโดยใช้สูตรคูเดอร์ Kuder – Richardson (KR-20) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85 (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 200)

4.7 นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรขาคณิต ไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย

สามารถสรุปขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรขาคณิต ได้ดังแผนภูมิที่ 9




แผนภูมิที่ 9 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้เรื่อง เรขาคณิต

5. แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน จำนวน 1 ฉบับ ทั้งหมด 16 ข้อแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) มี 3 ระดับ คือ เห็นด้วยมาก เห็นด้วยปานกลาง เห็นด้วยน้อย จำนวน 15 ข้อ ซึ่งถามใน 3 ประเด็น คือ 1) กิจกรรมการเรียนรู้ 2) บรรยากาศในการเรียนรู้ และ 3) ประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ โดยคำถามที่ใช้จะเป็นคำถามเชิงนิมาน (Positive) การแปลความหมายของคำถามที่มีลักษณะเป็นเชิงนิมาน กำหนดค่าความคิดเห็นเป็น 3 ระดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 เกณฑ์การกำหนดค่าระดับความคิดเห็น

| ระดับความคิดเห็น | ค่าคะแนน เชิงนิมาน (Positive) |
|---|---|
| เห็นด้วยมาก | 3 |
| เห็นด้วยปานกลาง | 2 |
| เห็นด้วยน้อย | 1 |

ในการให้ความหมายของค่าที่วัดได้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมายโดยมีค่าระดับค่าเฉลี่ย (ความคิดเห็น เชิงนิมาน (Positive)) ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 เกณฑ์การแปลความหมายของค่าความคิดเห็น

| ระดับความคิดเห็น | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|
| เห็นด้วยมาก | 2.50 – 3.00 |
| เห็นด้วยปานกลาง | 1.50 – 2.49 |
| เห็นด้วยน้อย | 1.00 – 1.49 |

ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามชนิดปลายเปิด พรรณนาเกี่ยวกับ ข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน จำนวน 1 ข้อ ขั้นตอนในการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน มีดังนี้

5.1 ศึกษารูปแบบการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็น

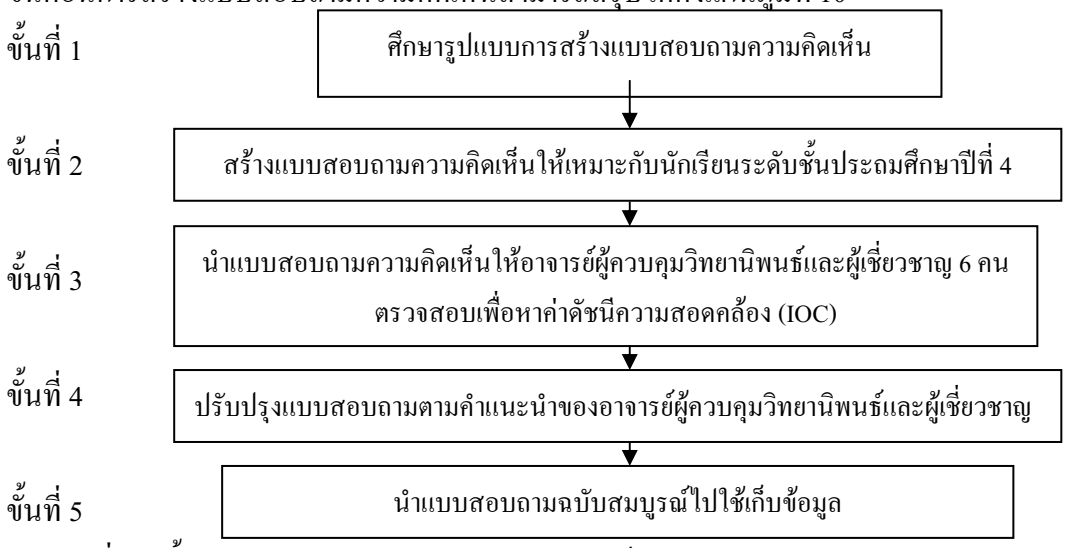
5.2 สร้างแบบสอบถามความคิดเห็นที่เหมาะกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

5.3 นำแบบสอบถามความคิดเห็นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 6 คน ตรวจสอบด้านเนื้อหา ภาษา และวัตถุประสงค์ เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเครื่องมือ ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.83 – 1.00 (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 206)

5.4 ปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ 6 คน (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 217)

5.5นำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นสามารถสรุปได้ดังแผนภูมิที่ 10




แผนภูมิที่ 10 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน

**การดำเนินการทดลอง**

ในการดำเนินการทดลองผู้วิจัยดำเนินการทดลอง 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ก่อนดำเนินการทดลอง เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยศึกษารูปแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และเตรียมความพร้อมในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.1 สร้างเครื่องมือที่จะใช้ในการวิจัย และหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

1.2 ผู้วิจัยสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยยกตัวอย่างโครงงานและการทำโครงงาน เพื่อให้นักเรียนคุ้นเคยกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่จะนำมาใช้ในการทดลอง ตลอดจนชี้แจงการดำเนินการจัดการเรียนรู้ ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ รูปแบบการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และได้ผ่านการตรวจ แก้ไขจากผู้เชี่ยวชาญ ตลอดจนวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของเครื่องมือแล้ว

2. ขั้นทดลอง ดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้สร้างไว้ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการดังต่อไปนี้

2.1นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้จัดการเรียนรู้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) สำนักงานเขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 23 คน

2.2 ระยะเวลาในการทดลอง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ระยะเวลาที่ใช้เป็นเวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง รวม 16 ชั่วโมง

2.3 ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้มี 3 ขั้นตอนดังนี้

2.3.1ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนให้ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ตลอดจนกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนมีความรู้สึกสนใจและอยากที่จะทำโครงงาน

2.3.2 ขั้นสอน เป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา

ขั้นตอนที่ 2 การวางแผน

ขั้นตอนที่ 3 การลงมือปฏิบัติ

ขั้นตอนที่ 4 การเขียนรายงาน

ขั้นตอนที่ 5 การนำเสนอผลงาน

2.3.3 ขั้นสรุปบทเรียน เป็นการสรุปบทเรียนการอภิปรายแสดงความคิดเห็นร่วมกันระหว่างผู้สอนกับนักเรียน ผู้สอนอธิบายเนื้อหาเพิ่มเติมในส่วนที่ผู้เรียนยังไม่เข้าใจ

จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน สามารถสรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน ดังแสดงในตารางที่ 22 ต่อไปนี้

ตารางที่ 22 ตารางสรุปการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | บทบาทของนักเรียน | บทบาทของผู้สอน | ผลที่ได้รับ |
|---|---|---|---|
| ขั้นนำ | 1. ร่วมกิจกรรมการนำเข้าสู่บทเรียน<br>2. ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานและ การประเมินผลการเรียนรู้<br>3. ซักถามในจุดที่สงสัย | 1.เตรียมกระบวนความรู้<br>2.กระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยการใช้สื่อ ภาพ เกมต่างๆ<br>3.ชี้แจงกิจกรรมการเรียนรู้ และใบงาน<br>4. แจ้งเกณฑ์การประเมิน<br>5. ให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน | นักเรียนมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงงานคณิตศาสตร์ |
| ขั้นสอน<br>1. การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา | 1. สำรวจความสนใจของตนเองโดย<br>1.1 สังเกตและศึกษาข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมรอบตัวเพื่อศึกษาว่ามีเรื่องใดเป็นประเด็นที่น่าสนใจที่จะศึกษา<br>1.2 คิดเชื่อมโยงจากเรื่องที่เรียนปกติว่ามีเรื่องใดที่ต้องการจะศึกษาต่อเนื่อง<br>1.3 ร่วมอภิปรายและสนทนากับผู้สอนและเพื่อน เพื่อหาหัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษาเขียนการเชื่อมโยงโดยใช้ web หรือ mind map<br>2. เมื่อตัดสินใจแล้วว่าจะศึกษาเรื่องใด พยายามค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาเพิ่มเติม | 1. กระตุ้นให้นักเรียนสนใจที่จะทำโครงงานโดยจัดกิจกรรมต่างๆที่ช่วยให้นักเรียนสัมผัสกับปัญหา เพื่อให้นักเรียนจะได้เห็นปัญหาหรือเรื่องที่น่าสนใจไปทำโครงงาน<br>2. แนะแนวทางให้นักเรียนรู้วิธีการทำโครงงาน<br>3. แนะแนวทาง ช่วยเหลือนักเรียนให้สามารถเลือกเรื่อง/ปัญหา/ประเด็นที่ตนเองสนใจที่จะรู้เพิ่มขึ้นได้มากขึ้นเพื่อจัดทำเป็นโครงงาน<br>4. ร่วมกับนักเรียนวางแผนกำหนดเรื่องตามรูปแบบ web หรือ mind map | นักเรียนได้เรื่อง/ปัญหาประเด็นที่จะจัดทำเป็นโครงงานซึ่งจะเป็น งานกลุ่ม |
| 2. การวางแผน<br>2.1 การกำหนดจุดประสงค์/จุดมุ่งหมายการศึกษา | 1. คิดทบทวน ไตร่ตรอง หาเหตุผลประกอบการตัดสินใจว่า“ต้องการอะไรจากการกระทำโครงงานครั้งนี้”<br>2. เขียนสิ่งที่ตนเองต้องการ<br>3. พูดคุยกับเพื่อนเพื่อให้เกิดความมั่นใจยิ่งขึ้น | 1. ใช้คำถามให้นักเรียนคิดถึงความต้องการหรือประเด็นที่ต้องการศึกษาจากเรื่องที่เลือกได้แล้ว<br>2. ให้ความคิดเห็นเรื่องความเป็นไปได้โครงงานของนักเรียนและให้ความคิดเห็น เสนอแนะให้คิดอย่างรอบคอบ | จุดประสงค์ของโครงงาน |

ตารางที่ 22 (ต่อ)

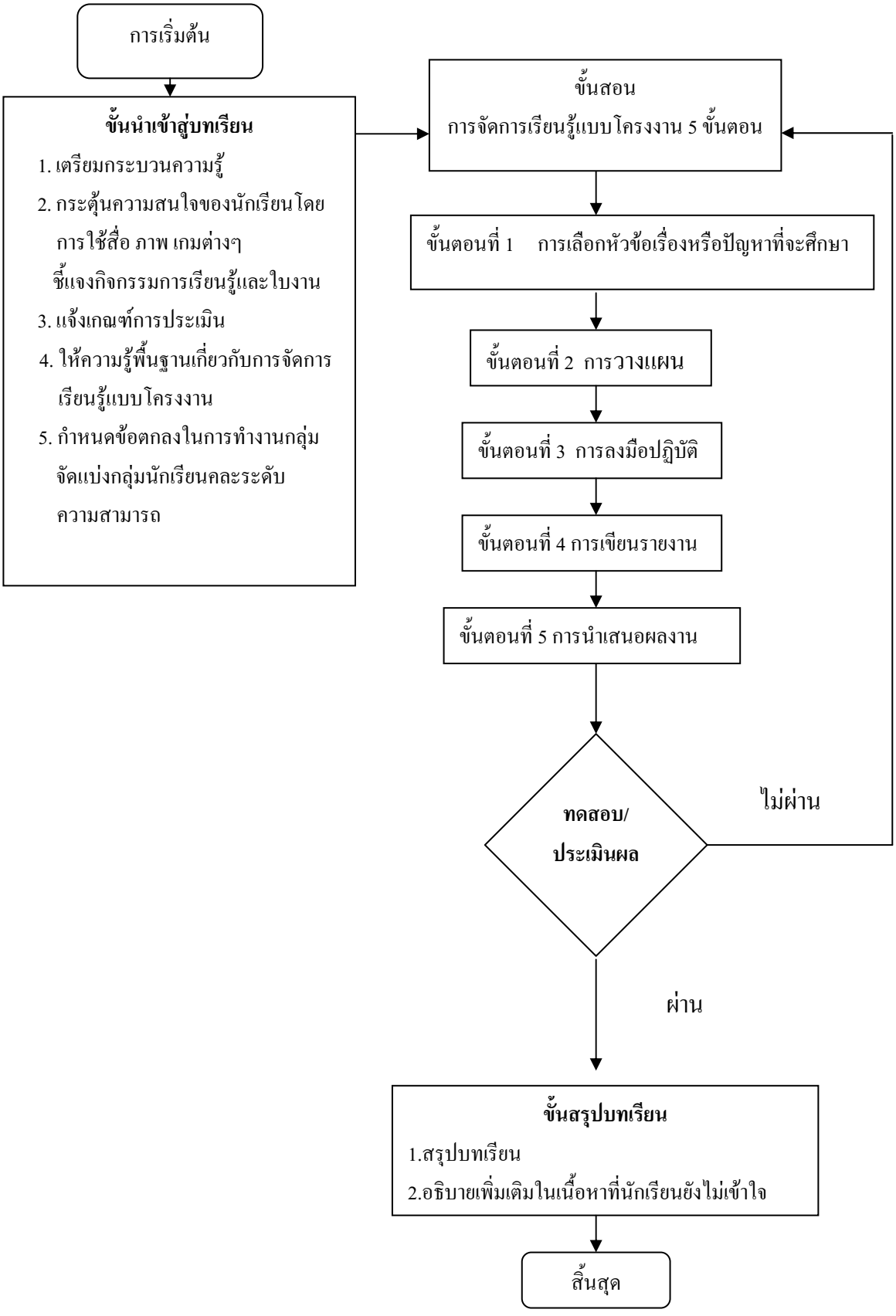
| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | บทบาทของนักเรียน | บทบาทของผู้สอน | ผลที่ได้รับ |
|---|---|---|---|
| 2.2 การกำหนดวิธีการศึกษา | 1. คิดต่อเนื่องจากขั้นตอนที่ 2.1 ว่าจะศึกษาเรื่องนั้นได้อย่างไร โดย<br>1.1 ถามตัวเองว่ามีวิธีใดบ้างที่จะศึกษาเรื่องนั้น ๆ ได้<br>1.2 เลือกวิธีการที่เหมาะสมและสามารถทำได้ในข้อจำกัดที่มีอยู่<br>1.3 กำหนดขั้นตอนหรือวิธีการศึกษา ระยะเวลา ศึกษาแหล่งความรู้ที่เกี่ยวข้องวิธีการที่จะศึกษาจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ วิธีการนำเสนอผลงาน<br>2. นำข้อมูลตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1-2 มาเรียบเรียงจัดทำเค้าโครงของโครงงาน | 1. กระตุ้น/ส่งเสริม/ให้คำปรึกษาในการ<br>1.1 คิดวิธีการศึกษาที่หลากหลาย<br>1.2 เลือกวิธีการศึกษาที่สามารถทำได้<br>1.3 เลือกแหล่งข้อมูลที่เหมาะสม<br>1.4 จัดทำเค้าโครงของโครงงาน<br>2. เตรียมการประสานงานเพื่ออำนวยความสะดวก ในการศึกษาตามขั้นตอนของโครงงาน | เค้าโครงโครงงาน |
| 3. การลงมือปฏิบัติ | 1. ลงมือปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนด<br>2. บันทึกข้อมูลทุกขั้นตอน<br>3. ปรึกษาหารือกับเพื่อนหรือครูเป็นระยะเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้<br>4. ร่วมกันสรุปผลการปฏิบัติตามโครงงาน | 1.สังเกตและจดบันทึกพฤติกรรมนักเรียน<br>2.ให้ความช่วยเหลือหรือช่วยแก้ปัญหาเมื่อจำเป็น<br>3.ให้คำแนะนำในกรณีต้องการให้นักเรียนมีการศึกษาที่กว้างขวางขึ้น เช่น อาจแนะนำแหล่งความรู้เพิ่มเติม<br>4.ให้การเสริมแรงหรือให้กำลังใจ | กระบวนการศึกษาและผลที่ได้จากการศึกษาขั้นตอนที่กำหนดไว้ในเค้าโครงของโครงงาน |
| 4. การเขียนรายงาน | 1. ศึกษารูปแบบหรือวิธีการเขียนรายงาน ในลักษณะที่หลากหลาย<br>2. เลือกวิธีการเขียนรายงานที่เหมาะสม<br>3. เขียนรายงานซึ่งประกอบด้วยปัญหาที่ทำการศึกษาวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิธีดำเนินการค้นคว้าอุปกรณ์หรือเครื่องมือเครื่องใช้ | 1. ให้คำปรึกษาในการเลือกรูปแบบหรือวิธีการเขียนรายงาน<br>2. แนะนำและให้ข้อติชมการเขียนรายงาน | เอกสารรายงานที่เป็นรูปเล่ม |

ตารางที่ 22 ( ต่อ )

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | บทบาทของนักเรียน | บทบาทของผู้สอน | ผลที่ได้รับ |
|---|---|---|---|
| 4. การเขียนรายงาน(ต่อ) | ข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมได้ ผลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าตลอดจนประโยชน์และ ข้อเสนอแนะต่าง ๆ<br>4. จัดทำเป็นเอกสารรูปเล่ม | | |
| 5. นำเสนอผลงาน | 1. ศึกษาวิธีการนำเสนอที่หลากหลาย<br>2. เลือกวิธีที่เหมาะสม<br>3. เตรียมการนำเสนอผลที่ได้จากการทำโครงงานใน | 1. ให้คำปรึกษาในการเลือกวิธีการนำเสนอ<br>2. จัดกิจกรรมเพื่อให้โอกาสนักเรียนได้แสดงผลงาน<br>3. ประเมินผลการทำโครงงานของผู้เรียน | รูปแบบการนำเสนอผลงาน |
| ขั้นสรุปบทเรียน | 1.ซักถามเนื้อหาที่ไม่เข้าใจ<br>2.อภิปรายแสดงความคิดเห็นร่วมกับเพื่อนและผู้สอน | 1.เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อภิปรายแสดงความคิดเห็น<br>2.อธิบายเนื้อหาเพิ่มเติมในส่วนที่ผู้เรียนยังไม่เข้าใจ | นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น |

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานแสดงดังแผนภูมิที่ 11

3. ขั้นหลังการทดลอง ภายหลังเสร็จสิ้นการทดลอง ผู้วิจัยนำแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) ไปทดสอบกับนักเรียนเพื่อทดสอบผลการเรียนรู้ เรขาคณิต ใช้แบบวัดและแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และนำแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ไปสอบถามกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติและแปลผลข้อมูล




แผนภูมิที่ 11 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

1. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือสำหรับการวิจัยครั้งนี้ มีรายละเอียดดังนี้

1.1 หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest) แบบทดสอบหลังเรียน เรขาคณิต แบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน โดยกำหนดคะแนนการพิจารณา ดังนี้

+ 1 ถ้าแน่ใจว่าสอดคล้องกับเนื้อหาตามจุดประสงค์

0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อความนั้นสอดคล้องกับเนื้อหาตามจุดประสงค์

- 1 ถ้าแน่ใจว่าไม่สอดคล้องกับเนื้อหาตามจุดประสงค์

นำคะแนนที่ได้มาแทนค่าในสูตรของ Rowinelli and Hambelton (1977 อ้างถึงใน มาเรียม นิลพันธุ์ 2547 : 177)

$$\textbf{IOC} \qquad = \frac{\Sigma R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดประสงค์ หรือกับลักษณะของพฤติกรรม

$\Sigma R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.2 หาความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้โดยเลือกข้อสอบที่มีความยากง่าย 0.20 – 0.80

1.3 หาค่าอำนาจจำแนก (r) โดยเลือกข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

1.4 หาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบปรนัยทั้งฉบับโดยใช้สูตรของ Kuder-Richardson (KR-20)

2. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

2.1 ร้อยละ

2.2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)

2.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2.4 การทดสอบค่าที (t – test แบบ dependent )

**สรุปการดำเนินการวิจัย**

ในการดำเนินการวิจัยสามารถสรุปวิธีดำเนินการวิจัยได้ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 สรุปวิธีการดำเนินการวิจัย

| วัตถุประสงค์ของการวิจัย | วิธีดำเนินการ | กลุ่มเป้าหมาย | เครื่องมือและการวิเคราะห์ข้อมูล |
|---|---|---|---|
| 1. เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ สาระ เรขาคณิต ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน | การทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน | นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนคลองต้นไทร (สุขล้อมอุทิศ) สำนักงานเขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร จำนวน 23 คน | แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สาระ เรขาคณิต วิเคราะห์ข้อมูลโดย วิเคราะห์ที่ร้อยละ ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและ การทดสอบค่าที(t-test) แบบ dependent |
| 2. เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน | การประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานและการประเมินโครงงาน และการนำเสนอโครงงานหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน | | 1)แบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน 2)แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดย วิเคราะห์ที่ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| 3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน | การสอบถามความคิดเห็นหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน | | แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิเคราะห์ที่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |

# บทที่ 4

## การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) สำนักงานเขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร จำนวน 23 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้เรขาคณิต และแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนด้วยตนเอง สถิติที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยค่าเฉลี่ย ( $\overline{X}$ )ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ร้อยละ และการทดสอบค่าที (t-test) แบบ dependent และเพื่อเป็นการตอบวัตถุประสงค์การวิจัยและข้อคำถามการวิจัย ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ สาระ เรขาคณิต ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

ตอนที่ 2 การศึกษาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

ตอนที่ 3 การศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

### ตอนที่ 1 เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ สาระ เรขาคณิต ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัยข้อที่ 1 คือ เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ สาระเรขาคณิต ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาผลการเรียนรู้ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ดังรายละเอียดในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ สาระ เรขาคณิต ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

| การทดสอบ | N | คะแนนเต็ม | $\overline{X}$ | S.D. | t-test | Sig |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ก่อนเรียน | 23 | 30 | 11.17 | 4.00 | 7.157 | 0.000 |
| หลังเรียน | 23 | 30 | 17.00 | 5.32 | | |

จากตารางที่ 24 พบว่า ผลการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องเรขาคณิตของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้ กล่าวคือ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบวัดผลการเรียนรู้หลังเรียน( $\overline{X}$ = 17.00 , S.D. = 5.32) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ( $\overline{X}$ = 11.17 , S.D. = 4.00 )

**ตอนที่ 2 การศึกษาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน**

วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัยข้อที่ 2 คือ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงานอยู่ในระดับใด

1. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานโดยภาพรวม ดังรายละเอียดในตารางที่ 25

ตารางที่ 25 สรุปทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากการเรียนรู้แบบโครงงาน

| ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | คะแนนเต็ม | $\overline{X}$ | S.D. | เฉลี่ยร้อยละ | ระดับ | ลำดับที่ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. การแก้ปัญหา | 9 | 6.13 | 0.80 | 68.12 | ปานกลาง | 5 |
| 2. การให้เหตุผล | 9 | 7.35 | 0.79 | 81.64 | สูง | 2 |
| 3. การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ | 9 | 7.39 | 1.03 | 82.13 | สูง | 1 |
| 4. การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ | 9 | 7.28 | 0.89 | 80.92 | สูง | 3 |
| 5.ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | 9 | 6.74 | 0.96 | 74.88 | ปานกลาง | 4 |
| **รวม** | **45** | **34.89** | **3.03** | **77.54** | **สูง** | |

จากตารางที่ 25 พบว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานโดยภาพรวม อยู่ในระดับสูง(ร้อยละ 77.54 , $\overline{X}$ = 34.89, S.D. = 3.03) โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการ

เรียนรู้แต่ละด้านเรียงตามลำดับ คือ การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ อยู่ในระดับสูง (ร้อยละ 82.13, $\overline{X}$ = 7.39, S.D. =1.03) การให้เหตุผล อยู่ในระดับสูง (ร้อยละ 81.64, $\overline{X}$ = 7.35, S.D. = 0.79) การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ อยู่ในระดับสูง (ร้อยละ 80.92, $\overline{X}$ =7.28, S.D. =0.89) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ อยู่ในระดับปานกลาง(ร้อยละ 74.88, $\overline{X}$ =6.74,S.D. = 0.96) และการแก้ปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง(ร้อยละ 68.12, $\overline{X}$ = 6.13, S.D. = 0.80)

**หมายเหตุ** ตารางที่ 25 สรุปผลมาจากผลรวมของคะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์และคะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากโครงงาน ดังรายละเอียดในตารางที่ 26 และ 27 ดังนี้

ตารางที่ 26 คะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

| ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | N | คะแนนเต็ม | $\overline{X}$ | S.D. | ระดับ | ลำดับที่ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. การแก้ปัญหา | 23 | 5 | 3.52 | 0.57 | สูง | 5 |
| 2. การให้เหตุผล | 23 | 5 | 4.35 | 0.79 | สูง | 1 |
| 3. การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ | 23 | 5 | 4.17 | 0.98 | สูง | 3 |
| 4. การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ | 23 | 5 | 4.24 | 0.71 | สูง | 2 |
| 5.ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | 23 | 5 | 3.91 | 0.67 | สูง | 4 |
| **รวม** | **23** | **25** | **4.04** | **0.74** | **สูง** | |

ตารางที่ 27 คะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากโครงงาน

| ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | กลุ่ม | คะแนนเต็ม | $\overline{X}$ | S.D. | ระดับ | ลำดับที่ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. การแก้ปัญหา | 5 | 4 | 2.6 | 0.55 | สูง | 5 |
| 2. การให้เหตุผล | 5 | 4 | 3.0 | 0.00 | สูง | 2 |
| 3. การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ | 5 | 4 | 3.2 | 0.45 | สูง | 1 |

ตารางที่ 27 (ต่อ)

| ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | กลุ่ม | คะแนนเต็ม | $\overline{X}$ | S.D. | ระดับ | ลำดับที่ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4. การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ | 5 | 4 | 3.0 | 0.71 | สูง | 2 |
| 5.ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | 5 | 4 | 2.8 | 0.84 | สูง | 4 |
| **รวม** | **5** | **20** | **2.92** | **0.51** | **สูง** | |

จากตารางที่ 26 พบว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานอยู่ในระดับสูง( $\overline{X}$ = 4.04 , S.D. = 0.74 )โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์แต่ละด้านของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับสูง เรียงตามลำดับคือ การให้เหตุผล ( $\overline{X}$ = 4.35 , S.D. = 0.79) การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ( $\overline{X}$ = 4.24 , S.D. = 0.71) การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ ( $\overline{X}$ = 4.17 , S.D. = 0.98) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ( $\overline{X}$ = 3.91, S.D. = 0.67)และการแก้ปัญหา ( $\overline{X}$ = 3.52 , S.D. = 0.57 )

จากตารางที่ 27 พบว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานอยู่ในระดับสูง ( $\overline{X}$ = 2.92 , S.D. = 0.51)โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์แต่ละด้านของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับสูง เรียงตามลำดับคือ การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ ( $\overline{X}$ = 3.2, S.D. = 0.45) การให้เหตุผล ( $\overline{X}$ = 3.0 , S.D. = 0.00) การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ( $\overline{X}$ = 3.0 , S.D. = 0.71) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ( $\overline{X}$ = 2.8, S.D. = 0.84)และการแก้ปัญหา ( $\overline{X}$ = 2.6, S.D. = 0.55)

**ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน**

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัยข้อที่ 3 คือ นักเรียนมีความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานในเรื่อง บรรยากาศในชั้นเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ อยู่ในระดับใดและเป็นอย่างไร

3.1 ระดับความคิดเห็นโดยภาพรวมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ในด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ ดังรายละเอียดในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 ระดับความคิดเห็นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

| ข้อ | ความคิดเห็น | $\overline{X}$ | S.D. | ระดับความคิดเห็น | ลำดับที่ |
|---|---|---|---|---|---|
| **ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้** | | | | | |
| 1. | นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ | 2.70 | 0.47 | เห็นด้วยมาก | 2 |
| 2. | นักเรียนสนุกและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมโครงงาน | 2.83 | 0.39 | เห็นด้วยมาก | 1 |
| 3. | นักเรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับเพื่อน | 2.48 | 0.59 | เห็นด้วยปานกลาง | 5 |
| 4. | นักเรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน | 2.52 | 0.59 | เห็นด้วยมาก | 4 |
| 5. | การทำโครงงานเป็นสิ่งที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน | 2.70 | 0.47 | เห็นด้วยมาก | 2 |
| สรุป | | 2.64 | 0.50 | เห็นด้วยมาก | 3 |
| **ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้** | | | | | |
| 6. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่น่าสนใจ | 2.91 | 0.29 | เห็นด้วยมาก | 1 |
| 7. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทำให้ได้ใช้ความรู้หลายๆ อย่างเข้าด้วยกัน | 2.83 | 0.39 | เห็นด้วยมาก | 2 |
| 8. | การจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบโครงงาน ทำให้นักเรียนสนใจในการเรียนคณิตศาสตร์มากขึ้น | 2.74 | 0.45 | เห็นด้วยมาก | 4 |
| 9. | การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน ทำให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดอย่างอิสระ | 2.83 | 0.39 | เห็นด้วยมาก | 2 |
| 10. | นักเรียนอยากให้มีการจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบโครงงานในสาระการเรียนรู้อื่นด้วย | 2.74 | 0.69 | เห็นด้วยมาก | 4 |
| สรุป | | 2.81 | 0.44 | เห็นด้วยมาก | 1 |
| **ด้านประโยชน์จากการเรียนรู้** | | | | | |
| 11. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทำให้เข้าใจถึงวิธีการกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | 2.96 | 0.21 | เห็นด้วยมาก | 1 |

ตารางที่ 28 (ต่อ)

| ข้อ | ความคิดเห็น | $\overline{X}$ | S.D. | ระดับความคิดเห็น | ลำดับที่ |
|---|---|---|---|---|---|
| **ด้านประโยชน์จากการเรียนรู้** | | | | | |
| 12. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทำให้สามารถนำความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างแท้จริง | 2.65 | 0.49 | เห็นด้วยมาก | 4 |
| 13. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | 2.83 | 0.49 | เห็นด้วยมาก | 2 |
| 14. | การทำโครงงานทำให้เกิดความรู้จริงซึ่งได้จากการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยการทดลอง ปฏิบัติ ค้นคว้า | 2.74 | 0.45 | เห็นด้วยมาก | 3 |
| 15. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความสามารถในการรวบรวมและนำเสนอข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ | 2.61 | 0.50 | เห็นด้วยมาก | 5 |
| สรุป | | 2.76 | 0.43 | เห็นด้วยมาก | 2 |
| **สรุปรวม 3 ด้าน** | | **2.74** | **0.46** | **เห็นด้วยมาก** | |

ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ความคิดเห็นโดยภาพรวมนักเรียนเห็นด้วยมาก ($\overline{X}$ =2.74, S.D. = 0.46) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนเห็นด้วยมากในทุกด้าน เรียงตามลำดับ คือ ในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้($\overline{X}$ = 2.81 , S.D. = 0.44 ) ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 2.76 , S.D. = 0.43 ) และ ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 2.64 , S.D. = 0.50 )

ระดับความคิดเห็นของนักเรียน ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ โดยภาพรวม พบว่า นักเรียนเห็นด้วยมาก($\overline{X}$ = 2.64 , S.D. = 0.50 ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ นักเรียนเห็นด้วยมาก 4 ข้อ ซึ่งข้อที่เห็นด้วยมากลำดับที่ 1 คือ นักเรียนสนุกและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมโครงงาน ($\overline{X}$ = 2.83,S.D.= 0.39) รองลงมาคือ นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ($\overline{X}$ =2.70,S.D. =0.47 ) การทำโครงงานเป็นสิ่งที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน ($\overline{X}$ = 2.70, S.D. = 0.47 ) นักเรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ($\overline{X}$ = 2.52 , S.D. =0.59 ) และนักเรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับเพื่อนเห็นด้วยปานกลาง ($\overline{X}$ = 2.48 , S.D. =0.59) เป็นลำดับสุดท้าย

ระดับความคิดเห็นของนักเรียน ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยภาพรวม พบว่า นักเรียนเห็นด้วยมาก ( $\overline{X}$ = , S.D. = ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ นักเรียนเห็นด้วยมากในทุกข้อ ซึ่งข้อที่เห็นด้วยมาก เป็นลำดับที่ 1 คือ การทำโครงงานคณิตศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่น่าสนใจ ( $\overline{X}$ = 2.91, S.D. =0.29) รองลงมาคือ การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทำให้ได้ใช้ความรู้หลายๆ อย่างเข้าด้วยกัน ( $\overline{X}$ = 2.83 , S.D. = 0.39) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน ทำให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดอย่างอิสระ( $\overline{X}$ = 2.83 , S.D. = 0.39) ส่วน การจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบโครงงาน ทำให้นักเรียนสนใจในการเรียนคณิตศาสตร์มากขึ้น( $\overline{X}$ = 2.74 , S.D. = 0.45) และ นักเรียนอยากให้มีการจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบโครงงานในสาระการเรียนรู้อื่นด้วย( $\overline{X}$ =2.74 ,S.D.=0.69 )เป็นลำดับสุดท้ายร่วมกัน

ระดับความคิดเห็นของนักเรียน ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ โดยภาพรวม พบว่า นักเรียนเห็นด้วยมาก ( $\overline{X}$ = 2.76, S.D. = 0.43) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ นักเรียนเห็นด้วยมากในทุกข้อ ซึ่งข้อที่เห็นด้วยมาก เป็นลำดับที่ 1 คือ การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทำให้เข้าใจถึงวิธีการกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ( $\overline{X}$ = 2.96 , S.D. =0.21 ) รองลงมาคือ การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ( $\overline{X}$ = 2.83 , S.D. =0.49 ) การทำโครงงานทำให้เกิดความรู้จริงซึ่งได้จากการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยการทดลอง ปฏิบัติ ค้นคว้า ( $\overline{X}$ = 2.74 , S.D. =0.45 ) การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทำให้สามารถนำความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างแท้จริง ( $\overline{X}$ = 2.65 , S.D. = 0.49 ) และ การทำโครงงานคณิตศาสตร์ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความสามารถในการรวบรวมและนำเสนอข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ( $\overline{X}$ =2.61, S.D. = 0.50 ) เป็นลำดับสุดท้าย

จากแบบสอบถามความคิดเห็น ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน นักเรียนมีความคิดเห็นเพิ่มเติม เรียงจากมากไปน้อย ดังนี้ นักเรียนต้องการทำโครงงานบูรณาการสาระการเรียนรู้ ต้องการทดลองและศึกษาให้มากขึ้น นักเรียนชอบมากและอยากให้จัดกิจกรรมโครงงานอีก นักเรียนต้องการจับกลุ่มทำโครงงานเองตามความสมัครใจ นักเรียนต้องการทำโครงงานที่เกี่ยวกับชีวิตประจำวันเพราะมีประโยชน์ นักเรียนเห็นด้วยว่าโครงงานส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ค้นคว้า ปฏิบัติจริง นักเรียนต้องการให้จัดกิจกรรมแบบเข้าฐาน

# บทที่ 5

## สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานโดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ดำเนินการทดลองตามแผนการวิจัยขั้นพื้นฐาน(Pre Experimental Research) แบบหนึ่งกลุ่มสอบก่อนและหลังเรียน One Group Pretest – Posttest Design โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ สาระ เรขาคณิต ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน 2)เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน 3) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 23 คน

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 2) แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.83 – 1.00 3)แบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00 4) แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้เรขาคณิต ก่อนเรียนและหลังเรียนจำนวน 1 ฉบับ เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวม 30 คะแนน มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.67 -1.00 มีค่าความยาก-ง่ายอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.79 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21 – 0.93 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85 5)แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน จำนวน 16 ข้อ มีความสอดคล้องระหว่าง 0.83 – 1.00 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่า ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ( $\overline{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การทดสอบค่าที (t-test) แบบ dependent

## สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน สรุปได้ ดังนี้

1. ผลการเรียนรู้ สาระ เรขาคณิต ของนักเรียนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยผลการเรียนรู้หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้

2. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน พบว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงานโดยภาพรวม อยู่ในระดับสูง โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานแต่ละด้านเรียงตามลำดับมากไปน้อย คือลำดับที่ 1 การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ อยู่ในระดับสูง การให้เหตุผล อยู่ในระดับสูง การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ อยู่ในระดับสูง ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์อยู่ในระดับปานกลาง และลำดับสุดท้ายคือการแก้ปัญหา อยู่ในระดับปานกลาง

3. ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน พบว่าโดยภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนเห็นด้วยมากในทุกด้าน เรียงตามลำดับ คือ ในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นลำดับที่ 1 รองลงมาคือด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้และ ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้เป็นลำดับสุดท้าย และเมื่อพิจารณาในแต่ละด้านพบว่า ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนเห็นด้วยมากเป็นลำดับที่ 1 คือ การทำโครงงานคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่น่าสนใจ ส่วนการจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบโครงงาน ทำให้นักเรียนสนใจในการเรียนคณิตศาสตร์มากขึ้นและนักเรียนอยากให้มีการจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบโครงงานในสาระการเรียนรู้อื่นด้วยอยู่ในลำดับสุดท้ายร่วมกัน ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ นักเรียนเห็นด้วยมาก เป็นลำดับที่ 1 คือ การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทำให้เข้าใจถึงวิธีการกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความสามารถในการรวบรวมและนำเสนอข้อมูลได้อย่างเป็นระบบเป็นลำดับสุดท้าย ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้เห็นด้วยมาก เป็นลำดับที่ 1 คือ นักเรียนสนุกและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม และลำดับสุดท้ายคือ นักเรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับเพื่อน เห็นด้วยปานกลาง ในด้านข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเรื่องนักเรียนต้องการให้มีการทำโครงงานแบบบูรณาการสาระการเรียนรู้

## อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน สามารถนำมาอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. จากการวิจัย พบว่า ผลการเรียนรู้สาระเรขาคณิต ของนักเรียนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยผลการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนได้แก่1) การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา 2) การวางแผน 3) การลงมือปฏิบัติ 4) การเขียนรายงาน และ 5) การนำเสนอผลงานนั้น ก่อนที่นักเรียนจะเริ่มทำโครงงานผู้สอนได้จัดการเรียนรู้ในเนื้อหาเกี่ยวกับเรขาคณิตให้นักเรียนได้เรียนก่อนเพื่อเป็นความรู้พื้นฐานในการทำกิจกรรมโครงงาน ทำให้ผู้เรียนมีความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตเป็นทุนเดิม ประกอบกับการที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมโครงงานในเรื่องที่เกี่ยวกับเรขาคณิตทำให้นักเรียนได้ทบทวนและใช้ความรู้นั้นซ้ำ ทั้งยังได้ความรู้เพิ่มเติมขณะทำกิจกรรมโครงงานด้วย ด้วยเหตุนี้อาจส่งผลให้ผลการเรียนรู้สาระเรขาคณิตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้(Constructivism) ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการ, กรมวิชาการ (2544:12) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยการสร้างองค์ความรู้เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องแสวงหาความรู้ และทำความเข้าใจโดยนำความรู้เดิมที่มีอยู่มาเชื่อมโยง ตรวจสอบกับสิ่งที่พบใหม่และสร้างเป็นความรู้ด้วยตนเอง อีกทั้งการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์นั้นเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าและค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเอง สองคล้องกับวัฒนาพร ระงับทุกข์ (2544 : 11) ที่กล่าวว่า การที่ผู้เรียนมีบทบาทเป็นผู้กระทำจะทำให้เกิดความพร้อมและความกระตือรือร้นที่จะเรียนทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้นด้วย อีกทั้ง สอดคล้องกับงานวิจัยของราตรี ทองสามสี (2547:บทคัดย่อ) เรื่องการพัฒนาผลการเรียนรู้ เรื่องโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยวิธีสอนแบบโครงงาน ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้เรื่องโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยวิธีสอนแบบโครงงานก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของอารีรัตน์ ขวัญทะเล (2546 : บทคัดย่อ) เรื่อง การศึกษาผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง จำนวนและตัวเลขของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1ที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนและตัวเลขและเจตคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีการจัดการเรียนการสอนด้วยการทำโครงงานคณิตศาสตร์สูงกว่าที่มีการจัดกิจกรรมการเรียน

การสอนตามปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ0.05 และ0.01ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ บุษบา บุญชู (2545 : 54) เรื่องการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องบทประยุกต์ด้วยวิธีสอนแบบโครงงาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องบทประยุกต์ ด้วยวิธีสอนแบบโครงงานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ นุติยาพร วงษ์เณร (2544 : 10) เรื่อง ผลการสอนสร้างสรรค์ศิลปะด้วยวัสดุต่างๆ ในวิชาศิลปศึกษา โดยวิธีสอนแบบโครงงานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2 จากการวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน โดยภาพรวม อยู่ในระดับสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนคือ 1) การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา 2) การวางแผน 3) การลงมือปฏิบัติ 4) การเขียนรายงาน และ 5) การนำเสนอผลงาน ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ค้นคว้าและศึกษาด้วยตนเอง ลงมือปฏิบัติ ตามความถนัดและความสนใจ ทำให้นักเรียนมีอิสระทางความคิด นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างไม่จำกัด ความคิดไม่ถูกปิดกั้น นักเรียนได้ร่วมกันแก้ปัญหา โดยใช้ทักษะกระบวนการหลายๆด้านเข้าด้วยกัน จึงส่งผลให้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานอยู่ในระดับสูง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (ม.ป.ป.: 5) ลัดดา ภู่เกียรติ ( 2544:48)และชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2544 : 5, อ้างถึงใน ชัยรัตน์ สุลำนาจ 2547: 129) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการต่างๆ ให้แก่นักเรียน นอกจากจะมุ่งฝึกให้นักเรียน คิดเป็น ปฏิบัติจริงและแก้ปัญหาแล้ว ยังเป็นการประเมินความสามารถจริงของนักเรียนในองค์ความรู้ได้อีกด้วย เนื่องจากความสามารถนั้นเกิดจากการบูรณาการความรู้ระหว่างความรู้ที่นักเรียนมีอยู่ในตัวกับทักษะที่ได้รับการฝึกฝน และสะสมในตัวนักเรียน สอดคล้องกับผลการวิจัยของชัยรัตน์ สุลำนาจ (2547 : บทคัดย่อ) เรื่องผลของการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังปฏิบัติกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ สูงกว่าก่อนปฏิบัติกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของรุ่งทิวา สิงหัดชัย (2547:บทคัดย่อ) เรื่องการประเมินผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิธีหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียนสูงขึ้น มีความคงทนในการเรียน มีการพัฒนาความสามารถด้านทักษะกระบวนการแก้ปัญหา การสื่อสารสื่อความหมายการนำเสนอ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีการพัฒนาคุณลักษณะอันพึงประสงค์ สอดคล้องกับงานวิจัยของสุกัญญา วุฒิรัตน์ (2546: บทคัดย่อ) เรื่องการศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้โครงงานคณิตศาสตร์ ผลการวิจัย พบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังการสอนโดยใช้โครงงานคณิตศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แต่ละด้าน พบว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ อยู่ในระดับสูงเป็นลำดับที่1 คือนักเรียนสามารถใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมายและนำเสนอได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานที่นักเรียนปฏิบัตินั้นเป็นโครงงานประเภทการประดิษฐ์ที่มีการสำรวจและเก็บรวบรวมเป็นส่วนใหญ่ มีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้คิดค้นและประดิษฐ์ชิ้นงานแล้วออกสำรวจ เก็บข้อมูลความคิดเห็นจากนักเรียนในโรงเรียน จากนั้นให้นำเสนอในรูปแบบของตาราง และแผนภูมิ ลงในโครงงานของนักเรียน นอกจากนี้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ยังได้สอดแทรกกิจกรรมให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกทักษะกระบวนการนี้อย่างสม่ำเสมอ เช่น การพูดแสดงความคิดเห็น การนำเสนอชิ้นงาน/ผลงานของกลุ่มหน้าชั้นเรียน ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์(กรมวิชาการ 2538 : 16)ในเรื่องทฤษฎีแห่งการฝึกฝน(Drill Theory) ที่เชื่อว่า เด็กจะเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้โดยการฝึกทำสิ่งนั้นซ้ำๆ หลายๆครั้ง สอดคล้องกับกฎการเรียนรู้ของธอร์นไดค์เกี่ยวกับกฎแห่งการฝึกหัด (Law of Exercise) (อ้างถึงในทิศนา แขมมณี 2550:51) ซึ่งกล่าวว่า การฝึกหัดหรือกระทำบ่อยๆด้วยความเข้าใจ จะทำให้การเรียนรู้นั้นคงทนถาวร ถ้าไม่ได้กระทำซ้ำบ่อยๆ การเรียนรู้นั้นจะไม่คงทนถาวรและในที่สุดอาจลืมได้ สอดคล้องกับ ลัดดา ภู่เกียรติ( 2544: 22) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเอง นักเรียนจะจดจำสิ่งเหล่านั้นติดตัวไปตลอดชีวิตโดยไม่วันลืม และสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้โดยการกระทำของจอห์น ดิวอี้ (อ้างถึงใน กรรณิการ์ พวงเกษม 2533 : 18-19) ที่กล่าวว่า การให้เด็กได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ จะทำให้เด็กเกิดประสบการณ์ตรง เด็กจะได้รับความรู้ที่คงทนมากกว่าการรับฟังคำสอนจากการบรรยายของครูเพียงอย่างเดียว

ส่วนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา คือ นักเรียนสามารถใช้วิธีที่หลากหลายแก้ปัญหาและใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางเป็นลำดับสุดท้าย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่มีความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลของปัญหาที่มีอยู่กับผู้แก้ปัญหาในการนำประสบการณ์

ความรู้ ความเข้าใจ และความคิดมาประยุกต์เพื่อหาคำตอบของปัญหา แต่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่4 นั้นไม่เคยทำโครงงานด้วยตนเองมาก่อนทำให้ขาดประสบการณ์ในส่วนนี้ เป็นผลให้การเชื่อมโยงระหว่างความรู้และประสบการณ์เดิมนั้นไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งอาจส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนด้วย สอดคล้องกับปรีชา เนาว์เย็นผล (2544 : 26) ที่กล่าวว่า การแก้ปัญหาได้นั้น ต้องอาศัยทักษะ ความรู้ ความสามารถและประสบการณ์เข้าด้วยกัน การแก้ปัญหาหนึ่งปัญหาอาจมีวิธีดำเนินการได้หลากหลายวิธี ขึ้นอยู่กับความรู้ ความเข้าใจ และประสบการณ์ในการแก้ปัญหา และสมเดช บุญประจักษ์ ( 2540 :14 )ที่กล่าวว่าการแก้ปัญหา เป็นการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิม ความรู้ ความเข้าใจ และการใช้ข้อมูลที่กำหนดนำไป ใช้ในการหาข้อค้นพบของคำตอบของปัญหา การแก้ปัญหา จะหมายถึงกระบวนการทั้งหมดในการแก้ปัญหาไม่ใช่ผลลัพธ์สุดท้ายเพียงอย่างเดียว กระบวนการแก้ปัญหาประกอบไปด้วยการศึกษาและทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนและดำเนินการตามแผนตลอดจนสามารถเสนอแนะและปรับปรุงข้อบกพร่องได้อย่างเหมาะสม ซึ่งในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานทั้ง 5 ขั้นตอนนั้นนักเรียนต้องใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ตลอดเวลา จากการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานในขั้นที่ 1 การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา พบว่า นักเรียนสามารถคิดและเลือกหัวข้อปัญหาที่จะศึกษาโดยผ่านการระดมสมองของนักเรียนได้เอง แต่ในขั้นที่ 2 การวางแผน พบว่านักเรียนบางกลุ่มยังมีการวางแผนการทำงานได้ยังไม่ดีพอ ลำดับความคิดในการทำงานไม่ได้ ทำให้การทำงานไม่เป็นลำดับขั้นตอน วิธีคิดยังไม่หลากหลาย ไม่ค่อยกล้าตัดสินใจ ต้องอาศัยคำแนะนำจากครูผู้สอนเป็นแนวทางในการทำกิจกรรม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าผู้สอนให้เวลาในการทำกิจกรรมขั้นนี้น้อยเกินไปประกอบกับผู้เรียนอาจยังไม่เข้าใจในปัญหาที่จะศึกษาเพียงพอ จึงทำให้การวางแผนในการแก้ปัญหานั้นทำได้ค่อนข้างลำบาก สอดคล้องกับ กรมวิชาการ,ศูนย์พัฒนาหลักสูตร (2544 : 4) ที่กล่าวถึงเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานว่าไม่สามารถกำหนดเวลาให้ตายตัวได้ ขึ้นอยู่กับความสนใจในการทำกิจกรรม และ สอดคล้องกับ ฮาร์ทแมน (Hartman 1995 : 47, อ้างถึงในกันทิมา เอมประเสริฐ 2542 : 22) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงาน เป็นการศึกษาแบบลุ่มลึก เมื่อเด็กเข้าร่วมโครงงานเด็กจะได้พัฒนาคำถาม แสดงความสามารถ ค้นหาทางแก้ปัญหา เสนอแนะกระบวนการแก้ปัญหา ที่คิดค้นขึ้น โครงงานใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสนใจของนักเรียน และจากการวางแผนที่ยังไม่ดีพอ ทำให้การลงมือปฏิบัติ ในขั้นที่ 3-5 ค่อนข้างสับสน ไม่ราบรื่นไปด้วย สอดคล้องกับกระทรวงศึกษาธิการ,กรมวิชาการ(2545 :195) ที่กล่าวว่า การวางแผนการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด เพราะต้องอาศัยทักษะในการนำความรู้ หลักการหรือทฤษฎีที่เรียนมาแล้ว เพื่อการเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา การวางแผนที่ดีย่อมทำให้การแก้ปัญหาประสบผลสำเร็จได้

3. ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน พบว่าโดยภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมากในทุกด้าน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง เน้นการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เน้นการทำงานตามลำดับขั้นตอน สอดคล้องกับ สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ (2543:198)ที่กล่าวว่า โครงงานเป็นกระบวนการแสวงหาความรู้หรือค้นคว้าหาคำตอบในสิ่งที่ผู้เรียนอยากรู้หรือสงสัยด้วยวิธีการต่าง ๆ อย่างหลากหลาย และ กระทรวงศึกษาธิการ,กรมวิชาการ (2544 : 1) กล่าวว่า โครงงานเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษา ค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตนเองตามความสามารถ ความถนัดและความสนใจ โดยอาศัยกระบวนการวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการอื่นใดไปใช้ในการศึกษาหาคำตอบในเรื่องนั้นๆ โดยมีครูผู้สอนคอยกระตุ้น แนะนำ และให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนอย่างใกล้ชิดทำให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมอย่างอิสระ ตอบสนองความสนใจของนักเรียน เสริมความคิดสร้างสรรค์ ได้ปฏิสัมพันธ์กับสื่อจริง และเพิ่มพูนประสบการณ์ความรู้ นักเรียนได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น มีส่วนร่วมในการวางแผนงาน ได้ฝึกความเป็นผู้นำและผู้ตาม และทำให้เกิดทักษะการเรียนรู้

ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนเห็นด้วยมากในทุกข้อคือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นกิจกรรมที่น่าสนใจ ทำให้ได้ใช้ความรู้หลายๆ อย่างเข้าด้วยกัน ทำให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดอย่างอิสระ ทำให้นักเรียนสนใจในการเรียนคณิตศาสตร์มากขึ้น นักเรียนต้องการให้มีการจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบโครงงานในกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่นด้วย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เลือกหัวข้อในการทำโครงงานตามความสนใจและความถนัดของนักเรียนเอง ได้มีโอกาสร่วมทำงานกลุ่มกับเพื่อนในการวางแผนการการทำงานตามขั้นตอน ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม อีกทั้งนักเรียนยังไม่เคยทำโครงงานมาก่อนทำให้การทำโครงงานคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่นักเรียนให้ความสนใจเป็นอย่างดี สอดคล้องกับ กรมวิชาการ,ศูนย์พัฒนาหลักสูตร (2544 : 15) ที่กล่าวว่า กิจกรรมโครงงานเหมาะกับการศึกษาในยุคข้อมูลข่าวสาร เป็นกิจกรรมที่ตอบสนองความต้องการของผู้เรียนได้อย่างเต็มที่ เกิดความรู้จริง ซึ่งได้จากการเรียนรู้ด้วยตนเองในการทดลอง ปฏิบัติ ค้นคว้า สามารถใช้ความรู้ได้หลายด้าน เกิดปัญญาเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ เข้าด้วยกัน ฝึกให้ผู้เรียนเป็นคนคิดเป็น ทำเป็นแก้ปัญหาเป็น ได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์เกิดความภูมิใจที่งานสำเร็จ มีความสนุกสนานจากการเรียนรู้ และช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนเป็นนักค้นคว้า

ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ นักเรียนเห็นด้วยมากในทุกข้อ คือ การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทำให้เข้าใจถึงวิธีการกระบวนการแก้ปัญหาทาง ส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ทำให้เกิดความรู้จริงซึ่งได้จากการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยการทดลอง ปฏิบัติ ค้นคว้า ทำให้สามารถนำความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างแท้จริง ส่งเสริมให้นักเรียนใช้

ความสามารถในการรวบรวมและนำเสนอข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตอบสนองความต้องการของผู้เรียน ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างหลากหลาย ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ผู้เรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล ตลอดจนได้พัฒนาตนเองในการเรียนรู้ร่วมกับผู้อื่น สอดคล้องกับ นันทิยา คุมพล (2545 : 9) ที่กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานไว้ว่า โครงงานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ตอบสนองความต้องการของผู้เรียน ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างหลากหลาย เป็นการแสวงหาความจริงที่ใช้หลักเหตุผล สอดคล้องกับ สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ (2546 : 91-92)ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานมีข้อดีคือ ผู้เรียนได้มีโอกาสเลือกประเด็นที่ศึกษา วิธีการศึกษาและแหล่งความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทุกขั้นตอน ซึ่งการศึกษาค้นคว้านั้นมีการเชื่อมโยงบูรณาการระหว่าง ความรู้ ทักษะ และประสบการณ์เดิมกับสิ่งใหม่ มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่นและได้ฝึกการแก้ปัญหาในการทำงานและสอดคล้องกับทิศนา แขมมณี(2550 : 138) ที่กล่าวว่า โครงงานเป็นกิจกรรมที่มีบริบทจริงเชื่อมโยงอยู่ ดังนั้นการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจึงสัมพันธ์กับความเป็นจริง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง จึงเป็นการเรียนที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน

ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ นักเรียนเห็นด้วยมาก คือ นักเรียนสนุกและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมโครงงาน มีโอกาสแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ การทำโครงงานเป็นสิ่งที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน นักเรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นกิจกรรมที่ฝึกให้นักเรียนได้ปฏิบัติ สามารถแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง มีการทำงานเป็นกลุ่ม ทำให้นักเรียนเก่งได้ช่วยเหลือนักเรียนที่อ่อน นักเรียนที่อ่อนได้รับการช่วยเหลือจากครูและเพื่อนๆอย่างใกล้ชิด ทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม นักเรียนชอบการประดิษฐ์ตกแต่งผลงานของตนเอง ชอบเรียนนอกห้องเรียน ชอบที่จะศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของสุวัฒน์ มุทธเมธา (2522 : 194-195) ได้กล่าวถึงคุณค่าของบรรยากาศการสอนแบบโครงงานไว้ว่าเป็นการสอนที่มุ่งให้ปฏิบัติจริง ทำจริง ไม่เพียงแต่เรียนรู้ทางทฤษฎีเท่านั้นทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และมีทักษะในกระบวนการทำงานจริงๆ เริ่มตั้งแต่ร่วมคิดค้นวางแผนการหาข้อมูล อุปกรณ์ต่างๆ การแบ่งงาน และการร่วมมือกันทำงาน การประสานงาน จนกระทั่งการประเมินผลงาน ฝึกให้ร่วมมือประสานงานกันทำงานร่วมกันเพื่อบรรลุจุดประสงค์ เป็นการฝึกประชาธิปไตย และการอยู่ร่วมกันในสังคมฝึกให้ผู้เรียนมีนิสัยรักการทำงาน มีความขยันและรับผิดชอบในการทำงานเป็นการฝึกทักษะต่างๆ จากการปฏิบัติจริง เช่น การหาข้อมูล การทำงานร่วมกัน การตัดสินใจ การแก้ปัญหา ทำให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์และคุณค่าของการเรียน เพราะผลการเรียนรู้ใช้ประโยชน์ในชีวิตจริงได้ ส่วนความคิดเห็นด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ เรื่องที่

นักเรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับเพื่อนเห็นด้วยปานกลาง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในการจัดกลุ่มทำโครงงานคณิตศาสตร์นั้นครูผู้สอนเป็นผู้จัดกลุ่มให้กับนักเรียนโดยใช้หลักการคละความสามารถให้นักเรียนในกลุ่มมีทั้งนักเรียนที่มีผลการเรียนดี ปานกลางและอ่อน ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนที่เรียนเก่งได้ช่วยเหลือนักเรียนที่เรียนอ่อน ทำให้รู้จักการทำงานร่วมกันซึ่งในการจัดกลุ่มนั้นอาจไม่ตรงใจนักเรียนเนื่องจากโดยปกตินักเรียนที่เรียนเก่งจะสนิทกับนักเรียนที่เรียนเก่ง และนักเรียนที่มีผลการเรียนอ่อนจะรวมกลุ่มกับนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับเดียวกัน และเมื่อนำนักเรียนที่เรียนอ่อนมารวมกับนักเรียนที่เรียนเก่ง ส่วนใหญ่การเสนอความคิดเห็น และการตัดสินใจในกลุ่มจะมาจากนักเรียนที่เรียนเก่ง นักเรียนที่เรียนอ่อนจะไม่ค่อยกล้าแสดงความคิดเห็นเท่าที่ควรด้วยเหตุนี้อาจทำให้นักเรียนมีความคิดเห็นเรื่องนักเรียนมีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับเพื่อนอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นเพิ่มเติมของนักเรียนเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานที่ว่านักเรียนต้องการจับกลุ่มทำโครงงานเองตามความสมัครใจ

4.จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นและให้ความสนใจในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดเตรียมในแต่ละชั่วโมง เพราะกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมอย่างเต็มที่ ทุกคนได้แสดงออกซึ่งความสามารถและศักยภาพของตนเองโดยผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม โดยพบว่าพฤติกรรมสูงสุดคือด้านการนำเสนอ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกฝนการนำเสนออย่างต่อเนื่อง ผ่านการนำเสนอผลงาน/ชิ้นงานทั้งของกลุ่มและของตนเองทำให้นักเรียนมีพฤติกรรมด้านนี้สูงสุด ส่วนด้านกระบวนการทำงานต่ำสุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่านักเรียนยังขาดการวางแผนทั้งในด้านการระบุหน้าที่รับผิดชอบของสมาชิกกลุ่ม การเตรียมอุปกรณ์ ตลอดจนขั้นตอนในการทำงาน ทำให้การทำงานค่อนข้างสับสน และปฏิบัติได้ช้า และจากการสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนต่างๆ ในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ของนักเรียน ได้แก่ 1) การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา 2) การวางแผน 3) การลงมือปฏิบัติ 4) การเขียนรายงาน และ 5) การนำเสนอผลงาน พบว่า การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา การวางแผนการทำโครงงาน และการลงมือทำโครงงาน นักเรียนใช้เวลาค่อนข้างมาก ผู้วิจัยจึงให้คำแนะนำแก่นักเรียนว่าควรจะทำเรื่องที่ใกล้ตัว ไม่ยากหรือซับซ้อนจนเกินไป และสามารถทำได้ ส่วนการเขียนรายงานนั้น นักเรียนสามารถทำได้ครบตามส่วนประกอบที่กำหนดแต่ยังใช้ภาษาที่จะอธิบายในสิ่งที่ต้องได้ยังไม่ชัดเจน การนำเสนอผลงาน มีการใช้ตาราง และแผนภูมิแท่งในการนำเสนอผลการศึกษาของโครงงานได้

# ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะที่เห็นว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้และการศึกษาครั้งต่อไป จึงนำเสนอข้อเสนอแนะทั่วไป และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

**ข้อเสนอแนะทั่วไป**

1.จากผลการวิจัย พบว่าทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงานโดยภาพรวมอยู่ในระดับสูง ดังนั้นครูจึงควรนำการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ไปเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในชั้นอื่นๆ ต่อไป

2.จากผลการวิจัย พบว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ด้านการแก้ปัญหา อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นลำดับสุดท้าย ดังนั้น ครูผู้สอนควรแสวงหาแนวทางในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ต่อไป

3.จากผลการวิจัย พบว่า ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ประเด็นที่นักเรียนมีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับเพื่อนนักเรียนเห็นด้วยปานกลาง ซึ่งต่ำกว่าความคิดเห็นด้านอื่นๆซึ่งนักเรียนเห็นด้วยมาก ดังนั้น ครูผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนและแสดงความคิดเห็นซึ่งกันและกันให้มากขึ้น อีกทั้งในการจัดกลุ่มนักเรียนทำกิจกรรมควรให้เป็นไปตามความสมัครใจของนักเรียน

**ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป**

1. ควรมีการศึกษาวิจัยการนำการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ไปทดลองจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนในระดับชั้นอื่นๆ ต่อไป

2. ควรมีการศึกษาวิจัยการนำการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ไปทดลองจัดการเรียนรู้ในการกลุ่มสาระอื่นๆ ได้แก่ ภาษาอังกฤษ ภาษาไทย และวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

3.ควรมีการวิจัยเพื่อค้นหากิจกรรมที่ส่งเสริมการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา

# บรรณานุกรม

**ภาษาไทย**


กรมวิชาการ. ศูนย์พัฒนาหลักสูตร. เอกสารชุดเทคนิคการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่สุด “โครงงาน” .กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา กรมศาสนา. 2544.

กรรณิการ์ พวงเกษม. ปัญหาและกลวิธีการสอนภาษาไทยในโรงเรียนประถมศึกษา.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช , 2533.

กันทิมา เอมประเสริฐ . “การพัฒนาคู่มือการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานในระดับประถมศึกษา.” วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ,2542.

กัลยาณี จิตการุณย์ และคณะ. รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมสำหรับผู้บริหารของกระทรวงศึกษาธิการ. กรุงเทพฯ : สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ,2546.

กระทรวงศึกษาธิการ .แนวการสอนวิทยาศาสตร์ ว 017 โครงงานวิทยาศาสตร์กับคุณภาพชีวิต ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว,2536.

กระทรวงศึกษาธิการ.กรมวิชาการ,ประทีปแห่งการศึกษา พระบรมราโชวาทและพระราชดำรัสด้านการศึกษา .กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2540.

กระทรวงศึกษาธิการ.กรมวิชาการ. เอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์(ร.ส.พ.),2545.

กระทรวงศึกษาธิการ. กรมวิชาการ.กองวิจัยทางการศึกษา.การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนกลุ่มทักษะระดับประถมศึกษา.กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา , 2538.

กระทรวงศึกษาธิการ. กรมวิชาการ.กองวิจัยทางการศึกษา.การสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา .กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา , 2542.

กระทรวงศึกษาธิการ. กรมวิชาการ.ศูนย์พัฒนาหลักสูตร. เอกสารเสริมความรู้คณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาอันดับที่ 8 เรื่อง ทักษะการแก้ปัญหา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา. 2540.

กระทรวงศึกษาธิการ.กรมวิชาการ.หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. นนทบุรี: ไทยร่มเกล้า, 2544.

กระทรวงศึกษาธิการ.สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. การจัดการเรียนรู้ของครูนักปฏิรูป. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท. ,2548.

กระทรวงศึกษาธิการ.สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา. รายงานการวิจัยการสังเคราะห์องค์ความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นตัวผู้เรียนเป็นสำคัญ ตั้งแต่ พ.ศ. 2543 -2547 (ฉบับสมบูรณ์). พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย,2548.

จิราภรณ์ ศิริทวี. “โครงงาน ทางเลือกใหม่ของการสร้างปัญญาชน." วารสารกรมวิชาการ 8 (สิงหาคม 2542) : 34.

ชัยรัตน์ สุลำนาจ. “ผลการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ ที่มีต่อทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.” ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ , 2547.

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล . โครงงานคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์บริษัทเดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนสเม้นท์ จำกัด,ม.ป.ป.

ชูใจ บุญเล่า.ร่วมปฏิรูปการเรียนรู้กับครูต้นแบบ การปฏิรูปการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การสอนแบบ นิทานคณิตศาสตร์ โครงงานและวัฏจักรการเรียนรู้บูรณาการสู่แผนการเรียนรู้ .กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อรรถพลการพิมพ์,2545.

ดวงเดือน อ่อนน่วม.การสร้างเสริมสมรรถภาพการสอนคณิตศาสตร์ของครูประถมศึกษา. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

ทิศนา แขมมณี. ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2550.

ธีระชัย ปูรณโชติ .การสอนกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ คู่มือสำหรับครู.พิมพ์ครั้งที่ 2.กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2531.

ธีระพัฒน์ ฤทธิ์ทอง. 30 รูปแบบการจัดกิจกรรมโดยยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ เล่ม 2. กรุงเทพฯ :เฟื่องฟ้าพริ้นติ้ง, 2547.

นริศราภรณ์ ศรีพงษ์ชัย. “การศึกษาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนมาแตร์เดอีวิทยาลัย.” ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ,2548.

นัคสวรรย์ ศรีจันทร์. “การเปรียบเทียบผลสัมฤธิ์ทางการเรียนเรื่อง การคูณและการหาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนด้วยวิธีสอนโดยใช้แบบฝึกเสริมทักษะ วิธีสอนเอ็กซ์พลิซิทและวิธีสอนตามคู่มือครู.” วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการนิเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2545.

นันทิยา คุมพล. ร่วมปฏิรูปการเรียนรู้กับครูต้นแบบ การปฏิรูปการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การสอนแบบ โครงงาน .กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อรรถพลการพิมพ์,2545.

นิยม รักษาแก้ว. ร่วมปฏิรูปการเรียนรู้กับครูต้นแบบ การปฏิรูปการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การสอนแบบโครงงาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บริษัท ดับบลิว เจ พร้อพเพอต, 2545.

นุจรินทร์ คำแพง. "การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์." วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการประถมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น,2544.

นุติยาพร วงษ์เณร. ผลการสอนเรื่องการสร้างสรรค์ศิลปะด้วยวัสดุต่างๆ ในวิชาศิลปศึกษา โดยวิธีสอนแบบโครงงานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่6. ประจวบคีรีขันธ์ : สำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ , 2544.

บุรัช แก้วแสนเมือง. "ผลการสอนโดยใช้โครงงานคณิตศาสตร์ เรื่องสถิติที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่3." วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาหลักสูตรและการสอนบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2544.

บุษบา โคตรพันธุ์. "กิจกรรมการเรียนการสอนเรขาคณิตเรื่องรูปสี่เหลี่ยม รูปทรงและปริมาตรที่เน้นความรู้สึกเชิงปริภูมิ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6." ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2546.

บุษบา บุญชู. "การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องบทประยุกต์ด้วยวิธีสอนแบบโครงงาน." วิทยานิพนธ์ปริยญามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2545.

เบญญา ศรีดารา. "การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการทำกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์และการเรียนตามคู่มือครู." วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยทางการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,2544.

ประยูร อาษานาม. การเรียนการสอนในระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ประกายพรึก ,2537.

ปานทอง กุลนาถศิริ. "การสอนเรขาคณิตในระดับประถมศึกษาในศตวรรษที่ 21." คณิตศาสตร์ 41, 474-475( มีนาคม-เมษายน 2541) : 65-68.

ปริวัติ สิงหาเวช. “ การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนด้วยโครงงานวิทยาศาสตร์.” ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครทรวิโรฒ ประสานมิตร.2548.

ปรีชา เนาว์เย็นผล. “กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.” ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร,2544.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์และคณะ. การสอนคิดด้วยโครงงาน.กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

มานะ เอกจริยวงศ์. “จุดมุ่งหมายของการสอนเรขาคณิตในโรงเรียน.” คณิตศาสตร์ 38, 428-429 (พฤษภาคม- มิถุนายน 2537): 1-5.

มาเรียม นิลพันธุ์.วิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. นครปฐม : โครงการสิ่งเสริมการผลิตตำราและเอกสารการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร,2547.

ยุพิน พิพิธกุล. วิธีการทำโครงงานคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์บริษัท พัฒนาคุณภาพวิชาการ, 2548.

ยุทธพงษ์ ไกยวรรณ. เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาโครงงาน. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพฯ, 2546.

ราตรี ทองสามสี. “ การพัฒนาผลการเรียนรู้เรื่องโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยวิธีสอนแบบโครงงาน.” วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศิลปากร,2547.

รุจิรัตน์ รุ่งหัวไผ่. “การศึกษาความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์.” ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,2549.

รุ่งทิวา สิงหัดชัย. “การประเมินผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2546 โรงเรียนดอนก่อโนนสวรรค์ อำเภอศรีเชียงใหม่จังหวัดหนองคาย.” วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยทางการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,2547.

ลัดดา ภู่เกียรติ. โครงงานเพื่อการเรียนรู้ หลักการและแนวทางการจัดกิจกรรม. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

วรรณวิภา สุทธเกียรติ. “ การพัฒนาบทเรียนเรขาคณิตที่ใช้ซอฟ์แวร์คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้.” ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ,2542.

วัชรา เล่าเรียนดี. เทคนิคและยุทธวิธีพัฒนาทักษะการคิด การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. นครปฐม: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548.

วัฒนา เอี่ยวเส็ง.“การศึกษาการจัดโครงงานคณิตศาสตร์ในโรงเรียนประถมศึกษา กรุงเทพมหานคร.” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2544.

วัฒนาพร ระงับทุกข์.การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ : บริษัทเลิฟ แอนด์ลิพเพรส, 2541.

วันเพ็ญ ผลอุดม. การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ตามแนวการสอนแบบ มุ่งพัฒนาประสบการณ์ทางภาษา. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.,2546.

วิมลศรี สุวรรณรัตน์.ร่วมปฏิรูปการเรียนรู้กับครูต้นแบบ การปฏิรูปการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การสอนแบบ โครงงานวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์บริษัท พริ้นท์ แอนด์ คอนโทรล,2545.

ศศิธร แก้วรักษา. “ การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบซิปปา (CIPPA MODEL) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน เรื่อง สถิติเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.” ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ,2547.

ศักดิ์ดา ศรีผาวงศ์. “การพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยโครงงานเรื่องสถิติเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.” วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ,2547.

ศิริพร รัตนโกสินทร์. “การสร้างชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ.”ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ,2546.

ศุภสิริ โสมาเกตุ. “การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนและความพึงพอใจในการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการเรียนรู้โดยโครงงานกับการเรียนรู้ตามคู่มือครู.” วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยทางการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,2544.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. คู่มือการทำและการจัดแสดงโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,2531.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. เรขาคณิต. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,2544.

สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ. โครงงานที่ชนะการประกวด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 2 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ(พว.), 2547.

สมเดช บุญประจักษ์. “การพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ.”ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ,2540.

สมวงษ์ แปลงประสบโชค และคณะ. การทำโครงงานคณิตศาสตร์.กรุงเทพฯ : Learn and play Math group ,2546.

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์. มุ่งสู่คุณภาพการศึกษา.กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช,2542.

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ และคณะ.แบบฝึกหัดสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ชุดปฏิรูปการเรียนรู้ วิธีการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 .กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช,2546.

สำนักทดสอบทางการศึกษา, รายงานผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติ. สืบค้นจากฐานข้อมูล http://bet.obec.go.th/ ค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2550.

สำนักนายกรัฐมนตรี.สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ : บริษัทพริกหวานกราฟฟิค ,มปป.

สำนักการศึกษากรุงเทพมหานคร.กองวิชาการ. แนวทางการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาการอ่าน คิดวิเคราะห์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย ,2548.

สิริพร ทิพย์คง.แนวโน้มการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช,2537.

สิริพร ทิพย์คง. หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์.กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ(พว.), 2545.

สุกัญญา วุฒิรัตน์. “การศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้โครงงานคณิตศาสตร์.” ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาการศึกษาพิเศษ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,2546.

สุเทพ อ่วมเจริญ . การออกแบบการสอน . นครปฐม : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร,2547.

สุธาทิพย์ สุดหนองบัว. “การพัฒนาการเรียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้โครงงงาน.” วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัญฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น,2545.

สุรพล พยอมแย้ม.จิตวิทยาพื้นฐานสำหรับการศึกษา.นครปฐม : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร , 2544.

สุรางค์ โค้วตระกูล.จิตวิทยาการศึกษา.พิมพ์ครั้งที่ 5 .กรุงเทพฯ : ด่านสุทธาการพิมพ์,2545.

สุวร กาญจนมยูร. โครงงานคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2544.

สุวัฒน์ มุทธเมธา. การเรียนการสอนปัจจุบัน. โอเดียนสโตร์,2522.

สุวัฒนา เอี่ยมอรพรรณ.กิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2549.

สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ. 20 วิธีการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม /การเรียนรู้โดยการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ภาพพิมพ์, 2546.

อศิภรณ์ อินทรมณี. “การสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับวิธีสอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษา.” วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัญฑิต สาขาหลักสูตรและการนิเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร,2546.

อาพันธ์ชนิต เจนจิต. “กิจกรรมการเรียนการสอนเรขาคณิตโดยใช้การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์.” ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2546.

อารีย์ สัญหฉวี. รูปแบบการเรียนการสอนเด็กปัญญาเลิศ.กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ, 2540.

อารีรัตน์ ขวัญทะเล. “การศึกษาผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง จำนวนและตัวเลขของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่1 ที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการทำโครงงานคณิตศาสตร์.” ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2546.

อุษณีย์ โพธิสุขและคณะ.รายงานการวิจัย รูปแบบการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษด้านทักษะความคิดระดับสูง. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ , ม.ป.ป.

Brain Beit and David Hobbs. 101 โครงงานคณิตศาสตร์( 101 Mathematical projects) .แปลโดย ยุพิน พิพิธกุลและคณะ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว,2540.

**ภาษาต่างประเทศ**

Baroody,Arthur J. Problem Solving Researching and Communicatimg K-8 Helping Children Think Mathematically. New York :Macmilan Publishing Company, 1993.

Brandt,Ron. 'Teaching of Thinking, for Thinking, about Thinking.' Educational Leadership. 42,1 ( September 1984):3.

Chard, Sylvia C, The Project Approach . [online] . Accessed 2 October 2006. Available from http://www.project-approach.com/definition.htm

Gonzales, Nancy A. "Problem Posing : A Neglected Component in Mathematics Courses for Prospective Elementary and Middle School Teachers." School Science and Mathematics, no. 2 (1994) : 74.

Guilford, J.P. and Hoepfner,Ralph. The Analysis of Intelligence. New York : McGraw-Hill,1971.

Greenwood , Nicole Lauren. "Reinventing project-based learning to meet current standards." M.A.E. Dissertation Pacific Lutheran University, 2004.

Hargrave, Odessa Starr. "Project-based learning in the classroom." M.A.E. Dissertation Pacific Lutheran University, 2004.

Hoyles,C. "What is the point of Group Discussion ?". Education Studies in Mathematics, 1985.

Katz, Lilian G, and Chard, Sylvia C. Engaging Children's mind : The Project Approach. Printing. Norwood, New Jersey : Ablex Publishing, 1989.

Katz, Lilian G, The Project Approach. [online] . Accessed 2 October 2006. Available from http://ceep.crc.uiuc.edu/eecearchive/digests/1994/lk-pro94.html

Lappan, Glenda, and Pamela W. Schram. "Communicational and Reasoning :Critical Dimensions of Sense Making in Mathematics." New Directions for Elementary School Mathematics, no. 1(1989) : 14-30.

Niesz, Tallia Marie. “How the project approach provides opportunities for authentic learning” M.A.E. Dissertation Pacific Lutheran University, 2004.

Rowan, T.E. and L.J. Morrow. Implementing K-8 Curriculum and Evaluation Standard : Reading from the Arithmetic Teaching. Reston, Virginia : The National Council of Teaching of Mathematics, 1993.

The National Council of Teachers of Mathematics. Curriculum and Evaluation Standards for Scool Mathematics. Reston, Virginia : The National Council of Teachers of Mathematics. Inc. 1989.

Troutman, A.P. and B.K. Lichtenberg. Mathematics. A Good beginning. 5th USA. : Brocks/Cole Publishing Company,1995.

Tuckman,Bruce W. Conducting Educational Research. 5th ed. U.S.A. : Harcourt Brace and Company, 1999.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก
# รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

**รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือ**

| | | |
|---|---|---|
| 1. นายปัญญา มิ่งแก้ว | ครู คศ. 3 โรงเรียนคลองต้นไทร (สุขล้อมอุทิศ) เขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร | ผู้เชี่ยวชาญด้านวิธีสอนโครงงาน |
| 2. นางรัตน์จณี ศิริบพิตร | ครู คศ. 3 โรงเรียนวัดนิมมานรดี เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร | ผู้เชี่ยวชาญด้านวิธีสอนโครงงาน |
| 3. นายพงษ์ศักดิ์ แพงคำอ้วน | ครู คศ.3 โรงเรียนวัดแสมดำ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร | ผู้เชี่ยวชาญด้านวิธีสอนโครงงาน และการวัดผลประเมินผล |
| 4. นายนพดล ฤทธิโสม | รองผู้อำนวยการโรงเรียนวัดม่วง เขตบางแค กรุงเทพมหานคร | ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผล |
| 5. นางจันทร์ตรี ฤกษ์ปฐมศักดิ์ | ครู คศ.3 โรงเรียนวัดปุรณาวาส เขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร | ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ |
| 6. นางลักษมี สมจิตร | ครู คศ.2 โรงเรียนคลองบางพรหม เขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร | ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ |

# ภาคผนวก ข
# การตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรื่อง เรขาคณิต
   - ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
   -ค่าความยากง่าย (P)
   -ค่าอำนาจจำแนก (r)
   -ค่าความเชื่อมั่น (Reliability)
2. แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
   - ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
3. แบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน
   - ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
4. แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน
   -ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
5. แผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน จำนวน 13 แผน
   - ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
6. การปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตารางที่ 29 ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ สาระ เรขาคณิต

| จุดประสงค์ | ข้อ | ระดับพฤติกรรม | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1. เมื่อกำหนดสิ่งของรูปเรขาคณิตและเส้นทางให้สามารถนึกภาพพร้อมทั้งอธิบายได้ | 1 | ความเข้าใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 2 | ความเข้าใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 3 | ความเข้าใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 2 เมื่อกำหนดจุดให้หนึ่งจุดหรือสองจุดสามารถเขียนเส้นตรง ส่วนของเส้นตรงหรือรังสีผ่านจุดที่กำหนดให้ได้ | 4 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 5 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 7 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | 0 | 0 | +1 | 0.67 | เหมาะสม |
| 3 เมื่อกำหนดมุมให้สามารถบอกชื่อมุม จุดยอดมุมและแขนของมุมได้ | 6 | ความเข้าใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 8 | ความเข้าใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 9 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 10 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 34 | ความเข้าใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 4 เมื่อกำหนดมุมให้สามารถใช้สิ่งของที่มีลักษณะเป็นมุมฉากช่วยในการให้เหตุผลว่ามุมใดเป็นมุมฉาก มุมแหลมหรือมุมป้าน | 11 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 12 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 13 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 14 | การวิเคราะห์ | +1 | 0 | +1 | 0 | +1 | +1 | 0.67 | เหมาะสม |
| | 15 | การวิเคราะห์ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 35 | ความเข้าใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 36 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 37 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 40 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |

ตารางที่ 29 (ต่อ)

| จุดประสงค์ | ข้อ | ระดับพฤติกรรม | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 5. เมื่อกำหนดรูปสี่เหลี่ยมหรือสิ่งของที่มีส่วนใดส่วนหนึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมให้สามารถบอกได้ว่ารูปใดหรือส่วนใดของสิ่งของนั้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก | 16 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 17 | ความเข้าใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 18 | การวิเคราะห์ | +1 | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 0.83 | เหมาะสม |
| | 19 | การวิเคราะห์ | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | 0.83 | เหมาะสม |
| | 38 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 6 เมื่อกำหนดรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากให้สามารถจำแนกได้ว่าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า | 20 | ความเข้าใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 21 | การวิเคราะห์ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 39 | ความเข้าใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 7 เมื่อกำหนดเส้นตรงหรือส่วนของเส้นตรงตั้งแต่สองเส้นขึ้นไปที่อยู่บนระนาบเดียวกันให้สามารถบอกได้ว่าเส้นตรงหรือส่วนของเส้นตรงคู่ใดขนานกัน | 22 | ความเข้าใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 23 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 24 | การวิเคราะห์ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 8 เมื่อกำหนดรูปวงกลมให้สามารถบอกจุดศูนย์กลางรัศมีและสมบัติพื้นฐานของรูปวงกลมได้ | 25 | ความเข้าใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 26 | ความเข้าใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 27 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 28 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 29 | การวิเคราะห์ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 9 เมื่อกำหนดรูปเรขาคณิตให้สามารถบอกได้ว่ารูปใดเป็นรูปที่มีแกนสมมาตรและบอกแกนสมมาตรได้ | 30 | ความเข้าใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 31 | ความเข้าใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 32 | การนำไปใช้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| | 33 | การวิเคราะห์ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |

คารางที่ 30 แสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรื่อง เรขาคณิต

| ข้อ | ความยากง่าย (P) | อำนาจจำแนก (r) | ความหมาย | ข้อ | ความยากง่าย (P) | อำนาจจำแนก (r) | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 0.79 | 0.43 | ใช้ได้ | 21. | 0.25 | 0.21 | ใช้ได้ |
| 2. | 0.79 | 0.29 | ใช้ได้ | 22. | 0.71 | 0.57 | ใช้ได้ |
| 3. | 0.96 | 0.07 | ตัดทิ้ง | 23. | 0.68 | 0.64 | ใช้ได้ |
| 4. | 0.68 | 0.64 | ใช้ได้ | 24. | 0.39 | 0.64 | ใช้ได้ |
| 5. | 0.46 | 0.21 | ใช้ได้ | 25. | 0.54 | 0.50 | ใช้ได้ |
| 6. | 0.68 | 0.64 | ใช้ได้ | 26. | 0.36 | 0.57 | ใช้ได้ |
| 7. | 0.86 | 0.29 | ตัดทิ้ง | 27. | 0.54 | 0.50 | ใช้ได้ |
| 8. | 0.71 | 0.57 | ใช้ได้ | 28. | 0.18 | 0.07 | ตัดทิ้ง |
| 9. | 0.61 | 0.64 | ใช้ได้ | 29. | 0.43 | 0.29 | ใช้ได้ |
| 10. | 0.75 | 0.36 | ใช้ได้ | 30. | 0.36 | 0.57 | ใช้ได้ |
| 11. | 0.79 | 0.43 | ใช้ได้ | 31. | 0.39 | 0.79 | ใช้ได้ |
| 12. | 0.54 | 0.36 | ใช้ได้ | 32. | 0.54 | 0.79 | ใช้ได้ |
| 13. | 0.89 | 0.21 | ตัดทิ้ง | 33. | 0.57 | 0.43 | ใช้ได้ |
| 14. | 0.36 | 0.14 | ตัดทิ้ง | 34. | 0.79 | 0.43 | ใช้ได้ |
| 15. | 0.61 | 0.50 | ใช้ได้ | 35. | 0.79 | 0.29 | ใช้ได้ |
| 16. | 0.89 | 0.21 | ตัดทิ้ง | 36. | 0.57 | 0.57 | ใช้ได้ |
| 17. | 0.61 | 0.21 | ใช้ได้ | 37. | 0.68 | 0.50 | ใช้ได้ |
| 18. | 0.54 | 0.07 | ตัดทิ้ง | 38. | 0.71 | 0.57 | ใช้ได้ |
| 19. | 0.39 | 0.07 | ตัดทิ้ง | 39. | 0.57 | 0.71 | ใช้ได้ |
| 20. | 0.54 | 0.93 | ใช้ได้ | 40. | 0.75 | 0.50 | ใช้ได้ |

**หมายเหตุ**

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้เรื่อง โจทย์ปัญหาการบวกและการลบ มีแบบทดสอบแบบปรนัย จำนวน 40 ข้อ สาเหตุที่สร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้เกินจำนวนที่ต้องการ เนื่องจากต้องนำไปหาคุณภาพของแบบทดสอบเป็นรายข้อ แล้วจึงคัดเลือกแบบทดสอบที่มีคุณภาพ และจำนวนที่ต้องการ

การคัดเลือกข้อสอบสำหรับแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ ผู้วิจัยมีเกณฑ์ในการคัดเลือก ดังนี้

1. มีจำนวนข้อสอบในแต่ละจุดประสงค์ กระจายให้ครบทุกจุดประสงค์
2. คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (P) ตามเกณฑ์ คือ อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80
3. คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การประเมินดังกล่าว ได้แก่ ข้อสอบข้อที่ 1,2,4,5,6,8,9,10,11, 12,13,15,17,20,21,22,23,24, 25,26,27,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40

**การคำนวณหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้**

ตรวจสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบปรนัยโดยใช้สูตร Kuder – Richardson (KR-20) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .8544

ตารางที่ 31 ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาแบบทดสอบทักษะกระบวนการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์

| ข้อ | พฤติกรรม | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1. | การแก้ปัญหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 2. | การให้เหตุผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 3. | การสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 4. | การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 5. | ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | +1 | 0.83 | เหมาะสม |

ตารางที่ 32 ค่าดัชนีความสอดคล้องของเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน

| ระดับ | พฤติกรรม | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| **การแก้ปัญหา** | | | | | | | | | |
| 4 (สูงมาก) | มีการศึกษาปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะทำโครงงานอย่างชัดเจน มีการวางแผนอย่างเป็นระบบ ดำเนินการตามแผนการที่วางไว้ครบทุกขั้นตอน สามารถประเมินและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 3 (สูง) | มีการศึกษาปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะทำโครงงาน มีการวางแผนอย่างเป็นระบบ แต่ไม่ดำเนินการตามแผนการที่วางไว้ สามารถประเมินและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้เหมาะสม | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 2 (ปานกลาง) | มีการศึกษาปัญหาแต่ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะทำโครงงานยังไม่ชัดเจน การวางแผนการทำงานยังไม่เป็นระบบ ทำให้การทำงานไม่เป็นไปตามขั้นตอนที่ถูกต้อง สามารถประเมินและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้แต่ยังไม่เหมาะสมเท่าที่ควร | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 1 (ต่ำ) | การศึกษาปัญหาแต่ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะทำโครงงาน ยังไม่ชัดเจน ไม่มีการวางแผนการทำงานตลอดจนไม่สามารถประเมินและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงโครงงานคณิตศาสตร์ได้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |

ตารางที่ 32 (ต่อ)

| ระดับ | พฤติกรรม | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| **การให้เหตุผล** | | | | | | | | | |
| 4 (สูงมาก) | มีการอ้างอิง เสนอแนวคิด ประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 3 (สูง) | มีการอ้างอิงที่ถูกต้องบางส่วน และเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 2 (ปานกลาง) | เสนอแนวคิดไม่สมเหตุสมผลในการประกอบการตัดสินใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 1 (ต่ำ) | มีความพยายามเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| **การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ** | | | | | | | | | |
| 4 (สูงมาก) | ใช้ภาษาพูดและเขียนเพื่อแสดง แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนให้ผู้อื่นเข้าใจได้ชัดเจน การเขียนรายงานตรงตามแบบฟอร์มการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ ถูกต้องและสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจนมีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องนำเสนอโดยใช้กราฟแผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอน ได้ถูกต้องเป็นระบบกระชับชัดเจนและมีรายละเอียดสมบูรณ์ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 3 (สูง) | ใช้ภาษาพูดและเขียนในการนำเสนอแนวคิดได้อย่างคร่าวๆ ไม่ชัดเจนบางส่วนแต่ครอบคลุมสาระสำคัญ การเขียนรายงานตรงตามแบบฟอร์มการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ ถูกต้อง มีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอนได้ถูกต้องแต่ขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |

ตารางที่ 32 (ต่อ)

| ระดับ | พฤติกรรม | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| **การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ** | | | | | | | | | |
| 2 (ปานกลาง) | ใช้ภาษาพูดและเขียนในการนำเสนอแนวคิดได้ไม่ชัดเจนในบางส่วนและครอบคลุมสาระสำคัญเพียงบางส่วน การเขียนรายงานตรงตามแบบฟอร์มการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ แต่ไม่ครบถ้วน มีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์พยายาม นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบชัดเจนบางส่วน | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 1 (ต่ำ) | ใช้ภาษาพูดและเขียนในการนำเสนอแนวคิดได้เพียงเล็กน้อย การเขียนรายงานไม่ตรงตามแบบฟอร์มการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ มีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายๆ ไม่ได้ใช้กราฟ แผนภูมิหรือตารางเลย การนำเสนอข้อมูลไม่ชัดเจน | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| **การเชื่อมโยง** | | | | | | | | | |
| 4 (สูงมาก) | นำความคิดรวบยอด หลักการและวิธีทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุป ของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจทำโครงงานคณิตศาสตร์ ได้อย่างชัดเจนทุกขั้นตอนและนำไปสู่ข้อสรุปที่ถูกต้อง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 3 (สูง) | นำความคิดรวบยอด หลักการและวิธีทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุปของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจทำโครงงานคณิตศาสตร์และนำไปสู่ข้อสรุปที่ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 2 (ปานกลาง) | นำความคิดรวบยอด หลักการและวิธีทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุปของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจทำโครงงานคณิตศาสตร์ และนำไปสู่ข้อสรุป แต่ข้อสรุปยังไม่ถูกต้อง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |

ตารางที่ 32 (ต่อ)

| ระดับ | พฤติกรรม | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1 (ต่ำ) | นำความคิดรวบยอดหลักการและวิธีทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆเพื่ออธิบายข้อสรุปของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจทำโครงงานคณิตศาสตร์ ได้บ้างแต่ยังไม่ได้หาข้อสรุป | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| **ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์** | | | | | | | | | |
| 4 (สูงมาก) | มีแนวคิด/ วิธีการแปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 3 (สูง) | มีแนวคิด/ วิธีการแปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ แต่นำไปปฏิบัติแล้วไม่ถูกต้องสมบูรณ์ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 2 (ปานกลาง) | มีแนวคิด/วิธีการไม่แปลกใหม่แต่นำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 1 (ต่ำ) | มีแนวคิด/วิธีการไม่แปลกใหม่และนำไปปฏิบัติแล้วยังไม่สมบูรณ์ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |

ตารางที่ 33 ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

| ข้อ | พฤติกรรม | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| **ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้แบบโครงงาน นักเรียนมีความรู้สึกว่า** | | | | | | | | | |
| 1. | นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 2. | นักเรียนสนุกและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมโครงงาน | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 3. | นักเรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับเพื่อน | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 4. | นักเรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 5. | การทำโครงงานเป็นสิ่งที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | +1 | 0.83 | เหมาะสม |
| **ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน นักเรียนมีความรู้สึกว่า** | | | | | | | | | |
| 6. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่น่าสนใจ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 7. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทำให้ได้ใช้ความรู้หลายๆ อย่างเข้าด้วยกัน | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 8. | การจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบโครงงาน ทำให้นักเรียนสนใจในการเรียนคณิตศาสตร์มากขึ้น | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 9. | การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน ทำให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดอย่างอิสระ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 10. | นักเรียนอยากให้มีการจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบโครงงานในสาระการเรียนรู้อื่นด้วย | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |

ตารางที่ 33 (ต่อ)

| ข้อ | พฤติกรรม | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| **ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้แบบโครงงาน นักเรียนมีความรู้สึกว่า** | | | | | | | | | |
| 11. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทำให้เข้าใจถึงวิธีการกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 12. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทำให้สามารถนำความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างแท้จริง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 13. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 14. | การทำโครงงานทำให้เกิดความรู้จริงซึ่งได้จากการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยการทดลอง ปฏิบัติค้นคว้า | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |
| 15. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความสามารถในการรวบรวมและนำเสนอข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | เหมาะสม |

ตารางที่ 34 ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

| รายการประเมิน | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 | | | | | | | | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | $\Sigma R$ | IOC | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | $\Sigma R$ | IOC |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| **1. สาระสำคัญ** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 1.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **2. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง** | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.2 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **3. เนื้อหา** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 3.2 สอดคล้องกับสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 3.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 4.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 4.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **5. สื่อการจัดการเรียนรู้** | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 5.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 5.2 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **6. การวัดและประเมินผล** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 6.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 6.3 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |

ตารางที่ 34 (ต่อ)

| รายการประเมิน | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 | | | | | | | | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | $\Sigma R$ | IOC | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | $\Sigma R$ | IOC |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| **1. สาระสำคัญ** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 1.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **2. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง** | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.2 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **3. เนื้อหา** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 3.2 สอดคล้องกับสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 3.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 4.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 4.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **5. สื่อการจัดการเรียนรู้** | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 5.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 5.2 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **6. การวัดและประเมินผล** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 6.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 6.3 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |

ตารางที่ 34 (ต่อ)

| รายการประเมิน | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 | | | | | | | | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | $\Sigma R$ | IOC | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | $\Sigma R$ | IOC |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| **1. สาระสำคัญ** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 1.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **2. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง** | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.2 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **3. เนื้อหา** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 3.2 สอดคล้องกับสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 3.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 4.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 4.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **5. สื่อการจัดการเรียนรู้** | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 5.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 5.2 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **6. การวัดและประเมินผล** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 6.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 6.3 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | | | | | | | 6 | 1 |

ตารางที่ 34 (ต่อ)

| รายการประเมิน | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 | | | | | | | | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | $\Sigma R$ | IOC | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | $\Sigma R$ | IOC |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| **1. สาระสำคัญ** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 1.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **2. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง** | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.2 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **3. เนื้อหา** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 3.2 สอดคล้องกับสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 3.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 4.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 4.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **5. สื่อการจัดการเรียนรู้** | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 5.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 5.2 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **6. การวัดและประเมินผล** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 6.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 6.3 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | | | | | | | 6 | 1 |

ตารางที่ 34 (ต่อ)

| รายการประเมิน | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 | | | | | | | | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | $\Sigma R$ | IOC | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | $\Sigma R$ | IOC |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| **1. สาระสำคัญ** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 1.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **2. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง** | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.2 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **3. เนื้อหา** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 3.2 สอดคล้องกับสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 3.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 4.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 4.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **5. สื่อการจัดการเรียนรู้** | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 5.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 5.2 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **6. การวัดและประเมินผล** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 6.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 6.3 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | | | | | | | 6 | 1 |

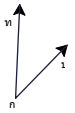
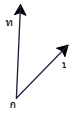
ตารางที่ 34 (ต่อ)

| รายการประเมิน | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11 | | | | | | | | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | $\Sigma R$ | IOC | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | $\Sigma R$ | IOC |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| **1. สาระสำคัญ** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 1.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **2. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง** | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.2 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **3. เนื้อหา** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 3.2 สอดคล้องกับสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 3.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 4.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 4.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **5. สื่อการจัดการเรียนรู้** | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 5.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 5.2 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **6. การวัดและประเมินผล** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 6.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 6.3 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 | | | | | | | 6 | 1 |

ตารางที่ 34 (ต่อ)

| รายการประเมิน | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | | $\Sigma R$ | IOC |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| **1. สาระสำคัญ** | | | | | | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 1.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **2. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง** | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.2 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 2.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **3. เนื้อหา** | | | | | | | | |
| 3.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 3.2 สอดคล้องกับสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 3.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้** | | | | | | | | |
| 4.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 4.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 4.3 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **5. สื่อการจัดการเรียนรู้** | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 5.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 5.2 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| **6. การวัดและประเมินผล** | | | | | | | | |
| 6.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 6.2 สอดคล้องกับเนื้อหา | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |
| 6.3 สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6 | 1 |

ตารางที่ 35 การปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

| แผนฯ ที่ | เรื่อง | ประเด็นที่ต้องปรับปรุง/แก้ไข | การปรับปรุงแก้ไข |
|---|---|---|---|
| 1. | ส่วนของระนาบ | รูปประกอบแบบฝึกหัดที่ 1 มองไม่เห็นมิติ | ปรับสีรูปประกอบให้จางลง เน้นรูปให้ชัดเจนขึ้น |
| 3. | มุม จุดยอดมุม แขนของมุม การเรียกชื่อมุม และการจำแนกชนิดของมุม ( มุมฉาก มุมแหลม มุมป้าน ) | แบบฝึกหัดที่ 3 ตอนที่ 1 การกำหนดจุดประกอบมุม | ปรับแบบฝึกหัดที่ 3 ตอนที่ 1 ให้มีทั้งมุมที่กำหนดจุดให้และให้นักเรียนกำหนดเอง |
| | | แบบทดสอบ การวางรูปและข้อคำถาม ตัวอย่าง<br>  <br>10. จากรูป ข้อใดกล่าวถูกต้อง<br>ก. มุมนี้เป็นมุมฉาก<br>ข. มุมนี้ชื่อ มุม ทกบ<br>ค. จุด ท เป็นจุดยอดมุม<br>ง. แขนของมุม คือ ท,บ | 10. จากรูป ข้อใดกล่าวถูกต้อง<br>  <br>ก. มุมนี้เป็นมุมฉาก<br>ข. มุมนี้ชื่อ มุม ทกบ<br>ค. จุด ท เป็นจุดยอดมุม<br>ง. แขนของมุม คือ ท,บ |
| 6. | ส่วนประกอบของรูปวงกลมและสมบัติพื้นฐานของรูปวงกลม | แบบทดสอบ<br>7. ส่วนที่ยาวที่สุดของรูปวงกลมคือข้อใด<br>ก. เส้นผ่านศูนย์กลาง<br>ข. คอร์ด<br>ค. เส้นรอบวง<br>ง. รัศมี | แบบทดสอบ<br>7. ส่วนประกอบใดของรูปวงกลมที่มีความยาวมากที่สุด<br>ก. เส้นผ่านศูนย์กลาง<br>ข. คอร์ด<br>ค. เส้นรอบวง<br>ง. รัศมี |
| 7. | รูปสมมาตร และแกนสมมาตร | แบบทดสอบ ข้อ 6 รูปมองแล้วเป็นวงรี | ปรับรูปในข้อ 6 ให้เป็นรูปวงกลม |

ตารางที่ 36 การปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน

| รายการ | ประเด็นที่ต้องแก้ไข | การปรับปรุงแก้ไข |
|---|---|---|
| ระดับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | ระดับดีมาก<br>ระดับดี<br>ระดับต้องปรับปรุง | ระดับสูงมาก<br>ระดับสูง<br>ระดับต่ำ |
| เกณฑ์การแปลความหมายระดับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากคะแนนร้อยละ | ระดับสูงมาก = 80 ขึ้นไป<br>ระดับสูง = 70 -79<br>ระดับปานกลาง = 50-69<br>ระดับต่ำ = ต่ำกว่า 50 | ระดับสูงมาก = 90 ขึ้นไป<br>ระดับสูง = 75 -89<br>ระดับปานกลาง = 60-74<br>ระดับต่ำ = ต่ำกว่า60 |

ตารางที่ 37 การปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

| รายการ | ประเด็นที่ต้องแก้ไข | การปรับปรุงแก้ไข |
|---|---|---|
| การแก้ปัญหา | แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านทักษะกระบวนการแก้ปัญหา | แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา |
| | การจัดลำดับรูปเรียงตามบรรทัดเป็นข้อๆ | จัดรูปลงในตารางเพื่อให้ดูแล้วเข้าใจง่าย |
| การให้เหตุผล | แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านทักษะกระบวนการให้เหตุผล | แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผล |
| | ข้อ 8 $\overline{กข}$ ขนานกับ $\overline{คง}$ และ $\overline{กข}$ ตัดกับ $\overline{คง}$ ที่จุด ม | $\overline{กข}$ // $\overline{คง}$ และ $\overline{กข}$ ตัดกับ $\overline{คง}$ ที่จุด ม |
| | ข้อ 9 มุมป้าน–มุมแหลม =มุมฉาก | มุมป้าน–มุมแหลม =มุมฉากเสมอ |
| การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ | เส้นตารางสำหรับสร้างแผนภูมิ | ปรับสีของเส้นตารางสำหรับสร้างแผนภูมิให้จางลง |
| การเชื่อมโยงฯ | ไม่ได้กำหนดชนิดของมุม | ข้อ 1 สร้างมุมแหลม<br>ข้อ 2 สร้างมุมป้าน |
| ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | ภาพนี้ชื่อ..... | ภาพนี้ชื่อ.....<br>นำไปใช้เป็นลวดลายของ..... |

ตารางที่ 38 การปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรขาคณิต

| รายการ | ประเด็นที่ต้องแก้ไข | การปรับปรุงแก้ไข |
|---|---|---|
| การพิมพ์ตัวเลือกคำตอบในแบบวัดผลการเรียนรู้ | พิมพ์ให้เป็นรูปแบบเดียวกัน และเรียงให้ตรงกัน | ตัวเลือกคำตอบของข้อสอบทุกข้อเรียงตามลำดับ ก. ข. ค. ง.<br>ตัวอย่าง<br>17. ข้อใดแตกต่างจากพวก<br>ก. จุดศูนย์กลาง<br>ข. เส้นรอบวง<br>ค. เส้นผ่านศูนย์กลาง<br>ง. เส้นขนาน |

ตารางที่ 39 การปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

| รายการ | ประเด็นที่ต้องแก้ไข | การปรับปรุงแก้ไข |
|---|---|---|
| ด้านบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน | ข้อ 5. การทำโครงงานเป็นสิ่งที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน<br>นักเรียนอาจไม่เข้าใจคำว่าท้าทาย | เมื่อนำแบบสอบถามไปใช้ให้ผู้สอนอธิบายเพิ่มเติมเพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน |

# ภาคผนวก ค
# การตรวจสอบสมมุติฐาน

ตารางที่ 40 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน สาระ เรขาคณิต ของนักเรียน ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

| เลขที่ | การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน | | | เลขที่ | การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนเรียน | หลังเรียน | ผลต่าง | | ก่อนเรียน | หลังเรียน | ผลต่าง |
| **1** | 17 | 30 | 13 | **15** | 19 | 25 | 6 |
| **2** | 8 | 16 | 8 | **16** | 12 | 27 | 15 |
| **3** | 13 | 13 | 0 | **17** | 15 | 17 | 2 |
| **4** | 6 | 15 | 9 | **18** | 11 | 23 | 12 |
| **5** | 23 | 23 | 0 | **19** | 16 | 27 | 11 |
| **6** | 15 | 19 | 4 | **20** | 18 | 25 | 7 |
| **7** | 18 | 28 | 10 | **21** | 7 | 11 | 4 |
| **8** | 15 | 16 | 1 | **22** | 14 | 23 | 9 |
| **9** | 5 | 13 | 8 | **23** | 12 | 23 | 11 |
| **10** | 12 | 17 | 5 | | | | |
| **11** | 10 | 11 | 1 | | | | |
| **12** | 13 | 21 | 8 | | | | |
| **13** | 19 | 29 | 10 | | | | |
| **14** | 11 | 23 | 12 | | | | |

ตารางที่ 41 ค่าสถิติการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ก่อนเรียน และหลังเรียน ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้โดยโครงงาน (t-test แบบ Dependent)

**t-test**

**Paired Samples Statistics**

| | | Mean | N | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| Pair 1 | post | 17.0000 | 23 | 5.31721 | 1.10872 |
| | pre | 11.1739 | 23 | 3.99605 | .83323 |

**Paired Samples Correlations**

| | | N | Correlation | Sig. |
|---|---|---|---|---|
| Pair 1 | post and pre | 23 | .682 | .000 |

**Paired Samples Test**

| | Paired Differences | | | | | t | df | Sig. ( 2-tailed) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| POST- PRE | Mean | Std. Deviation | Std. Error Mean | 95% Confidence Interval of the Differences | | | | |
| | | | | Lower | Upper | | | |
| Pair 1 POST- PRE | **5.82609** | **3.90399** | **.81404** | **4.13788** | **7.51430** | **7.157** | **22** | **.000** |

ตารางที่ 42 คะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

| เลขที่- | ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | | | | | | เลขที่- | ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | แก้ปัญหา | ให้เหตุผล | สื่อสาร | เชื่อมโยง | สร้างสรรค์ | รวม | | แก้ปัญหา | ให้เหตุผล | สื่อสาร | เชื่อมโยง | สร้างสรรค์ | รวม |
| **1** | 3.5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 22.5 | **15** | 4 | 4.5 | 5 | 4.5 | 5 | 23 |
| **2** | 2.5 | 2.5 | 2 | 2 | 3 | 12 | **16** | 4 | 5 | 4 | 4.5 | 4 | 21.5 |
| **3** | 3.5 | 4 | 3 | 3.5 | 5 | 19 | **17** | 3.5 | 4.5 | 5 | 4.5 | 4 | 21.5 |
| **4** | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 17 | **18** | 4 | 4.5 | 5 | 4.5 | 3 | 21 |
| **5** | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 22 | **19** | 4 | 5 | 5 | 4.5 | 5 | 23.5 |
| **6** | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 21 | **20** | 3 | 5 | 5 | 4.5 | 4 | 21.5 |
| **7** | 4 | 5 | 3 | 5 | 4 | 21 | **21** | 3.5 | 4 | 3 | 4.5 | 4 | 19 |
| **8** | 3 | 4 | 3 | 5 | 3.5 | 18.5 | **22** | 4 | 5 | 5 | 4.5 | 4 | 22.5 |
| **9** | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 14 | **23** | 3 | 4.5 | 5 | 4.5 | 5 | 22 |
| **10** | 3.5 | 5 | 4 | 3.5 | 4 | 20 | | | | | | | |
| **11** | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 20 | | | | | | | |
| **12** | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 19 | | | | | | | |
| **13** | 4 | 5 | 5 | 4.5 | 4 | 22.5 | | | | | | | |
| **14** | 3 | 4.5 | 5 | 4.5 | 4 | 21 | | | | | | | |

ตารางที่ 43 คะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากแบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน

| เลขที่- | ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | | | | | | เลขที่- | ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | แก้ปัญหา | ให้เหตุผล | สื่อสาร | เชื่อมโยง | สร้างสรรค์ | รวม | | แก้ปัญหา | ให้เหตุผล | สื่อสาร | เชื่อมโยง | สร้างสรรค์ | รวม |
| **1** | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 15 | **15** | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 16 |
| **2** | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 15 | **16** | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 |
| **3** | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 | **17** | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 16 |
| **4** | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 15 | **18** | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 15 |
| **5** | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 16 | **19** | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 12 |
| **6** | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 15 | **20** | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 12 |
| **7** | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 16 | **21** | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 15 |
| **8** | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 16 | **22** | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 15 |
| **9** | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 15 | **23** | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 |
| **10** | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 12 | | | | | | | |
| **11** | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 | | | | | | | |
| **12** | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 12 | | | | | | | |
| **13** | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 15 | | | | | | | |
| **14** | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 15 | | | | | | | |

ตารางที่ 44 สรุปคะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จากการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

| เลขที่ | ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | | | | | | เลขที่ | ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | แก้ปัญหา | ให้เหตุผล | สื่อสาร | เชื่อมโยง | สร้างสรรค์ | รวม | | แก้ปัญหา | ให้เหตุผล | สื่อสาร | เชื่อมโยง | สร้างสรรค์ | รวม |
| **1** | 5.5 | 8 | 8 | 8 | 8 | 37.5 | **15** | 7 | 7.5 | 9 | 7.5 | 8 | 39 |
| **2** | 5.5 | 5.5 | 5 | 6 | 5 | 27 | **16** | 7 | 8 | 7 | 7.5 | 7 | 36.5 |
| **3** | 6.5 | 7 | 6 | 6.5 | 8 | 34 | **17** | 6.5 | 7.5 | 9 | 7.5 | 7 | 37.5 |
| **4** | 5 | 6 | 6 | 7 | 8 | 32 | **18** | 6 | 7.5 | 8 | 7.5 | 7 | 36 |
| **5** | 7 | 8 | 8 | 8 | 7 | 38 | **19** | 6 | 8 | 8 | 6.5 | 7 | 35.5 |
| **6** | 7 | 8 | 8 | 8 | 5 | 36 | **20** | 5 | 8 | 8 | 6.5 | 6 | 33.5 |
| **7** | 7 | 8 | 7 | 8 | 7 | 37 | **21** | 6.5 | 7 | 6 | 8.5 | 6 | 34 |
| **8** | 6 | 7 | 7 | 8 | 6.5 | 34.5 | **22** | 6 | 8 | 8 | 7.5 | 8 | 37.5 |
| **9** | 4 | 6 | 6 | 6 | 7 | 29 | **23** | 6 | 7.5 | 8 | 7.5 | 8 | 37 |
| **10** | 5.5 | 8 | 7 | 5.5 | 6 | 32 | | | | | | | |
| **11** | 7 | 7 | 8 | 7 | 6 | 35 | | | | | | | |
| **12** | 6 | 6 | 7 | 6 | 6 | 31 | | | | | | | |
| **13** | 7 | 8 | 8 | 8.5 | 6 | 37.5 | | | | | | | |
| **14** | 6 | 7.5 | 8 | 8.5 | 6 | 36 | | | | | | | |

# ภาคผนวก ง
# เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

-แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรื่องเรขาคณิต

-แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

-แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้

- แผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

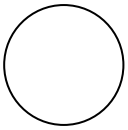
**แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้**
**สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เรขาคณิต**

**แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้**
**เรื่อง เรขาคณิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**

**<u>คำชี้แจง</u>** แบบทดสอบนี้ ใช้เวลาในการทำ 40 นาที
เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน จำนวน 30 ข้อ

1.ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✕ ลงในกระดาษคำตอบ ในช่องที่นักเรียนคิดว่าถูกต้อง

<u>ตัวอย่าง</u>

| แบบทดสอบ | กระดาษคำตอบ |
|---|---|
| 0 รูปต่อไปนี้ คือรูปอะไร<br>  <br>ก. สามเหลี่ยม ข. สี่เหลี่ยม<br>ค. ห้าเหลี่ยม ง. วงกลม | |

| ข้อ | ก | ข | ค | ง |
|---|---|---|---|---|
| 0 | | | | ✕ |
| 00 | | | | |

จากตัวอย่างข้อ 0 คำตอบที่ถูกต้องคือข้อ ง. นักเรียนจึงทำเครื่องหมาย ✕ ลงในช่อง ง

2.เมื่อนักเรียนต้องการจะเปลี่ยนคำตอบ ให้นักเรียน ลบคำตอบเดิมออกให้สะอาด แล้วจึงกากบาทในช่องใหม่

3.ห้ามนักเรียนขีดเขียน หรือทดเลขลงในแบบทดสอบนี้

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✘ ลงในช่องอักษร ก ข ค และ ง ที่ตรงกับ คำตอบที่ถูกที่สุด (30 คะแนน)

1. ข้อใดมีพื้นผิวที่มีลักษณะเป็นส่วนของระนาบ

ก. แตงโม

ข. ไม้บรรทัด

ค. ลูกบอล

ง. ปากกา

2. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

1) กระจกมีลักษณะเป็นส่วนของระนาบ

2) พื้นผิวลูกโป่งมีลักษะเป็นส่วนของระนาบ

3)พื้นผิวประตูมีลักษณะไม่เป็นส่วนของระนาบ

ข้อใดไม่ถูกต้อง

ก. 1) , 2) ข. 1) , 3)

ค. 2) , 3) ง. 1) , 2) ,3)

3. ถ้ากำหนดจุดให้หนึ่งจุด จะลากเส้นตรงผ่านจุดที่กำหนดให้ได้กี่เส้น

ก. 1 เส้น

ข. 2 เส้น

ค. 3 เส้น

ง. หลายเส้น

4. กำหนดจุด ค และ ง ให้ ข้อใดสรุปได้ถูกต้องเกี่ยวกับการลากรังสีให้ผ่านจุด ค และ ง

ก. ลากรังสีให้ผ่านจุด ค และ ง ได้เพียงเส้นเดียว

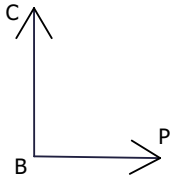
ข. ลากรังสีให้ผ่านจุด ค และ ง ได้สองเส้น

ค. ลากรังสีให้ผ่านจุด ค และ ง ได้สามเส้น

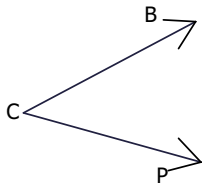
ง. ลากรังสีให้ผ่านจุด ค และ ง ได้หลายเส้น

5. ข้อใดมี $\overrightarrow{PB}$ , $\overrightarrow{PC}$ เป็นแขนของมุม

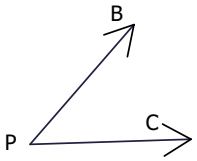
ก.



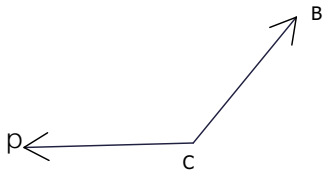

ข.




ค.




ง.



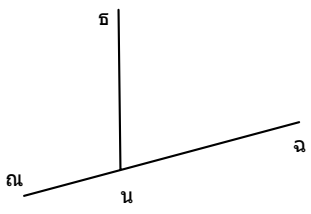

6. จากรูปจุดใดเป็นจุดยอดมุม

ก. จุด ณ

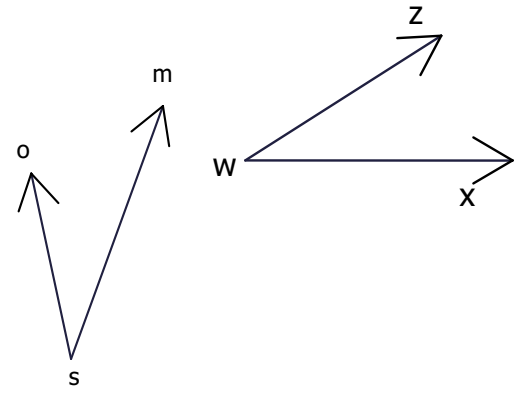
ข. จุด น

ค. จุด ธ

ง. จุด ฉ



7. จากรูป ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง



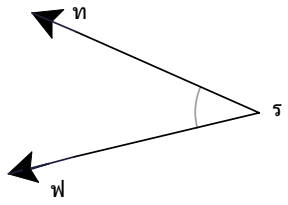

ก. $\overrightarrow{wz}$ กับ $\overrightarrow{wx}$ เป็นแขนของมุม zwx

ข. จุด s กับจุด w เป็นจุดยอดมุม

ค. $\overrightarrow{so}$ กับ $\overrightarrow{sm}$ เป็นแขนของมุม osm

ง. $\overrightarrow{os}$ กับ $\overrightarrow{zw}$ เป็นแขนของมุม osm

8. จากรูป มุมนี้อ่านว่าอย่างไร




ก. มุม รทฟ

ข. มุม ฟทร

ค. มุม ทรฟ

ง. มุม รฟท

9. ถ้าแบ่งครึ่งมุมฉาก จะได้มุมแต่ละมุมเป็นมุมชนิดใด

ก. มุมแหลม

ข. มุมป้าน

ค. มุมฉาก

ง. มุมตรง

10. ข้อความใดถูกต้องที่สุด

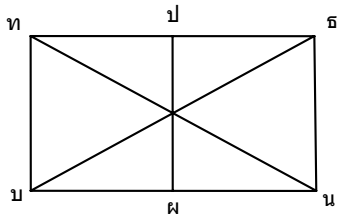
ก. มุมป้านมีขนาดใหญ่กว่ามุมฉากแต่เล็กกว่ามุมแหลม

ข. มุมฉากมีขนาดใหญ่กว่ามุมแหลมแต่เล็กกว่ามุมป้าน

ค. มุมป้านมีขนาดเล็กกว่ามุมแหลมแต่ใหญ่กว่ามุมฉาก

ง. มุมแหลมมีขนาดเล็กกว่ามุมฉากแต่ใหญ่กว่ามุมป้าน

11. จากรูป ส่วนของเส้นตรงใดเป็นเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยม



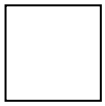

ก. $\overline{\text{ทน}}$, $\overline{\text{ธบ}}$

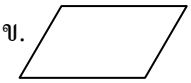
ข. $\overline{\text{ทน}}$, $\overline{\text{ผบ}}$

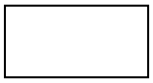
ค. $\overline{\text{ธบ}}$, $\overline{\text{ปผ}}$

ง. $\overline{\text{ทน}}$, $\overline{\text{ธบ}}$, $\overline{\text{ปผ}}$

12. รูปสี่เหลี่ยมในข้อใดเรียกว่า รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ก. 

ข. 

ค. 

ง.

13. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

1) รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีแกนสมมาตร 4 แกน

2) รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีแกนสมมาตร 2 แกน

3) รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีเส้นทแยงมุม 4 เส้น

1) รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีเส้นทแยงมุม 2 เส้น

ข้อใดถูกต้อง

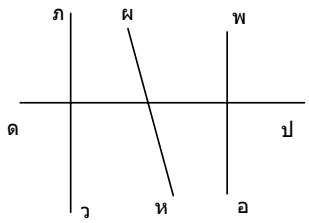
ก. 1) , 2) , 3)

ข. 1) , 2) , 4)

ค. 2) , 3) , 4)

ง. 1) , 3) , 4)

14. จากภาพเส้นคู่ใดขนานกัน




ก. $\overline{พอ}$ กับ $\overline{ภว}$

ข. $\overline{ผห}$ กับ $\overline{พอ}$

ค. $\overline{อพ}$ กับ $\overline{ดป}$

ง. $\overline{ดป}$ กับ $\overline{ผห}$

15. สิ่งของใดมีส่วนของเส้นตรงที่ขนานกัน

ก. โอ่ง

ข. หนังสือเรียน

ค. ไม้ปิงปอง

ง. ลูกขนไก่

16. $\overline{กข}$ // $\overline{คง}$ , $\overline{คง}$ // $\overline{จฉ}$ แต่ $\overline{จฉ}$ ไม่ขนานกับ $\overline{ชซ}$

ข้อใดสรุปถูกต้อง

ก. $\overline{กข}$ ขนานกับ $\overline{จฉ}$ แต่ ไม่ขนาน $\overline{ชซ}$

ข. $\overline{คง}$ ขนานกับ $\overline{ชซ}$ และ $\overline{จฉ}$

ค. $\overline{จฉ}$ ขนานกับ $\overline{กข}$ และ$\overline{ชซ}$

ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

17. ข้อใดแตกต่างจากพวก

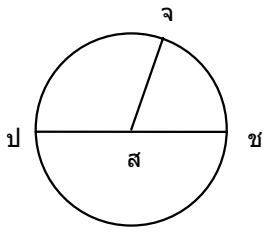
ก. จุดศูนย์กลาง

ข. เส้นรอบวง

ค. เส้นผ่านศูนย์กลาง

ง. เส้นขนาน

18. จากรูป ข้อใดเรียกว่า รัศมี




ก. จุด ส

ข. $\overline{ปช}$

ค. $\overline{จช}$

ง. $\overline{สจ}$

19. ซี่ของล้อรถจักรยานควรจะมีลักษณะเป็นส่วนใดของรูปวงกลม

ก. เส้นรอบวง

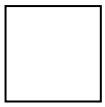
ข. รัศมี

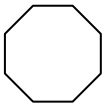
ค. เส้นผ่านศูนย์กลาง

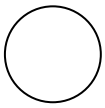
ง. จุดศูนย์กลาง

20. ข้อใดมีแกนสมมาตรมากที่สุด

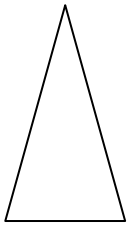
ก.

ข. 

ค. 

ง. 

21. จากรูปมีแกนสมมาตรกี่แกน



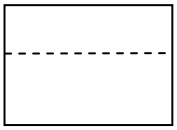
ก. 0 แกน

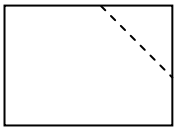
ข. 1 แกน

ค. 2 แกน

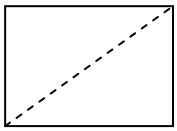
ง. 3 แกน

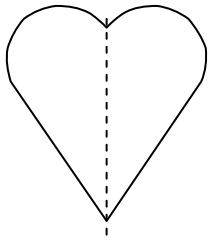
22. เส้นประในข้อใดแสดงแกนสมมาตร

ก. 

ข. 

ค.

ง. 



23. จากรูปเป็นรูปสมมาตรหรือไม่ เพราะอะไร

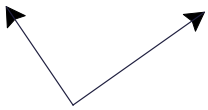
ก. เป็น เพราะเมื่อพับแล้วคลี่ออกจะมีรอยพับเดียว

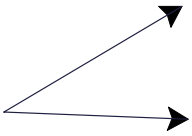
ข. เป็น เพราะเมื่อพับครึ่งรูปแล้วรูปทั้งสองข้างทับกันสนิท

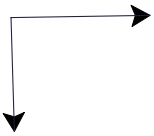
ค. ไม่เป็น เพราะเมื่อพับแล้วคลี่ออกจะมีรอยพับเดียว

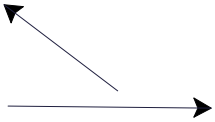
ง. ไม่เป็น เพราะเมื่อพับครึ่งรูปแล้วรูปทั้งสองข้างทับกันสนิท

24. รังสีในข้อใดไม่เป็นแขนของมุม

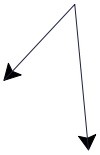
ก. 

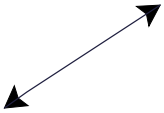
ข. 

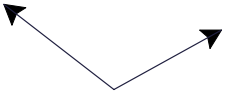
ค. 

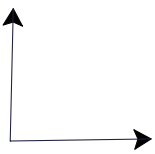
ง. 

25.รูปใดเป็นมุมป้าน

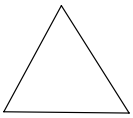
ก. 

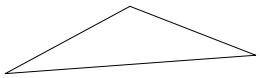
ข. 

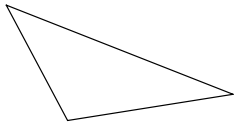
ค. 

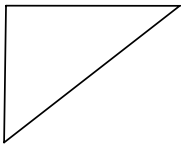
ง. 

26.รูปใดมีส่วนของรูปเป็นมุมฉาก

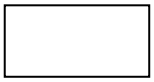
ก. 

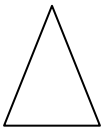
ข. 

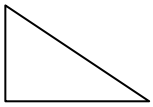
ค. 

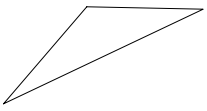
ง. 

27.รูปใดมีทั้งมุมแหลมและมุมป้าน

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

| | |
|---|---|
| 28.สิ่งใดต่อไปนี้ไม่มีส่วนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก<br>ก. หนังสือ<br>ข. กล่องไม้ขีด<br>ค. ประตูบ้าน<br>ง. หลอดไฟฟ้า | 30. ข้อใดใช้เป็นแบบรูปวงกลมไม่ได้<br>ก. แก้วน้ำ<br>ข. เหรียญบาท<br>ค. ขวด<br>ง. ลูกบอล |
| 29. “รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีด้านทั้ง 4 ยาวเท่ากัน “ คือคุณสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมชนิดใด<br>ก. รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส<br>ข. รูปสี่เหลี่ยมด้านเท่า<br>ค. รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า<br>ง. รูปสี่เหลี่ยมคางหมู | |

## เฉลยแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้เรขาคณิต

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1. ข | 2. ค | 3. ง | 4. ก | 5. ค |
| 6. ข | 7. ง | 8. ค | 9. ก | 10. ข |
| 11. ก | 12. ก | 13. ข | 14. ก | 15. ข |
| 16. ค | 17. ง | 18. ง | 19.ข | 20.ง |
| 21. ก | 22. ค | 23. ข | 24. ง | 25. ค |
| 26. ง | 27. ง | 28. ง | 29 .ก | 30. ง |

# แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

**แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์**

**ด้านการแก้ปัญหา**

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้นักเรียนพิจารณาแบบรูปที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถาม พร้อมทั้งอธิบายวิธีคิดหาคำตอบ

1.

| ลำดับที่ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| รูป | | | | | | |

รูปในลำดับที่ 15 คือ .....

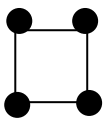
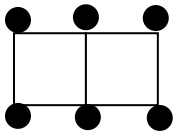
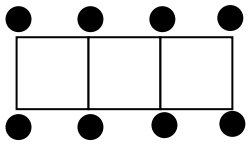
วิธีคิด .....

.....

.....

2. นายสมชายต้องการทำหลังคากันแดดให้แปลงผักบุ้ง โดยมีวิธีการตั้งเสาเพื่อมุงหลังคาดังนี้

กำหนดให้ แทนจำนวนแปลงผัก ● แทนเสา

ถ้าทำแปลงผักบุ้งและตั้งเสาหลังคาตามแบบข้างบน จงเติมจำนวนเสาที่ต้องใช้ในการทำหลังคา เมื่อ

| จำนวนแปลงผัก (แปลง) | 5 | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| จำนวนเสา(ต้น) | | | | |

วิธีคิด .....

.....

.....

3.

| ลำดับที่ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| รูป | | | | | | |

รูปในลำดับที่ 12 คือ .....

วิธีคิด .....

.....

.....

4.

| ลำดับที่ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| รูป | | | | | | |

รูปในลำดับที่ 13 คือ .....

วิธีคิด .....

.....

.....

5.

| ลำดับที่ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| รูป | | | | | | |

รูปในลำดับที่ 20 คือ .....

วิธีคิด .....

.....

.....

หมายเหตุ ปรับปรุงจาก สำนักยุทธศาสตร์การศึกษา 2549 : 116

**แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์**
**ด้านการให้เหตุผล**

**<u>คำชี้แจง</u>** พิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในข้อความที่ถูก หรือ ✕ ลงในข้อความที่ผิดพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

| ข้อ | ข้อความ | ✓ / ✕ | เหตุผล (เพราะ) |
|---|---|---|---|
| 1. | ประตูมีลักษณะเป็นส่วนของระนาบ | | |
| 2. | มุม กขค มีจุด ก เป็นจุดยอดมุม | | |
| 3. | $\overrightarrow{มว}$ และ $\overrightarrow{วด}$ เป็นแขนของมุม มวด | | |
| 4. | เส้นทแยงมุมและแกนสมมาตรของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสทุกรูป มีจำนวนเท่ากัน | | |
| 5. | รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากมีแกนสมมาตร 2 แกน | | |
| 6. | รูปวงกลมมีรัศมีได้ไม่เกิน 10 เส้น | | |
| 7. | รูปวงกลมที่มีรัศมี 7 เซนติเมตรมีขนาดใหญ่กว่ารูปวงกลมที่มีรัศมี 4 เซนติเมตร | | |
| 8. | $\overline{กข}$ // $\overline{คง}$ และ $\overline{กข}$ ตัดกับ $\overline{คง}$ ที่จุด ม | | |
| 9. | มุมป้าน - มุมแหลม = มุมฉากเสมอ | | |
| 10. | $\overline{คง}$ และ $\overline{คข}$ เป็นรัศมีของวง$\overline{กลม}$ เดียวกัน โดย $\overline{คง}$ ยาว 2 เซนติเมตร และ $\overline{คข}$ ยาว 3 เซนติเมตร | | |

**แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์**
**ด้านการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ**

**<u>คำชี้แจง</u>** จงพิจารณาข้อมูลที่กำหนดให้ แล้วเขียนนำเสนอข้อมูลให้ถูกต้องในรูปแบบของแผนภูมิรูปภาพ หรือแผนภูมิแท่ง (อย่างใดอย่างหนึ่ง)

ข้อมูลการเดินทางมาโรงเรียนของนักเรียนโรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) ปีการศึกษา 2551

| การเดินทาง | รถโรงเรียน | รถยนต์ส่วนตัว | จักรยาน | เรือ | เดิน |
|---|---|---|---|---|---|
| จำนวน (คน) | 80 | 55 | 35 | 20 | 50 |

**แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์**
**ด้านการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ**

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้นักเรียนสร้างมุมแล้ววาดภาพสิ่งของที่มีมุมตามที่กำหนดให้เป็นส่วนประกอบ

1. สร้างมุมแหลม กบว โดยกำหนดให้ $\overrightarrow{บว}$ ยาว 3 ซม. และ $\overrightarrow{บก}$ ยาว 5 ซม.

**ภาพสิ่งของที่มีมุมแหลมเป็นส่วนประกอบ**

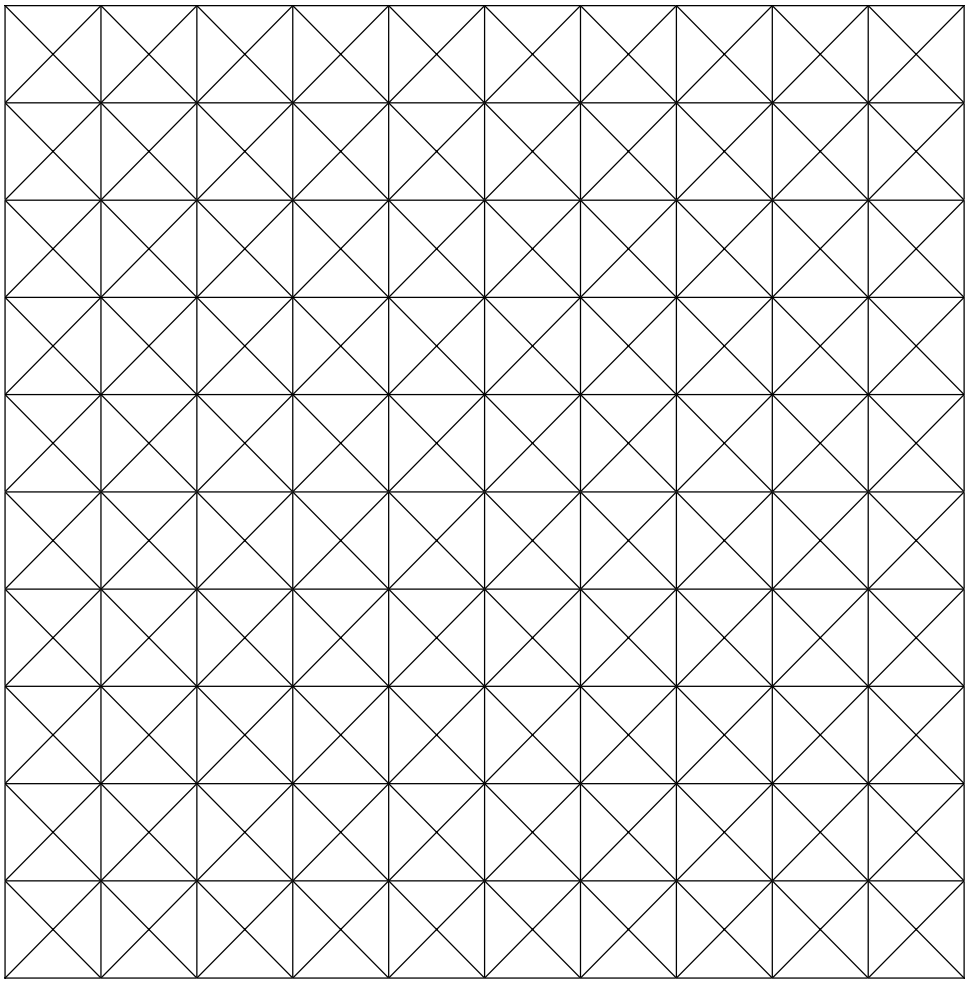
2. สร้างมุมป้านพร้อมทั้งตั้งชื่อมุมเป็นคำศัพท์ภาษาอังกฤษที่มีความหมาย โดยกำหนดให้แขนของมุมยาว 2 ซม. และ 4 ซม. ตามลำดับ

**ภาพสิ่งของที่มีมุมป้านเป็นส่วนประกอบ**

**คำศัพท์คือ.....แปลว่า.....**

**แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์**
**ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์**

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้นักเรียนคิดออกแบบลวดลายของสิ่งของด้วยรูปเรขาคณิต โดยการระบายสีให้เกิดลวดลายต่างๆ และตั้งชื่อภาพ พร้อมระบุด้วยว่านำไปใช้เป็นภาพลวดลายของสิ่งใด



ภาพนี้ชื่อ .....

นำไปใช้เป็นลวดลายของ .....

# การตรวจให้คะแนน

**แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการแก้ปัญหา**

มีข้อสอบทั้งหมด 5 ข้อ คะแนนเต็ม 5 คะแนน เกณฑ์การให้คะแนนเป็นรายข้อ ข้อละ 1 คะแนน

คือ คำตอบถูกต้อง และแสดงวิธีคิดได้ถูกต้อง ได้ 1 คะแนน ในข้อนั้นๆ
คำตอบหรือวิธีคิดถูกต้องเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ได้ 0.5 คะแนน ในข้อนั้นๆ
ทั้งคำตอบและวิธีคิดไม่ถูกต้องทั้งสิ้น ได้ 0 คะแนน ในข้อนั้นๆ

**แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการให้เหตุผล**

มีข้อสอบทั้งหมด 10 ข้อ คะแนนเต็ม 5 คะแนน เกณฑ์การให้คะแนนเป็นรายข้อ ข้อละ 1 คะแนน

คือ คำตอบถูกต้อง และอธิบายแสดงเหตุผลได้ชัดเจน ได้ 1 คะแนน ในข้อนั้นๆ
คำตอบหรือการอธิบายเหตุผลถูกต้องเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ได้ 0.5 คะแนน ในข้อนั้นๆ
ทั้งคำตอบและการอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องทั้งสิ้น ได้ 0 คะแนน ในข้อนั้นๆ

**หมายเหตุ** เมื่อตรวจครบแล้วนำคะแนนที่ได้มาหารสอง เพื่อให้ได้คะแนนเต็ม 5 คะแนน

**แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ**

มีข้อสอบทั้งหมด 1 ข้อ คะแนนเต็ม 5 คะแนน เกณฑ์การให้คะแนน มีดังนี้

1. ส่วนประกอบของแผนภูมิ 3 คะแนน โดยให้คะแนนส่วนประกอบละ 1 คะแนน ได้แก่ ชื่อแผนภูมิ 1 คะแนน, ตัวแผนภูมิ 1 คะแนน ,แกนบอกปริมาณ/อัตราส่วน 1 คะแนน
2. ความถูกต้องของการแสดงข้อมูลของแผนภูมิ 2 คะแนน

คือ แผนภูมิ แสดงข้อมูลได้ถูกต้องชัดเจนทั้งหมด ได้ 2 คะแนน
แผนภูมิแสดงข้อมูลได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ มีผิดเล็กน้อยทั้งหมดได้ 1 คะแนน
แผนภูมิแสดงข้อมูลไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ ได้ 0 คะแนน

**แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ**

มีข้อสอบทั้งหมด 2 ข้อ คะแนนเต็ม 5 คะแนน เกณฑ์การให้คะแนนเป็นรายข้อ ดังนี้

ข้อที่ 1 คะแนนเต็ม 2 คะแนน คือ การสร้างมุม 1 คะแนน และ วาดภาพสิ่งของ 1 คะแนน

คือ การสร้างมุม 1 คะแนน เกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้

สร้างมุมได้ถูกต้องตามชนิดของมุม และระบุส่วนประกอบของมุมได้ถูกต้อง ได้ 1 คะแนน
สร้างมุมได้ถูกต้องตามชนิดของมุม แต่ระบุส่วนประกอบของมุมยังไม่ถูกต้อง ได้ 0.5 คะแนน
สร้างมุมไม่ถูกต้องตามชนิดของมุม และระบุส่วนประกอบของมุมไม่ถูกต้อง ได้ 0 คะแนน
วาดภาพสิ่งของ 1 คะแนน คือ วาดภาพสิ่งของได้ถูกต้องตรงตามคำสั่ง ได้ 1 คะแนน
ภาพสิ่งของ 1 คะแนน เกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้
คือ วาดภาพสิ่งของได้ถูกต้องตรงตามคำสั่ง ได้ 1 คะแนน
ไม่สามารถวาดภาพสิ่งของได้ หรือวาดได้แต่ไม่ตรงตามคำสั่ง ได้ 0 คะแนน
ข้อที่ 2 คะแนนเต็ม 3 คะแนน
คือ การสร้างมุม 1 คะแนน ภาพสิ่งของ 1 คะแนน (ใช้เกณฑ์การให้คะแนนเดียวกับ ข้อ 1 )
ตั้งชื่อมุมเป็นคำศัพท์ภาษาอังกฤษ 1 คะแนน
คือ ตั้งชื่อมุมด้วยคำศัพท์ภาษาอังกฤษและแปลความหมายได้ถูกต้อง ได้ 1 คะแนน
ตั้งชื่อมุมด้วยคำศัพท์ภาษาอังกฤษได้แต่แปลความหมายไม่ได้ ได้ 0.5 คะแนน
ไม่สามารถตั้งชื่อมุมด้วยคำศัพท์ภาษาอังกฤษได้ ได้ 0 คะแนน

**แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์**

มีข้อสอบ 1 ข้อ คะแนนเต็ม 5 คะแนน

| เกณฑ์การให้คะแนนเป็น ดังนี้ | คะแนน |
|---|---|
| ภาพมีความสมบูรณ์ แสดงถึงแนวคิดที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับที่เคยเรียนหรือเคยเห็นมาก่อน ตั้งชื่อภาพ และบอกการนำไปใช้ประโยชน์ได้เหมาะสม | 5 |
| ภาพยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร แต่แสดงถึงแนวคิดที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับที่เคยเรียนหรือเคยเห็นมาก่อน ตั้งชื่อภาพ และบอกการนำไปใช้ประโยชน์ได้เหมาะสม | 4 |
| ภาพมีความสมบูรณ์ แต่มีแนวคิดไม่แปลกใหม่อาจภาพซ้ำกับที่เคยเรียนหรือเคยเห็นมาก่อน ตั้งชื่อภาพ และบอกการนำไปใช้ประโยชน์ได้เหมาะสม | 3 |
| ภาพยังไม่สมบูรณ์ และไม่แปลกใหม่อาจภาพซ้ำกับที่เคยเรียนหรือเคยเห็นมาก่อน ตั้งชื่อภาพ และบอกการนำไปใช้ประโยชน์ได้เหมาะสม | 2 |
| ภาพยังไม่สมบูรณ์ และไม่แปลกใหม่อาจภาพซ้ำกับที่เคยเรียนหรือเคยเห็นมาก่อน และตั้งชื่อภาพ หรือ บอกการนำไปใช้ประโยชน์ได้ยังไม่เหมาะสม | 1 |
| ไม่สามารถสร้างภาพได้ | 0 |

**เฉลย**

**แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์**

**ด้านการแก้ปัญหา**

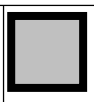
**<u>คำชี้แจง</u>** ให้นักเรียนพิจารณาแบบรูปที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถาม พร้อมทั้งอธิบายวิธีคิดหาคำตอบ

1.

| ลำดับที่ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| รูป | | | | | | |

รูปในลำดับที่ 15 คือ

วิธีคิด 1. เขียนแบบรูปเรียงต่อกันไปเรื่อย ๆ จนครบลำดับที่ 15

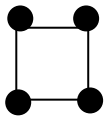
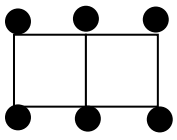
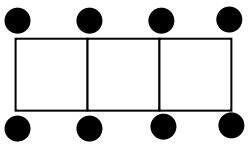
| | | |  | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |

2. นับชุดของแบบรูปว่า 1 ชุด จะมีด้วยกัน 3 รูป คือ

**นำ 15 มา หาร 3 จะได้ 5 พอดี ไม่เหลือเศษ แสดงว่า รูปที่ 15 จะได้**

2. นายสมชายต้องการทำหลังคากันแดดให้แปลงผักบุ้ง โดยมีวิธีการตั้งเสาเพื่อมุงหลังคาดังนี้

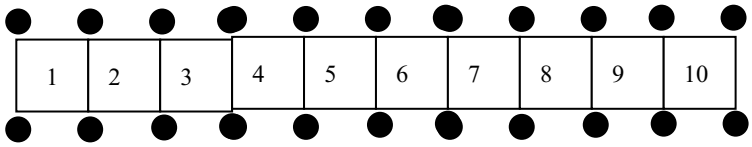
กำหนดให้ แทนจำนวนแปลงผัก ● แทนเสา

ถ้าทำแปลงผักบุ้งและตั้งเสาหลังคาตามแบบข้างบน จงเติมจำนวนเสาที่ต้องใช้ในการทำหลังคาเมื่อ

| จำนวนแปลงผัก (แปลง) | 5 | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| จำนวนเสา(ต้น) | 12 | 14 | 18 | 22 |

วิธีคิด 1. เขียนแบบรูปเรียงต่อกันไปเรื่อย ๆ จนครบลำดับที่ 10




2. สังเกตว่าจำนวนเสาจะเพิ่มขึ้นทีละ 2 ต้นทุก ๆ 1 แปลง โดยเสาเริ่มต้นอยู่ 2 ต้น

ดังนั้น แปลงผักบุ้งแปลงที่ 5 จะใช้เสา (5 คูณ 2 ) บวก 2 เท่ากับ 12 ต้น

ดังนั้น แปลงผักบุ้งแปลงที่ 6 จะใช้เสา (6 คูณ 2 ) บวก 2 เท่ากับ 14 ต้น

ดังนั้น แปลงผักบุ้งแปลงที่ 8 จะใช้เสา (8 คูณ 2 ) บวก 2 เท่ากับ 18 ต้น

ดังนั้น แปลงผักบุ้งแปลงที่ 10 จะใช้เสา (10 คูณ 2 ) บวก 2 เท่ากับ 22 ต้น

3.

| ลำดับที่ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| รูป | | | | | | |

รูปในลำดับที่ 12 คือ

วิธีคิด 1. เขียนแบบรูปเรียงต่อกันไปเรื่อย ๆ จนครบลำดับที่ 12

| | |  | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

2. นับชุดของแบบรูปว่า 1 ชุด จะมีด้วยกัน 6 รูป คือ ในตาราง

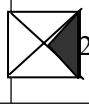
**นำ 12 มา หาร 6 จะได้ 2 พอดี ไม่เหลือเศษ แสดงว่า รูปที่ 12 จะได้**

4.

| ลำดับที่ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| รูป | | | | | | |

รูปในลำดับที่ 13 คือ

วิธีคิด 1. เขียนแบบรูปเรียงต่อกันไปเรื่อย ๆ จนครบลำดับที่ 13

| ลำดับที่ | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| รูป | | | | | |  | |

2. นับชุดของแบบรูปว่า 1 ชุด จะมีด้วยกัน 4 รูป คือ ในตาราง 1-4 **นำ 13 มา หาร 4 จะได้ 3 เหลือเศษ 1 ดังนั้น รูปที่ 13 ก็คือ รูปเดียวกับตำแหน่งที่ 1 ก็คือ**

5.

| ลำดับที่ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| รูป | | | | | | |

รูปในลำดับที่ 20 คือ

วิธีคิด 1. เขียนแบบรูปเรียงต่อกันไปเรื่อย ๆ จนครบลำดับที่ 20

| ลำดับที่ | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| รูป | | |  | | | |  |
| ลำดับที่ | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| รูป | | | |  | | | |

2. นับชุดของแบบรูปว่า 1 ชุด จะมีด้วยกัน 4 รูป คือ ในตาราง 1-4

**นำ 20 มา หาร 4 จะได้ 5 พอดี ดังนั้น รูปที่ 20 ก็คือ รูป**

**เฉลย**

## แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการให้เหตุผล

**<u>คำชี้แจง</u>** พิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในข้อความที่ถูก หรือ ✕ ลงในข้อความที่ผิดพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

| ข้อ | ข้อความ | ✓ / ✕ | เหตุผล (เพราะ) |
|---|---|---|---|
| 1. | ประตูมีลักษณะเป็นส่วนของระนาบ | ✓ | ขึ้นอยู่กับดุลพินิจของผู้ตรวจ |
| 2. | มุม กขค มีจุด ก เป็นจุดยอดมุม | ✕ | |
| 3. | $\overrightarrow{มว}$ และ $\overrightarrow{วด}$ เป็นแขนของมุม มวด | ✕ | |
| 4. | เส้นทแยงมุมและแกนสมมาตรของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสทุกรูป มีจำนวนเท่ากัน | ✕ | |
| 5. | รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากมีแกนสมมาตร 2 แกน | ✕ | |
| 6. | รูปวงกลมมีรัศมีได้ไม่เกิน 10 เส้น | ✕ | |
| 7. | รูปวงกลมที่มีรัศมี 7 เซนติเมตรมีขนาดใหญ่กว่ารูปวงกลมที่มีรัศมี 4 เซนติเมตร | ✓ | |
| 8. | $\overline{กข}$ // $\overline{คง}$ และ $\overline{กข}$ ตัดกับ $\overline{คง}$ ที่จุด ม | ✕ | |
| 9. | มุมป้าน - มุมแหลม = มุมฉาก | ✕ | |
| 10. | $\overline{คง}$ และ $\overline{คข}$ เป็นรัศมีของวงกลมเดียวกัน โดย $\overline{คง}$ ยาว 2 เซนติเมตร และ $\overline{คข}$ ยาว 3 เซนติเมตร | ✕ | |

**แบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน**

แบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน

ชื่อโครงงาน .....

ชื่อผู้จัดทำ 1. ..... ชั้นประถมศึกษาปีที่ ..... เลขที่ .....
2. ..... ชั้นประถมศึกษาปีที่ ..... เลขที่ .....
3. ..... ชั้นประถมศึกษาปีที่ ..... เลขที่ .....
4. ..... ชั้นประถมศึกษาปีที่ ..... เลขที่ .....
5. ..... ชั้นประถมศึกษาปีที่ ..... เลขที่ .....

ชื่อผู้ประเมิน .....

วัน เดือน ปี ที่ประเมิน .....

| ที่ | รายการประเมิน ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | ระดับคะแนน | | | | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **4** สูงมาก | **3** สูง | **2** ปานกลาง | **1** ต่ำ | |
| 1. | การแก้ปัญหา | | | | | |
| 2. | การให้เหตุผล | | | | | |
| 3. | การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ | | | | | |
| 4. | การเชื่อมโยง | | | | | |
| 5. | ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | | | | | |
| รวม | | | | | | |
| ค่าเฉลี่ย / ระดับคุณภาพ | | | | | | |

ความคิดเห็น / ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางแสดงเกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงานคณิตศาสตร์

| ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | ระดับคะแนน/ แนวทางการให้คะแนน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 คะแนน (สูงมาก) | 3 คะแนน (สูง) | 2 คะแนน (ปานกลาง) | 1 คะแนน (ต่ำ) |
| การแก้ปัญหา | มีการศึกษาปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะทำโครงงานอย่างชัดเจน มีการวางแผนอย่างเป็นระบบ ดำเนินการตามแผนการที่วางไว้ครบทุกขั้นตอน สามารถประเมินและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม | มีการศึกษาปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะทำโครงงาน มีการวางแผนอย่างเป็นระบบ แต่ไม่ดำเนินการตามแผนการที่วางไว้ สามารถประเมินและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้เหมาะสม | มีการศึกษาปัญหาแต่ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะทำโครงงานยังไม่ชัดเจน การวางแผนการทำงานยังไม่เป็นระบบ ทำให้การทำงานไม่เป็นไปตามขั้นตอนที่ถูกต้อง สามารถประเมินและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้แต่ยังไม่เหมาะสมเท่าที่ควร | มีการศึกษาปัญหาแต่ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะทำโครงงานยังไม่ชัดเจน ไม่มีการวางแผนการทำงานตลอดจนไม่สามารถประเมินและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงโครงงานคณิตศาสตร์ได้ |
| การให้เหตุผล | มีการอ้างอิง เสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล | มีการอ้างอิงที่ถูกต้องบางส่วนและเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ | เสนอแนวคิดไม่สมเหตุสมผลในการประกอบการตัดสินใจ | มีความพยายามเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ |

ตารางแสดงเกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงานคณิตศาสตร์

| ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | ระดับคะแนน/ แนวทางการให้คะแนน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 คะแนน (สูงมาก) | 3 คะแนน (สูง) | 2 คะแนน (ปานกลาง) | 1 คะแนน (ต่ำ) |
| การสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ | ใช้ภาษาพูดและเขียนเพื่อแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนให้ผู้อื่นเข้าใจได้ชัดเจน การเขียนรายงานตรงตามแบบฟอร์มการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ ถูกต้องและสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน มีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอนได้ถูกต้องเป็น ระบบกระชับ ชัดเจน และมีรายละเอียดสมบูรณ์ | ใช้ภาษาพูดและเขียนในการนำเสนอแนวคิดได้อย่างคร่าวๆ ไม่ชัดเจนบางส่วนแต่ครอบคลุมสาระสำคัญ การเขียนรายงานตรงตามแบบฟอร์มการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ ถูกต้อง มีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอนได้ถูกต้องแต่ขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์ | ใช้ภาษาพูดและเขียนในการนำเสนอแนวคิดได้ไม่ชัดเจนในบางส่วนและครอบคลุมสาระสำคัญเพียงบางส่วน การเขียนรายงานตรงตามแบบฟอร์มการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ แต่ไม่ครบถ้วน มีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์พยายามนำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบชัดเจนบางส่วน | ใช้ภาษาพูดและเขียนในการนำเสนอแนวคิดได้เพียงเล็กน้อย การเขียนรายงานไม่ตรงตามแบบ ฟอร์มการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ มีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายๆ ไม่ได้ใช้กราฟ แผนภูมิหรือตารางเลย การนำเสนอข้อมูลไม่ชัดเจน |

ตารางแสดงเกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงานคณิตศาสตร์

| ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | ระดับคะแนน/ แนวทางการให้คะแนน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 คะแนน (สูงมาก) | 3 คะแนน (สูง) | 2 คะแนน (ปานกลาง) | 1 คะแนน (ต่ำ) |
| การเชื่อมโยง | นำความคิดรวบยอด หลักการและวิธีทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุป ของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจทำโครงงานคณิตศาสตร์ ได้อย่างชัดเจนทุกขั้นตอนและนำไปสู่ข้อสรุปที่ถูกต้อง | นำความคิดรวบยอด หลักการและวิธีทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุป ของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจทำโครงงานคณิตศาสตร์ และนำไปสู่ข้อสรุปที่ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน | นำความคิดรวบยอด หลักการและวิธีทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุป ของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจทำโครงงานคณิตศาสตร์ และนำไปสู่ข้อสรุป แต่ข้อสรุปยังไม่ถูกต้อง | นำความคิดรวบยอด หลักการและวิธีทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุป ของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจทำโครงงานคณิตศาสตร์ ได้บ้างแต่ยังไม่ได้หาข้อสรุป |
| ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | มีแนวคิด/ วิธีการแปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์ | มีแนวคิด/ วิธีการแปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้แต่นำไปปฏิบัติแล้วไม่ถูกต้องสมบูรณ์ | มีแนวคิด/วิธีการไม่แปลกใหม่แต่นำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์ | มีแนวคิด/วิธีการไม่แปลกใหม่และนำไปปฏิบัติแล้วยังไม่สมบูรณ์ |

เกณฑ์สรุปการประเมินระดับคุณภาพโครงงานคณิตศาสตร์

| ค่าเฉลี่ย | 1.00 - 1.49 | 1.50 – 2.49 | 2.50- 3.49 | 3.50 – 4.00 |
|---|---|---|---|---|
| ระดับคุณภาพ | ต่ำ | ปานกลาง | สูง | สูงมาก |

**แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน**

# แบบสอบถามความคิดเห็น
# เรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
# ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

**<u>คำชี้แจง</u>**

แบบสอบถามฉบับนี้เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ในด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้แบบโครงงาน ดังนี้

1. แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน มีทั้งหมด 2ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน จำนวน 15 ข้อ

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้

2.ให้นักเรียนอ่านข้อความให้เข้าใจแล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

3. คำตอบของนักเรียนนั้นไม่มีถูกหรือผิด และจะไม่มีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน

4. เครื่องหมาย และตัวเลขในแต่ละระดับความคิดเห็นของนักเรียน ทางด้านขวามือของแบบสอบถาม มีความหมายดังนี้

☺ ระดับ 3หมายความว่า นักเรียนเห็นด้วย**<u>มาก</u>**กับข้อความที่กำหนดให้

😐 ระดับ 2หมายความว่า นักเรียนเห็นด้วย**<u>ปานกลาง</u>**กับข้อความที่กำหนดให้

☹ ระดับ 1หมายความว่า นักเรียนเห็นด้วย**<u>น้อย</u>**กับข้อความที่กำหนดให้

**ตอนที่1 แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน**

**จำนวน 15 ข้อ**

| ข้อ | ข้อความ | ระดับความคิดเห็น | | |
|---|---|---|---|---|
| | | มาก<br>3<br>☺ | ปานกลาง<br>2<br>😐 | น้อย<br>1<br>☹ |
| **ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้แบบโครงงาน นักเรียนมีความรู้สึกว่า** | | | | |
| 1. | นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ | | | |
| 2. | นักเรียนสนุกและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมโครงงาน | | | |
| 3. | นักเรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับเพื่อน | | | |
| 4. | นักเรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน | | | |
| 5. | การทำโครงงานเป็นสิ่งที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน | | | |
| **ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน นักเรียนมีความรู้สึกว่า** | | | | |
| 6. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่น่าสนใจ | | | |
| 7. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทำให้ได้ใช้ความรู้หลายๆ อย่างเข้าด้วยกัน | | | |
| 8. | การจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบโครงงาน ทำให้นักเรียนสนใจในการเรียนคณิตศาสตร์มากขึ้น | | | |
| 9. | การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน ทำให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดอย่างอิสระ | | | |
| 10. | นักเรียนอยากให้มีการจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบโครงงานในสาระการเรียนรู้อื่นด้วย | | | |

**ตอนที่ 1 แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน**

**จำนวน 15 ข้อ**

| ข้อ | ข้อความ | ระดับความคิดเห็น | | |
|---|---|---|---|---|
| | | มาก<br>3<br>☺ | ปานกลาง<br>2<br>😐 | น้อย<br>1<br>☹ |
| **ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้แบบโครงงาน นักเรียนมีความรู้สึกว่า** | | | | |
| 11. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทำให้เข้าใจถึงวิธีการกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | | | |
| 12. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทำให้สามารถนำความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างแท้จริง | | | |
| 13. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | | | |
| 14. | การทำโครงงานทำให้เกิดความรู้จริงซึ่งได้จากการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยการทดลอง ปฏิบัติ ค้นคว้า | | | |
| 15. | การทำโครงงานคณิตศาสตร์ ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความสามารถในการรวบรวมและนำเสนอข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ | | | |

**ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นเพิ่มเติม เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน**

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

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

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

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

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

**แผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน**

**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์** **ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**

**เรื่อง** ส่วนของระนาบ **เวลา 1 ชั่วโมง**

---

**มาตรฐาน** ค.3.1, ค.3.2, ค.6.2, ค. 6.3, ค.6.4

**มาตรฐานการเรียนรู้** ค.3.1.1 , ค.3.1.2 , ค 3.1.3 , ค. 3.2.1,

**สาระสำคัญ**

พื้นผิวที่แบนและเรียบมีลักษณะเป็นส่วนของระนาบ ซึ่งถ้าต่อส่วนของระนาบออกไปทุกทิศทุกทางแล้วยังมีพื้นผิวแบนและเรียบอยู่ จะมีลักษณะเป็นระนาบ

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

1. สามารถบอกลักษณะที่เป็นส่วนของระนาบและวิเคราะห์ได้อย่างรอบครอบ
2. ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม
3. สามารถทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานได้

**สาระการเรียนรู้ ( เนื้อหา )**

ส่วนของระนาบ

**กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

1. ครูนำแผ่นกระดาษหนังสือพิมพ์ (เรียบๆ) กับกระดาษหนังสือพิมพ์ที่ขยำเป็นก้อนมาให้นักเรียนพิจารณาความแตกต่างแล้วให้นักเรียนตอบคำถามครู ดังนี้

1.1 ผิวของกระดาษทั้งสองแบบต่างกันอย่างไร (เรียบ กับ ขรุขระ)

1.2 ลักษณะของกระดาษทั้งสองแบบต่างกันอย่างไร (ก้อนกลมๆกับแผ่นแบนๆ)

2. ครูแนะนำว่าพื้นผิวที่แบนและเรียบมีลักษณะเป็นส่วนของระนาบ ถ้าต่อออกไปเรื่อยๆ ทุกทิศทุกทางแล้วยังมีพื้นผิวที่แบนและเรียบอยู่จะมีลักษณะเป็นระนาบ

3. นักเรียนพิจารณาและตอบคำถามว่ากระดาษที่ให้ดูอันไหนที่มีลักษณะเป็นส่วนของระนาบพร้อมให้เหตุผลประกอบ(กระดาษแผ่นเป็นส่วนของระนาบ เพราะมีลักษณะแบนและผิวเรียบ ส่วนกระดาษที่ขยำเป็นก้อนไม่เป็นส่วนของระนาบเพราะไม่แบนและไม่เรียบ)

4. ครูยกตัวอย่างสิ่งของที่เป็นส่วนของระนาบและไม่เป็นส่วนของระนาบมาให้นักเรียนพิจารณาเพิ่มอีก 3-4 ตัวอย่าง

5.ให้นักเรียนแข่งขันกันหาสิ่งของที่เป็นส่วนของระนาบที่มีอยู่ในห้องเรียน โดยปฏิบัติ

ดังนี้

5.1 แบ่งนักเรียนเป็น 5 กลุ่ม

5.2 กำหนดเวลา 2 นาทีในการหาสิ่งของ

5.3 เมื่อครูให้สัญญาณจับเวลา นักเรียนในกลุ่มช่วยกันหาสิ่งของที่เป็นส่วนของระนาบมารวมกันหน้าชั้นเรียน

5.4 เมื่อหมดเวลาให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอสิ่งของที่กลุ่มตนหามาแล้วบอกว่าสิ่งที่หามานั้นมีส่วนไหนที่เป็นส่วนของระนาบบ้าง

5.5 ครูให้คะแนนของ 1 ชิ้นต่อ 1 คะแนน โดยมีนักเรียนกลุ่มอื่นมาร่วมตรวจสอบกลุ่มใดหาสิ่งของได้ถูกต้องและมีจำนวนมากที่สุดเป็นผู้ชนะ

6. ครูและนักเรียนสรุปร่วมกันว่า สิ่งของบางอย่างจะมีลักษณะเป็นส่วนของระนาบ และไม่เป็นส่วนของระนาบในบางส่วน เช่น ส้ม เมื่อเป็นลูกกลมๆ เต็มผลก็ไม่เป็นส่วนของระนาบ แต่เมื่อผ่าแล้วจะมีผิวด้านหนึ่งเรียบ ด้านนั้นจะเป็นส่วนของระนาบ ส่วนด้านที่ไม่ถูกผ่าจะไม่เป็นระนาบ เป็นต้น

7. นักเรียนทำแบบฝึกหัด

**สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้**

1. กระดาษหนังสือพิมพ์ที่เรียบและที่ขยำเป็นก้อน
2. ตัวอย่างสิ่งของที่เป็นส่วนของระนาบ เช่น สมุด หนังสือ
3. ตัวอย่างสิ่งของที่ไม่เป็นส่วนของระนาบ เช่น ลูกบอล ขวด แก้ว ส้ม
4. แบบฝึกหัด

**การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้**

| ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | วิธีการวัดและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| 1. สามารถบอกลักษณะที่เป็นส่วนของระนาบและวิเคราะห์ได้อย่างรอบครอบ | ตรวจแบบฝึกหัด<br>การทดสอบ | แบบทดสอบ<br>แบบฝึกหัด |
| 2. ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม | การสังเกตการตอบคำถาม | คำถาม/สถานการณ์ |
| 3. สามารถทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานได้ | การสังเกตพฤติกรรมการเรียน | แบบสังเกตพฤติกรรม |

**บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

……

……

……

……

ปัญหา/อุปสรรค

……

……

……

……

……

ประเด็นที่ต้องปรับปรุงแก้ไข และแนวทางการแก้ไข

……

……

……

……

……

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(……)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

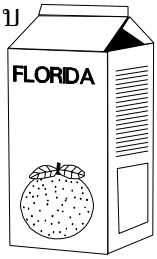
**แบบฝึกหัดที่ 1**

**เรื่อง ส่วนของระนาบ**

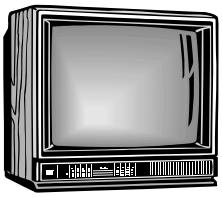
**คำชี้แจง** ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

**ตอนที่ 1** รูปในข้อใดมีส่วนของระนาบ

1)

2) 


3)

4) 

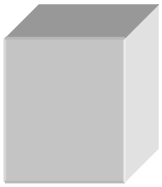
5)

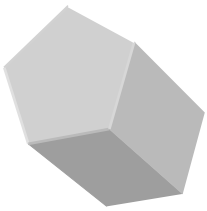
6)

รูปที่มีส่วนของระนาบได้แก่ รูป.....

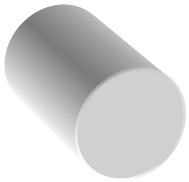
**ตอนที่ 2** รูปต่อไปนี้ประกอบด้วยด้านที่เป็นส่วนของระนาบกี่ด้าน

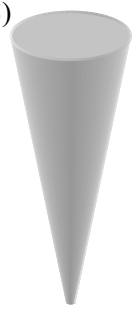
1)

2) 

3) 

_____ _____ _____

4) 

5) 

_____ _____

**แบบทดสอบหลังเรียน**

**เรื่อง ส่วนของระนาบ**

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย **X** ลงในช่องอักษร ก ข ค และ ง ที่ตรงกับ คำตอบที่ถูกที่สุด

1. ข้อใดกล่าวถึงส่วนของระนาบได้ถูกต้อง

ก. ลูกโป่งมีส่วนของระนาบเพราะเรียบมัน

ข. พื้นดินมีส่วนของระนาบเพราะกว้างใหญ่

ค. ถนนเป็นส่วนของระนาบเพราะยาวมาก

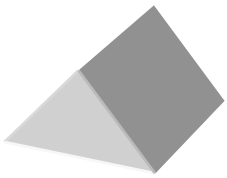
ง. ผิวน้ำเป็นส่วนของระนาบเพราะเรียบสม่ำเสมอ

2 สิ่งใดมีส่วนที่เป็นระนาบ

ก. ลูกฟุตบอล ข. ผลมะม่วง

ค. โต๊ะ ง. หลอดไฟ

3. จากรูปประกอบด้วยส่วนที่เป็นระนาบกี่ส่วน



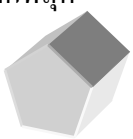
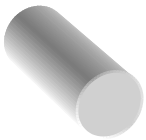
ก. 2 ส่วน

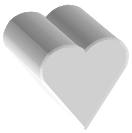
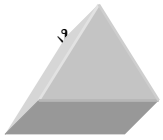
ข. 3 ส่วน

ค. 4 ส่วน

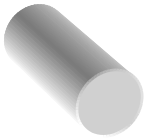
ง. 5 ส่วน

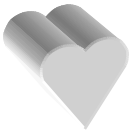
4. รูปใดประกอบด้วยด้านที่เป็นส่วนของระนาบมากที่สุด

ก.  ข. 

ค.  ง 

5. รูปใดประกอบด้วยด้านที่เป็นส่วนของระนาบน้อยที่สุด

ก. ข. 

ค.  ง..

**เฉลย** 1. ง 2. ค 3. ง 4. ก 5. ข

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

เรื่อง.....

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้ผู้สอนสังเกตและบันทึก โดยใส่ 1 เมื่อนักเรียนปฏิบัติตามพฤติกรรมที่สังเกต
ใส่ 0 เมื่อนักเรียนไม่ได้ปฏิบัติตามกิจกรรมที่สังเกต ลงในช่องรายการพฤติกรรม

| ที่ | ชื่อ - สกุล | พฤติกรรมที่สังเกต | | | | | รวม | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | กระตือรือร้นในการทำงาน | แสดงความคิดเห็น | การเป็นผู้นำและผู้ตาม | การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น | การนำเสนอ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ข้อเสนอแนะ / ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

หมายเหตุ : กรณีที่เรียนเป็นกลุ่มใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนนี้ตามจำนวนกลุ่ม

* ปรับปรุงจาก ราตรี ทองสามศรี 2547 : 134.

**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์** **ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**

**เรื่อง** จุด ส่วนของเส้นตรง เส้นตรง และรังสี **เวลา 2 ชั่วโมง**

---

**มาตรฐาน** ค.3.1 , ค.3.2, ค. 6.1 ,ค.6.3

**มาตรฐานการเรียนรู้** ค.3.1.1 , ค.3.1.2 , ค 3.1.3 , ค.6.1.2 ,ค.6.3.1

**สาระสำคัญ**

จุด 1 จุด สามารถเขียนส่วนของเส้นตรง เส้นตรงหรือรังสีผ่านได้หลายเส้น แต่ถ้ามี 2 จุด เขียนส่วนของเส้นตรง เส้นตรงหรือรังสีจากจุดหนึ่งให้ผ่านอีกจุดหนึ่งได้เพียงเส้นเดียว

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

1. เมื่อกำหนดสิ่งของ รูปเรขาคณิตและเส้นทางให้สามารถนึกภาพพร้อมทั้งอธิบายได้

2 สามารถจำแนก จุด ส่วนของเส้นตรง เส้นตรง และรังสี พร้อมทั้งเขียนสัญลักษณ์แทนได้

3. เมื่อกำหนดจุดให้หนึ่งจุดหรือสองจุดสามารถเขียนเส้นตรง ส่วนของเส้นตรงหรือรังสีผ่านจุดที่กำหนดให้ได้

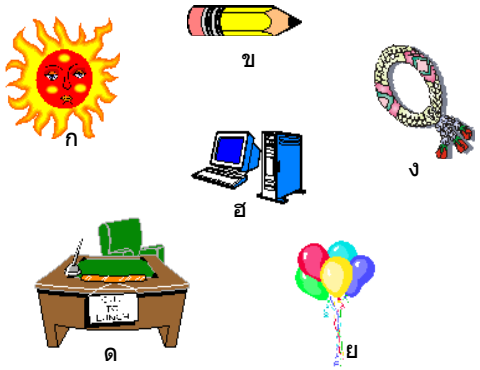
4. กล้าแสดงความคิดเห็นและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

**สาระการเรียนรู้ ( เนื้อหา )**

จุด ส่วนของเส้นตรง เส้นตรง และรังสี

**กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

1. ทบทวนเรื่องจุดโดยให้นักเรียนดูภาพแล้วบอกตำแหน่งของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในภาพ เช่น



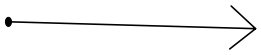

จากนั้นครูถามว่าดินอยู่อยู่ตำแหน่งของจุดใด (จุด ข), จุด ย ใช้บอกตำแหน่งของอะไร (ลูกโป่ง)

2.ครูและนักเรียนสรุปร่วมกันว่าจุดใช้แสดงตำแหน่งของสิ่งต่างๆ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ .

3. ครูเขียนจุดและลากเส้นต่อแล้วจุดท้ายเส้น แล้วถามนักเรียนว่า สิ่งที่เขียนเรียกว่าอะไร

(ส่วนของเส้นตรง) ตัวอย่าง 

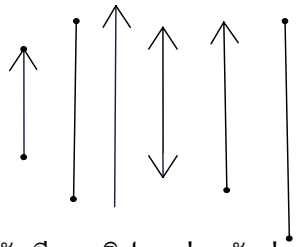
4. ครูเขียนจุดและลากเส้นต่อแล้วทำหัวลูกศรท้ายเส้นข้างหนึ่ง แล้วถามนักเรียนว่า

สิ่งที่เขียนเรียกว่าอะไร(รังสี) ตัวอย่าง 

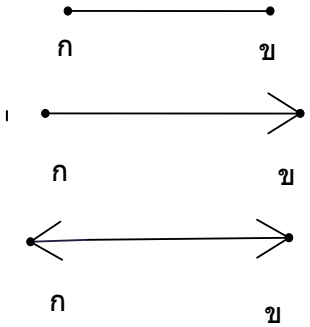
5. ครูเขียนเส้นตรงที่มีหัวทั้งสองข้างเป็นลูกศรแล้วถามนักเรียนว่า สิ่งที่ครูเขียน

เรียกว่าอะไร (เส้นตรง) ตัวอย่าง

6. ครูนำบัตรภาพที่เขียนทั้ง รังสี เส้นตรงและส่วนของเส้นตรง มาให้นักเรียนพิจารณา แล้วตอบคำถาม เช่น ส่วนของเส้นตรงใดยาวที่สุด สั้นที่สุด รังสีเส้นใดยาวเท่ากับส่วนของเส้นตรงเส้นใด เป็นต้น (นักเรียนตอบโดยการชี้ที่สัญลักษณ์นั้นๆ)

ตัวอย่าง 

7. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันว่า ส่วนของเส้นตรง รังสี หรือเส้นตรง แต่ละเส้นต้องมีชื่อเรียกเพื่อสะดวกในการกล่าวถึง เช่น




**เรียกว่า ส่วนของเส้นตรง กข**

**เรียกว่า รังสี กข**

**เรียกว่า เส้นตรง กข**

พร้อมทั้งแนะนำการเขียนสัญลักษณ์แทนเส้นเหล่านั้นเช่น

$\overline{กข}$ เป็นสัญลักษณ์แทนส่วนของเส้นตรง กข

$\overrightarrow{กข}$ เป็นสัญลักษณ์แทนรังสี กข

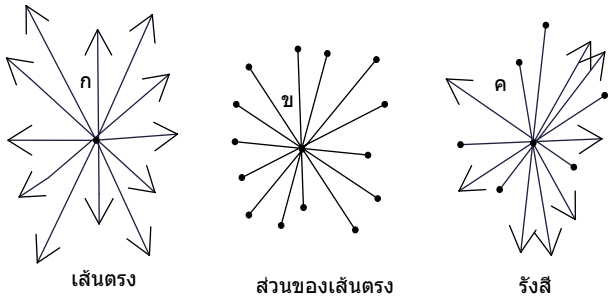
$\overleftrightarrow{กข}$ เป็นสัญลักษณ์แทนเส้นตรง กข

8. ครูกำหนดสัญลักษณ์แทนเส้นต่างๆ ให้นักเรียนตอบว่าสิ่งที่ครูกำหนดให้เรียกว่าอะไร

9. ครูและนักเรียนสรุปบทเรียนร่วมกันเกี่ยวกับ จุด ส่วนของเส้นตรง และรังสี

10. ครูแบ่งนักเรียนเป็น 3 กลุ่ม ให้ออกมาแข่งกันเขียน เส้นตรง รังสี และส่วนของเส้นตรงกลุ่มละหนึ่งประเภทผ่านจุด 1 จุดที่ครูกำหนดให้ กลุ่มใดสามารถเขียนเส้นได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนดเป็นฝ่ายชนะ

ตัวอย่าง




11. ครูและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบผลงานบนกระดานและอภิปรายและสรุปร่วมกันเกี่ยวกับการเขียนเส้นตรง รังสี และส่วนของเส้นตรงผ่านจุด 1 จุดว่าสามารถเขียนได้หลายเส้น

12. ครูกำหนดจุด 2 จุดบนกระดานแล้วสุ่มนักเรียน 3 คนมาเขียนเส้นตรง ส่วนของเส้นตรง และรังสี ให้ผ่านจุดทั้ง 2 จุด นักเรียนทั้งชั้นสังเกตจำนวนเส้นที่เกิดจากการเขียนผ่านจุด 2 จุด บนกระดาน

13. นักเรียนแต่ละคนลองเขียนจุด 2 จุด และเขียนเส้นผ่านจุด(ในสมุดตัวเอง) แล้วพิจารณาว่าได้ผลเป็นอย่างไร ได้ผลตรงกับเพื่อนทั้ง 3 คนหรือไม่ (สามารถเขียนเส้นผ่านจุดได้เส้นเดียว)

14. อภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกันว่า การเขียนเส้นตรง ส่วนของเส้นตรงและรังสีผ่านจุด 2 จุด สามารถเขียนได้เพียงเส้นเดียว แต่ถ้ามีจุดเพียงจุดเดียวจะสามารถเขียนเส้นผ่านจุดได้หลายเส้น

15. นักเรียนทำแบบฝึกหัด

**สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้**

1. บัตรภาพแสดงตำแหน่งสิ่งของ
2. บัตรภาพรังสี เส้นตรง และส่วนของเส้นตรง
3. เกมการแข่งขัน

การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

| ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | วิธีการวัดและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| 1. เมื่อกำหนดสิ่งของ รูปเรขาคณิตและเส้นทาง ให้สามารถนึกภาพพร้อมทั้งอธิบายได้<br>2. สามารถจำแนก จุด ส่วนของเส้นตรง เส้นตรง และรังสี พร้อมทั้งเขียนสัญลักษณ์แทนได้<br>3. เมื่อกำหนดจุดให้หนึ่งจุดหรือสองจุด สามารถเขียนเส้นตรง ส่วนของเส้นตรงหรือรังสีผ่านจุดที่กำหนดให้ได้ | ตรวจแบบฝึกหัด<br>การทดสอบ<br>การสังเกตการณ์ตอบคำถาม<br>สังเกตการร่วมกิจกรรม<br>เกมแข่งขัน | แบบฝึกหัด<br>แบบทดสอบ<br>เกมการแข่งขัน |
| 4. กล้าแสดงความคิดเห็นและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ | การสังเกต | แบบสังเกตพฤติกรรม |

**บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

……

……

ปัญหา/อุปสรรค

……

……

ประเด็นที่ต้องปรับปรุงแก้ไข และแนวทางการแก้ไข

……

……

……

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(……)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

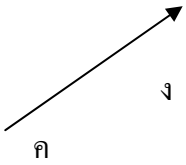
**แบบฝึกหัดที่ 2**

**เรื่อง จุด ส่วนของเส้นตรง เส้นตรง และรังสี**

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

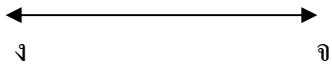
**ตอนที่ 1** เขียนสัญลักษณ์แทนสิ่งที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1)



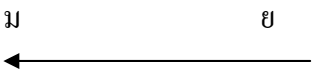

……

2 )



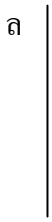

……

3 )



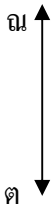

……

4 )




……

5)




……..

**เขียนสัญลักษณ์ดูทิศทางของหัวลูกศรด้วยนะจ๊ะ**

**ตอนที่ 2** สัญลักษณ์ต่อไปนี้ใช้แทนอะไร

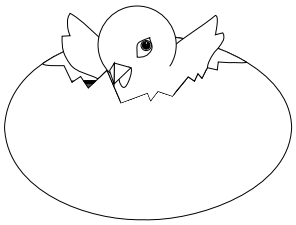
1) $\overrightarrow{XY}$ เป็นสัญลักษณ์แทน……

2) $\overleftrightarrow{OA}$ เป็นสัญลักษณ์แทน……

3) $\overline{CD}$ เป็นสัญลักษณ์แทน……

4 ) $\overrightarrow{EF}$ เป็นสัญลักษณ์แทน……

5 ) $\overleftrightarrow{MN}$ เป็นสัญลักษณ์แทน……



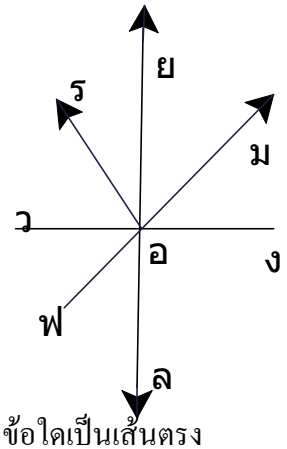
**ตอนที่ 3** เขียนเส้นตรง ส่วนของเส้นตรง และรังสี ตามที่กำหนดให้

| | |
|---|---|
| 1) $\overline{\text{บป}}$<br>. ป<br>. บ | 2) $\overline{\text{XY}}$<br>X .<br>. Y |
| 3) $\overleftrightarrow{\text{คง}}$<br>ค . | 4) $\overleftrightarrow{\text{AB}}$ A .<br>. B |
| 5) $\overrightarrow{\text{กข}}$<br>ก . | 6) $\overrightarrow{\text{CD}}$ . D<br>C . |
| 7) $\overrightarrow{\text{XY}}$ | 8) $\overrightarrow{\text{คง}}$ |
| 9) $\overline{\text{มร}}$ | 10) $\overleftrightarrow{\text{สย}}$ |

**แบบทดสอบ**

**เรื่อง จุด ส่วนของเส้นตรง เส้นตรง และรังสี**

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในช่องอักษร ก ข ค และ ง ที่ตรงกับ คำตอบที่ถูกที่สุด




1. จากรูป ข้อใดเป็นเส้นตรง

ก. ว ง ข. ยล

ค. ฟม ง. อร

2. $\overrightarrow{มน}$ เป็นรังสีที่มีจุดใดเป็นจุดปลาย

ก. จุด ม

ข. จุด มน

ค. จุด น

ง. ไม่มีจุดใดเป็นจุดปลาย

3. ถ้ากำหนดจุดให้หนึ่งจุด จะลากรังสีผ่านจุดที่กำหนดให้ได้กี่เส้น

ก. 1 เส้น

ข. 2 เส้น

ค. 3 เส้น

ง. หลายเส้น

4.กำหนดจุด A และ B ให้ ข้อใดสรุปได้ถูกต้องเกี่ยวกับการลากเส้นตรงให้ผ่านจุด A และ B

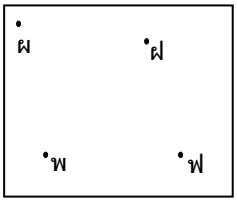
ก. ลากรังสีให้ผ่านจุด A และ B ได้เพียงเส้นเดียว

ข. ลากรังสีให้ผ่านจุด A และ B ได้สองเส้น

ค. ลากรังสีให้ผ่านจุด A และ B ได้สามเส้น

ง. ลากรังสีให้ผ่านจุด A และ B ได้หลายเส้น

5. ถ้า มีจุด 4 จุด จะลากส่วนของเส้นตรงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้มากที่สุดกี่เส้น




ก. 6 เส้น

ข. 5 เส้น

ค. 4 เส้น

ง. 3 เส้น

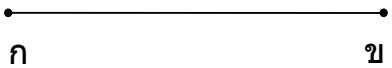
6. พิจารณาขั้นตอนปฏิบัติดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 เขียนจุด ก และ ข

ขั้นที่ 2 ลากเส้นตรงให้ผ่านจุด ก และจุด ข

จากขั้นตอนที่กำหนดให้ เขียนเป็นรูปได้ดังข้อใด

ก.




ข.

ค.

ง.

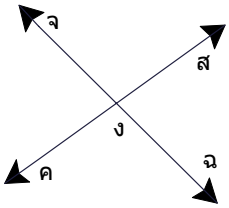
7. พิจารณาขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 เขียน $\overleftrightarrow{จฉ}$

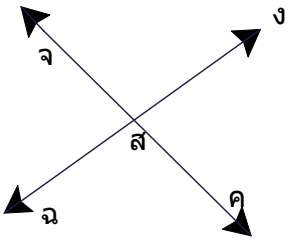
ขั้นที่ 2 เขียน $\overleftrightarrow{คง}$ ตัด $\overleftrightarrow{จฉ}$ ที่จุด ส

จากขั้นตอนที่กำหนดให้ เขียนเป็นรูปได้ดังข้อใด

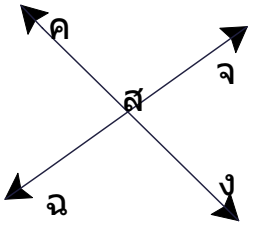
ก.



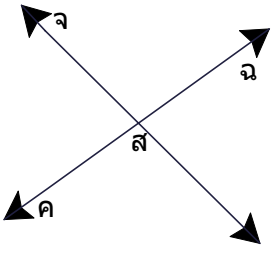

ข.



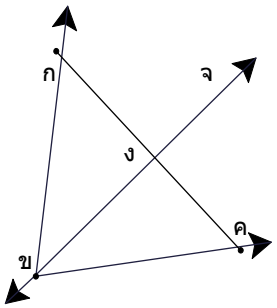

ค.




ง.

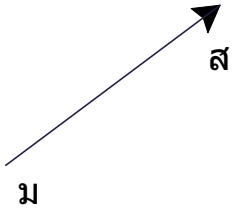



8. จากรูป สัญลักษณ์ในข้อใดเขียนผิด




ก. $\overrightarrow{ขก}$ ข. $\overleftrightarrow{ขค}$

ค. $\overleftrightarrow{ขจ}$ ง. $\overline{กค}$



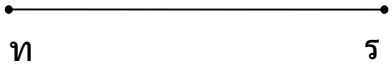

9. สัญลักษณ์แทนรูปข้างบนนี้คือข้อใด

ก. $\overrightarrow{มส}$ ข. $\overrightarrow{มส}$

ค. $\overleftarrow{สม}$ ง. $\overleftrightarrow{สม}$

10. $\overrightarrow{ทร}$ เป็นสัญลักษณ์แทนรูปในข้อใด

ก.




ข.

ค.

ง.

**เฉลย** 1. ข 2. ก 3. ง 4. ก 5. ก 6. ง 7. ค 8. ข 9. ข 10. ข

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

เรื่อง.....

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้ผู้สอนสังเกตและบันทึก โดยใส่ 1 เมื่อนักเรียนปฏิบัติตามพฤติกรรมที่สังเกต ใส่ 0 เมื่อนักเรียนไม่ได้ปฏิบัติตามกิจกรรมที่สังเกต ลงในช่องรายการพฤติกรรม

| ที่ | ชื่อ - สกุล | พฤติกรรมที่สังเกต | | | | | รวม | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | กระบวนการทำงาน | แสดงความคิดเห็น | การเป็นผู้นำและผู้ตาม | การยอมรับซึ่งกันและกัน | การนำเสนอ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ข้อเสนอแนะ / ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

หมายเหตุ : กรณีที่เรียนเป็นกลุ่มใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนนี้ตามจำนวนกลุ่ม

* ปรับปรุงจาก ราตรี ทองสามศรี 2547 : 134.

**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์** **ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**

**เรื่อง** มุม จุดยอดมุม แขนของมุม การเรียกชื่อมุม และการจำแนกชนิดของมุม **เวลา 2 ชั่วโมง**

**********

**มาตรฐาน** ค.3.1 , ค. 6.2, ค.6.3

**มาตรฐานการเรียนรู้** ค.3.1.1 , ค.3.1.2 , ค 3.1.3 , ค.6.2.1, ค.6.3.1

**สาระสำคัญ**

มุมเกิดจากส่วนของเส้นตรง หรือรังสีสองเส้นที่มีจุดปลายเป็นจุดเดียวกันเรียกว่า จุดยอดมุมและรังสีหรือส่วนของเส้นตรงแต่ละเส้นว่าแขนของมุม นอกจากนี้มุมยังเกิดจากเส้นตรงสองเส้นตัดกันด้วย

ชนิดของมุมแบ่งตามขนาดของมุม มุมที่มีขนาด $\lfloor$ เรียกว่า มุมฉาก มุมที่ เล็กกว่า มุมฉากเรียกว่า มุมแหลม มุมที่มีขนาดกว่ามุมฉากแต่ไม่ถึงสองมุมฉากเรียกว่ามุมป้าน

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

1. เมื่อกำหนดมุมให้ สามารถบอกชื่อมุม จุดยอดมุม และแขนของมุมได้อย่างสมเหตุสมผล
2. เมื่อกำหนดมุมให้สามารถใช้สิ่งของที่มีลักษณะเป็นมุมฉากช่วยในการให้เหตุผลว่ามุมใดเป็นมุมฉาก มุมแหลม หรือมุมป้านได้
3. มีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมและทำงานที่ได้รับมอบหมายได้

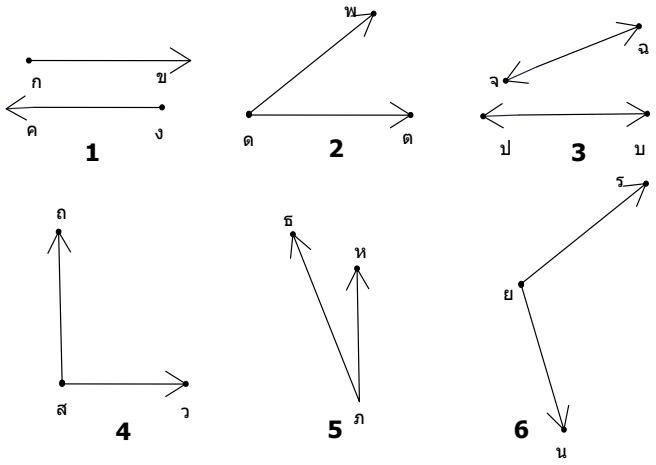
**สาระการเรียนรู้ ( เนื้อหา )**

มุม จุดยอดมุม แขนของมุม การเรียกชื่อมุม และการจำแนกชนิดของมุม (มุมแหลม มุมฉาก มุมป้าน)

**กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

1. ทบทวนความรู้เกี่ยวกับส่วนของเส้นตรง เส้นตรงและรังสี
2. ครูชี้ส่วนมุมของสิ่งของในชั้นเรียน เช่น หนังสือ โต๊ะเรียน แล้วให้นักเรียนบอกว่าส่วนที่ครูชี้เรียกกว่าอะไร (มุมหนังสือ,มุมโต๊ะ)
3. ครูนำบัตรภาพให้นักเรียนดูแล้วถามนักเรียนว่า
   - 3.1 รูปใดเป็นมุม รูปใดไม่เป็นมุม เพราะอะไร
   - 3.2 รูปที่เป็นมุม เกิดจากรังสีกี่เส้น อะไรบ้าง
   - 3.3 จุดปลายของรังสีแต่ละเส้นคือจุดใด

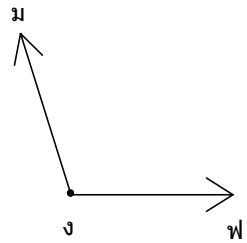
ตัวอย่าง บัตรภาพ




4. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันว่ามุมเกิดจากรังสี 2 เส้น ที่มีจุดปลายเป็นจุดเดียวกัน จุดปลายนี้เรียกว่า จุดยอดมุม และรังสีแต่ละเส้นเรียกว่า แขนของมุม

5. ครูให้นักเรียนดูบัตรภาพมุมแล้วช่วยกันบอกจุดยอดของมุมและแขนของมุม พร้อมทั้งแนะนำว่าการอ่านแขนของมุมจะต้องเริ่มอ่านจากจุดไปยังลูกศรของรังสี และยกตัวอย่างบัตรภาพมุม ให้นักเรียนเขียนแขนและจุดยอดมุม ประมาณ 5 ภาพ

ตัวอย่าง



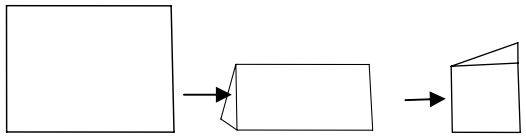

**มุม มงฟ หรือ มุม ฟงม**

**จุดยอดมุมคือ จุด ง**

**แขนของมุมคือ $\overrightarrow{งม}$ และ $\overrightarrow{งฟ}$**

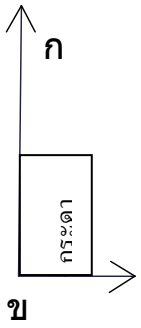
6. นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่อง มุม จุดยอดมุม แขนของมุม และการเรียกชื่อมุม

7. ครูแจกกระดาษให้นักเรียนคนละ 1 แผ่น แล้วพับกระดาษตามครูทีละขั้น ดังนี้



พับครึ่ง พับครึ่ง

8. ครูนำกระดาษที่พับมาทาบบนกระดานแล้วเขียนเป็นมุม(ใช้ด้านสันที่พับทบทาบ)

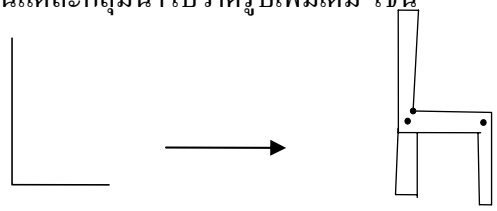



จากนั้นสุ่มให้นักเรียนลองนำกระดาษที่ตนเองพับมาทาบกับมุมที่ครูเขียนบนกระดานแล้วสังเกตว่ามุมที่พับกระดาษกับมุมที่ครูเขียนมีขนาดต่างกันหรือไม่

9. ครูแนะนำว่ามุมที่มีขนาดเดียวกับมุมที่ได้จากการพับกระดาษเรียกว่า มุมฉาก ส่วนมุมที่มีขนาดเล็กกว่ามุมฉาก เรียกว่า มุมแหลม และมุมที่มีขนาดใหญ่กว่าหนึ่งมุมฉากแต่เล็กกว่าสองมุมฉากเรียกว่ามุมป้าน

10. ครูแบ่งกลุ่มให้นักเรียนหารายชื่อสิ่งของที่มีลักษณะเป็นมุมฉาก มุมแหลม และมุมป้าน โดยการนำกระดาษที่พับเป็นมุมฉากไปวัดมุม แข่งกันภายในเวลา 3 นาที กลุ่มใดหาได้มากที่สุดเป็นฝ่ายชนะ

11. ครูแจกกระดาษให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม ต่อเติมเสริมภาพมุม โดยครูกำหนดมุม ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำไปวาดรูปเพิ่มเติม เช่น



แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอภาพวาดให้กลุ่มอื่นพิจารณา

12. ครูและนักเรียนสรุปร่วมกันเกี่ยวกับการจำแนกชนิดของมุม (มุมแหลม มุมฉาก และมุมป้าน)

13. นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่องการจำแนกชนิดของมุม (มุมแหลม มุมฉากและมุมป้าน)

**สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้**

1. บัตรภาพการเกิดมุม
2. ของจริงในห้องเรียนเช่น สมุด หนังสือ โต๊ะเรียน

3. แหล่งเรียนรู้ในโรงเรียน

4. กระดาษพับมุมฉาก

5. แบบฝึกหัด

**การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้**

| ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | วิธีการวัดและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| 1. เมื่อกำหนดมุมให้ สามารถบอกชื่อมุม จุดยอดมุม และแขนของมุมได้อย่างสมเหตุสมผล<br>2. เมื่อกำหนดมุมให้สามารถใช้สิ่งของที่มีลักษณะเป็นมุมฉากช่วยในการให้เหตุผลว่ามุมใดเป็นมุมฉาก มุมแหลม หรือมุมป้านได้ | ตรวจแบบฝึกหัด<br>การทดสอบ<br>สังเกตการทำกิจกรรมการวัดมุม | แบบทดสอบ<br>แบบฝึกหัด |
| 3. มีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมและทำงานที่ได้รับมอบหมายได้ | การสังเกต | แบบสังเกตพฤติกรรม |

**บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

……

ปัญหา/อุปสรรค

……

……

ประเด็นที่ต้องปรับปรุงแก้ไข และแนวทางการแก้ไข

……

……

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(……)

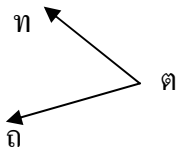
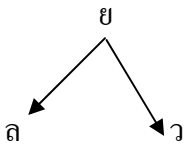
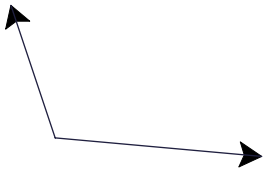
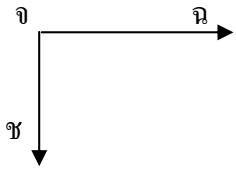
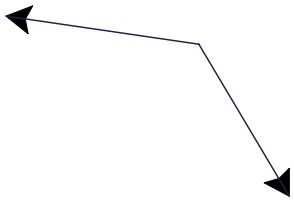
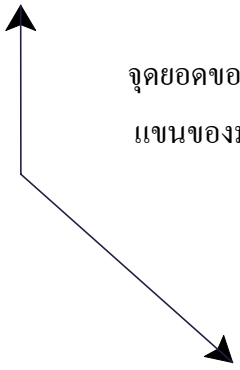
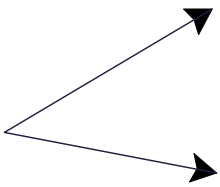
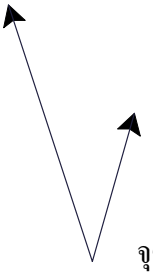
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

**แบบฝึกหัดที่ 3**

**เรื่อง มุม จุดยอดมุม แขนของมุม การเรียกชื่อมุม และการจำแนกชนิดของมุม**

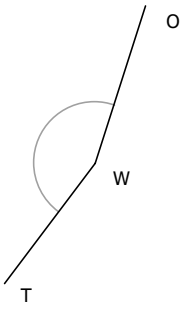
**คำชี้แจง** ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

ตอนที่ 1 บอกชื่อจุดยอดมุมและแขนของมุมต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

<table>
<tr>
<td>1)<br>  <br><br>จุดยอดของมุม……..…….<br>แขนของมุม……</td>
<td>2)<br>  <br><br>จุดยอดของมุม……..…….<br>แขนของมุม……</td>
</tr>
<tr>
<td>3)<br>  <br>จุดยอดของมุม……..…….<br>แขนของมุม……</td>
<td>4)<br>  <br><br>จุดยอดของมุม……..…….<br>แขนของมุม……</td>
</tr>
<tr>
<td>7)<br>  <br>จุดยอดของมุม……..……<br>แขนของมุม…….</td>
<td>6)<br>  <br>จุดยอดของมุม……..…….<br>แขนของมุม……</td>
</tr>
<tr>
<td>7)<br>  <br>จุดยอดของมุม……..……<br>แขนของมุม……..……</td>
<td>8)<br>  <br>จุดยอดของมุม……..……<br>แขนของมุม……</td>
</tr>
</table>

ตอนที่ 2 ใช้กระดาษที่พับเป็นมุมฉากวัดมุมต่อไปนี้ เแล้วเขียนชื่อมุม ชนิดของมุมพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

1)

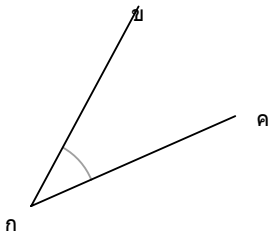



มุม.....

เป็น…… ……..……

เพราะ……..……

2)

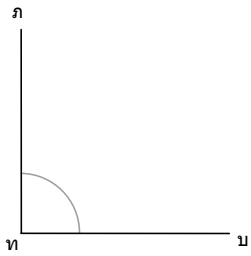



มุม.....

เป็น…… ……..……

เพราะ……..……

3)

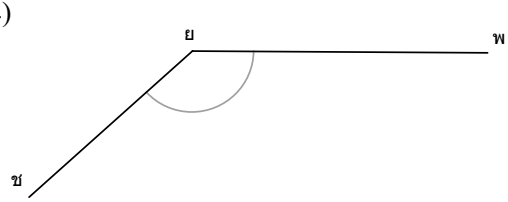



มุม.....

เป็น…… ……..……

เพราะ……..……

4)

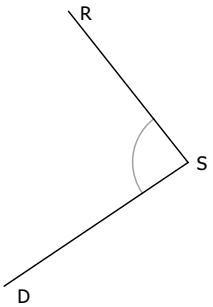



มุม.....

เป็น…… ……..……

เพราะ……..……

5)




มุม.....

เป็น…… ……..……

เพราะ……..……

**แบบทดสอบ**

**เรื่อง มุม จุดยอดมุม แขนของมุม การเรียกชื่อมุม และการจำแนกชนิดของมุม**

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในช่องอักษร ก ข ค และ ง ที่ตรงกับ คำตอบที่ถูกที่สุด

1. ข้อใดกล่าวถึง “มุม” ได้ถูกต้อง

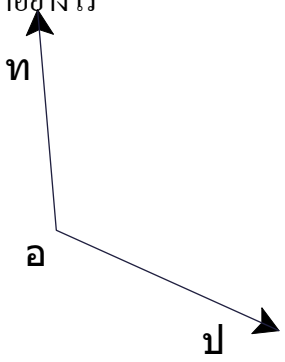
ก. รังสีสองเส้นที่มีจุดปลายเดียวกัน

ข. ส่วนหนึ่งของเส้นตรงซึ่งมีจุดปลายเพียงจุดเดียว

ค. ส่วนหนึ่งของเส้นตรงซึ่งมีจุดปลายสองจุด

ง. มีความยาวไม่จำกัด และไม่คำนึงถึงความกว้าง

2. จากรูป มุมนี้อ่านว่าอย่างไร




ก. มุม อทป

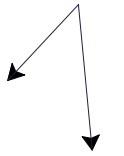
ข. มุม ทปอ

ค. มุม ปอท

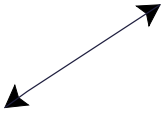
ง. มุม ปทอ

3. รูปใดเป็นมุมฉาก

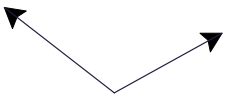
ก.



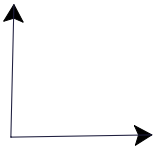
ข.



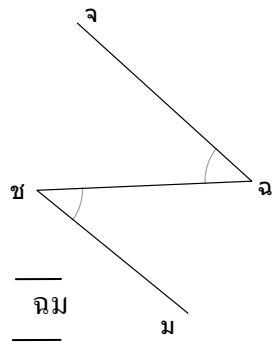
ค.



ง.



4. ข้อใดเป็นแขนของมุม จฉช




ก. $\overline{\text{จฉ}}$, $\overline{\text{ฉม}}$

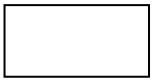
ข. $\overline{\text{จฉ}}$, $\overline{\text{จช}}$

ค. $\overline{\text{ชม}}$, $\overline{\text{ชฉ}}$

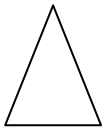
ง. $\overline{\text{ฉจ}}$, $\overline{\text{ฉช}}$

5. รูปใดไม่มีทั้งมุมแหลมและมุมป้าน

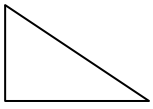
ก.



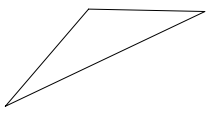
ข.



ค.

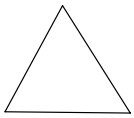


ง.

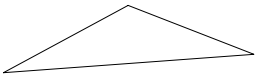


6. รูปใดมีมุมแหลมจำนวนมากที่สุด

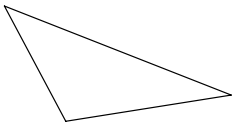
ก.



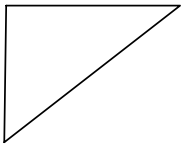
ข.



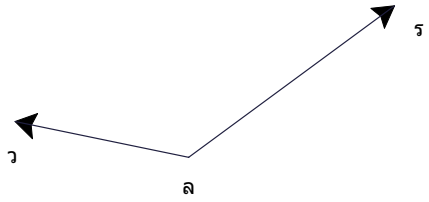
ค.



ง.



7. จากรูป จุดยอดมุมของมุม คือข้อใด




ก. จุด ว

ข. จุด ล

ค. จุด ร

ง. จุด วลร

8. ข้อใดไม่มีมุมฉากเป็นส่วนประกอบ

ก. หน้าต่าง

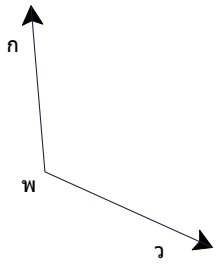
ข. สมุด

ค. ล้อรถ

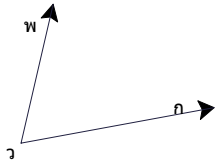
ง. กระดานดำ

9. ข้อใดมี $\overrightarrow{พว}$ , $\overrightarrow{พก}$ เป็นแขนของมุม

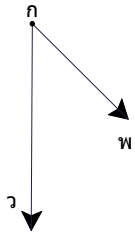
ก.



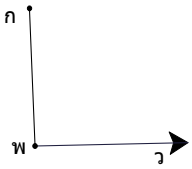

ข.



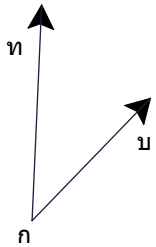

ค.




ง.




10. จากรูป ข้อใดกล่าวถูกต้อง




ก. มุมนี้เป็นมุมฉาก

ข. มุมนี้ชื่อ มุม ทกบ

ค. จุด ท เป็นจุดยอดมุม

ง. แขนของมุม คือ ท,บ

**เฉลย** 1. ก 2. ค 3. ง 4. ง 5. ก 6. ก 7. ข 8.ค 9. ก 10.ข

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

เรื่อง.....

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้ผู้สอนสังเกตและบันทึก โดยใส่ 1 เมื่อนักเรียนปฏิบัติตามพฤติกรรมที่สังเกต ใส่ 0 เมื่อนักเรียนไม่ได้ปฏิบัติตามกิจกรรมที่สังเกต ลงในช่องรายการพฤติกรรม

| ที่ | ชื่อ - สกุล | พฤติกรรมที่สังเกต | | | | | รวม | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | กระบวนการทำงาน | แสดงความคิดเห็น | การเป็นผู้นำและผู้ตาม | การยอมรับซึ่งกันและกัน | การนำเสนอ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ข้อเสนอแนะ / ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

หมายเหตุ : กรณีที่เรียนเป็นกลุ่มใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนนี้ตามจำนวนกลุ่ม

* ปรับปรุงจาก ราตรี ทองสามศรี 2547 : 134.

**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์** **ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**

**เรื่อง** รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก(สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า) และเส้นทแยงมุม **เวลา 1 ชั่วโมง**

---

**มาตรฐาน** ค.3.1 , ค. 3.2, ค.6.1,ค.6.2,ค.6.4

**มาตรฐานการเรียนรู้** ค.3.1.1 , ค.3.1.2 , ค 3.1.3, ค.3.2.1, ค.6.1.2,ค.6.2.1,ค.6.3.1,ค.6.4.2

**สาระสำคัญ**

รูปสี่เหลี่ยม คือรูปปิดที่มีด้าน 4 ด้าน และมุม 4 มุม ชนิดของสี่เหลี่ยมขึ้นอยู่กับขนาดของมุมและขนาดของด้าน ส่วนของเส้นตรงที่ลากจากจุดยอดมุมที่อยู่ตรงข้ามกันของรูปสี่เหลี่ยม เรียกว่า เส้นทแยงมุม

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

1. เมื่อกำหนดรูปสี่เหลี่ยมหรือสิ่งของที่มีส่วนใดส่วนหนึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมให้สามารถบอกได้ว่ารูปใดหรือส่วนใดของสิ่งของนั้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก

2. เมื่อกำหนดรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากให้สามารถจำแนกได้ว่าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและสามารถบอกเส้นทแยงมุมได้อย่างสมเหตุสมผล

3. กล้าแสดงความคิดเห็นและปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างถูกต้อง

**สาระการเรียนรู้ ( เนื้อหา )**

รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก(สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า) และเส้นทแยงมุม

**กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

1. ครูนำบัตรภาพรูปสี่เหลี่ยมมาให้นักเรียนพิจารณาแล้วช่วยกันตอบคำถามดังนี้

   1.1 รูปที่ครูนำมามีกี่ด้าน ( 4 ด้าน)

   1.2 รูปที่ครูนำมามีกี่มุม (4 มุม)

2. ครูและนักเรียนสรุปร่วมกันว่ารูปที่มีมุม 4 มุม และมีด้าน 4ด้านเรียกว่า รูปสี่เหลี่ยม

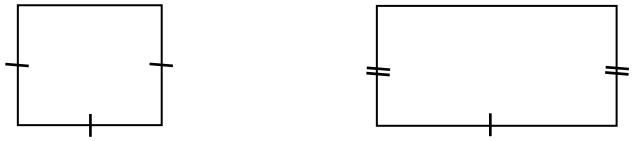
3. ครูนำบัตรรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากมาให้นักเรียนสังเกตแล้วลองวัดมุมทั้ง 4 มุมของรูปสี่เหลี่ยมว่าเป็นมุมชนิดใด(มุมฉาก) แล้วแนะนำนักเรียนว่ารูปสี่เหลี่ยมที่มีมุมทั้ง 4 มุมเป็นมุมฉากเราเรียกว่า รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก

4 . ครูให้นักเรียนช่วยกันบอกชื่อสิ่งของในชั้นเรียนที่มีส่วนใดส่วนหนึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก

5. ครูนำบัตรรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มาให้นักเรียนสังเกตและ

พิจารณาความเหมือนและความแตกต่าง (มุมภายในรูปสี่เหลี่ยมทั้ง 2 รูป เป็นมุมฉากเหมือนกัน รูปที่ 1 ความยาวด้านเท่ากันทุกด้าน แต่รูปที่ 2 ความยาวด้านตรงข้ามเท่ากัน )

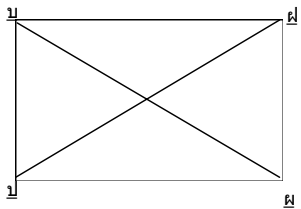
6. ครูแนะนำว่า รูปที่ 1 เรียกว่า รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปที่ 2 เรียกว่า รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ครูและนักเรียนสรุปร่วมกันว่า รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส คือ รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีด้านทุกด้านยาวเท่ากัน ส่วน
รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า คือ รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีด้านตรงข้ามยาวเท่ากัน



รูปที่ 1 สี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปที่ 2 สี่เหลี่ยมผืนผ้า

7. ครูกำหนดบัตรภาพให้นักเรียนพิจารณาว่า รูปที่กำหนดให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากหรือไม่ และถ้าเป็นเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากชนิดใด (สี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า)

8. ครูวาดรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากบนกระดานแล้วถามว่า เป็นสี่เหลี่ยมชนิดใดจากนั้นลากส่วนของเส้นตรงเชื่อมจุดยอดมุมที่อยู่ตรงข้ามกัน




และแนะนำว่าส่วนของเส้นตรงที่ลากจากมุมหนึ่งไปยังอีกมุมหนึ่งที่อยู่ตรงกันข้ามเรียกว่า เส้นทแยงมุม

9. ครูยกตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและสี่เหลี่ยมจัตุรัส ให้นักเรียนเขียนเส้นทแยงมุมแล้ววัด ว่าเส้นทแยงมุมทั้งสองเส้นยาวเท่ากันหรือไม่(เท่ากัน)

10. ครูและนักเรียนสรุปร่วมกันเกี่ยวกับรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากและเส้นทแยงมุม

**สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้**

1. บัตรภาพสี่เหลี่ยมมุมฉาก
2. แบบรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
3. ไม้บรรทัด
4. กระดาษมุมฉาก
5. แบบฝึกหัด
6. แบบทดสอบ

**การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้**

| ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | วิธีการวัดและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| 1. เมื่อกำหนดรูปสี่เหลี่ยมหรือสิ่งของที่มีส่วนใดส่วนหนึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมให้สามารถบอกได้ว่ารูปใดหรือส่วนใดของสิ่งของนั้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก<br>2. เมื่อกำหนดรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากให้สามารถจำแนกได้ว่าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและสามารถบอกเส้นทแยงมุมได้อย่างสมเหตุสมผล | ตรวจแบบฝึกหัด<br>การทดสอบ | แบบทดสอบ<br>แบบฝึกหัด |
| 3. กล้าแสดงความคิดเห็นและปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างถูกต้อง | การสังเกต | แบบสังเกตพฤติกรรม |

**บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

……

ปัญหา/อุปสรรค

……

ประเด็นที่ต้องปรับปรุงแก้ไข และแนวทางการแก้ไข

……

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(……)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

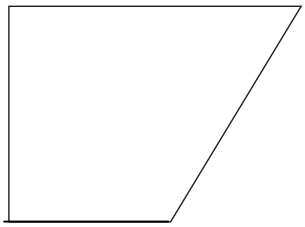
**แบบฝึกหัดที่ 4**

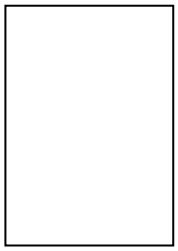
**เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก(สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า) และเส้นทแยงมุม**

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดต่อไปนี้ ให้ถูกต้อง

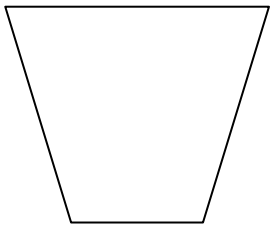
**ตอนที่1** เขียนเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยมต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามให้ถูกต้อง

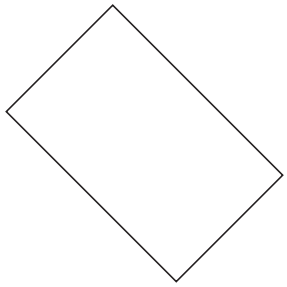
1)

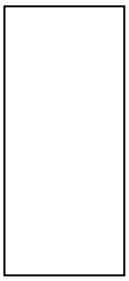
2) 

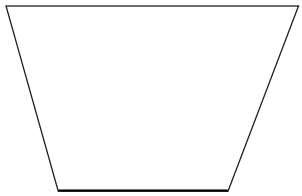
3) 

4)

5) 

6) 

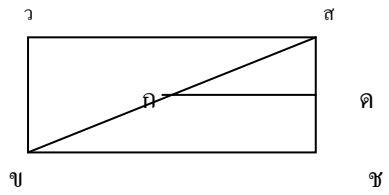
7) 

8) 

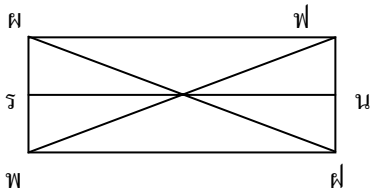
จากรูปที่กำหนดให้ รูปในข้อใดเป็นรูปที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก

ตอบ .....

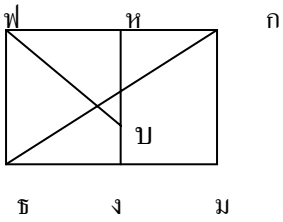
**ตอนที่ 3** เขียนชื่อเส้นทแยงมุมจากรูปสี่เหลี่ยมที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1.) 

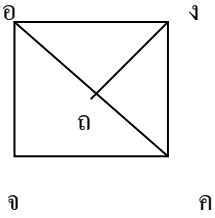

ตอบ.....

2.) 

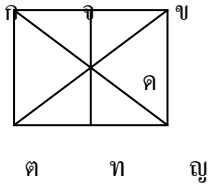

ตอบ.....

3.) 

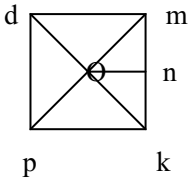

ตอบ.....

4.) 

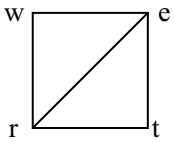

ตอบ.....

5.) 

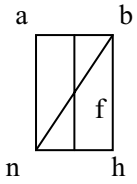

ตอบ.....

6.) 

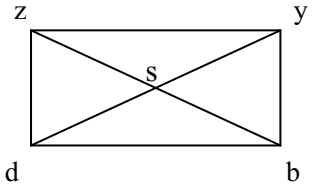

ตอบ.....

7.) 

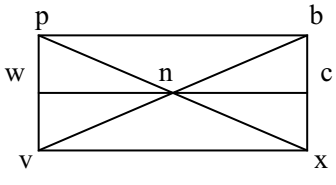

ตอบ.....

8.) 


ตอบ.....

9.) 


ตอบ.....

10.) 

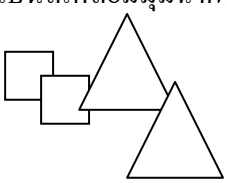

ตอบ.....

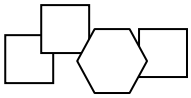
**แบบทดสอบ**

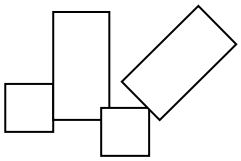
**เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก(สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า) และเส้นทแยงมุม**

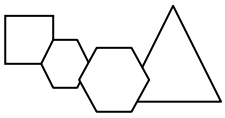
<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย **X** ลงในช่องอักษร ก ข ค และ ง ที่ตรงกับ คำตอบที่ถูกที่สุด

1. ข้อใดเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉากทั้งหมด

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

2. สี่เหลี่ยมผืนผ้า กับ สี่เหลี่ยมจัตุรัส ต่างกันในเรื่องใด

ก. จำนวนด้าน

ข. ขนาดของมุม

ค. จำนวนเส้นทแยงมุม

ง. ความยาวด้าน

3. สิ่งใดต่อไปนี้ไม่มีส่วนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ก.ธนบัตร ข. ลูกโป่ง

ค. โต๊ะครู ง. กล่องยาสีฟัน

4. “รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีด้านตรงข้ามยาวเท่ากัน แต่ด้านที่อยู่ติดกันยาวไม่เท่ากัน” คือคุณสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมชนิดใด

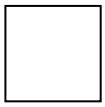
ก. รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ข. รูปสี่เหลี่ยมด้านเท่า

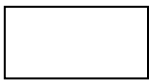
ค. รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

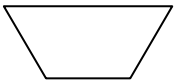
ง. รูปสี่เหลี่ยมคางหมู

5. รูปในข้อใดคือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

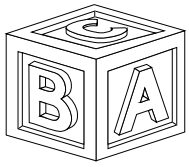
ก. 

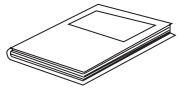
ข.

ค. 

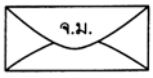
ง. 

6. สิ่งของในข้อใดมีส่วนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ก. 

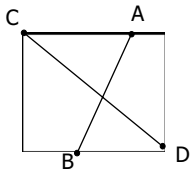

ข. 

ค.

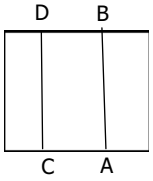
ง. 

7. รูปในข้อใดมี $\overline{AB}$ และ $\overline{CD}$ เป็นเส้นทแยงมุม

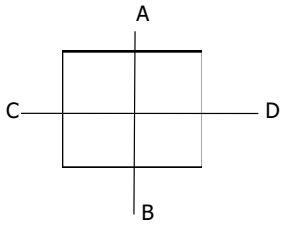
ก.



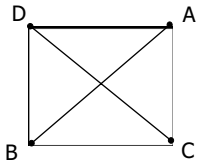

ข.




ค.




ง.




8. รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากสามารถเขียนเส้นทแยงมุมได้มากที่สุดกี่เส้น

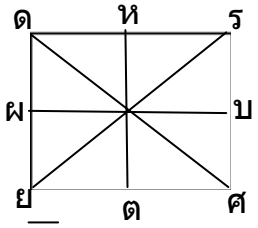
ก. 1 เส้น

ข. 2 เส้น

ค. 3 เส้น

ง. 4 เส้น

9. ข้อใดคือเส้นทแยงมุมของรูปต่อไปนี้



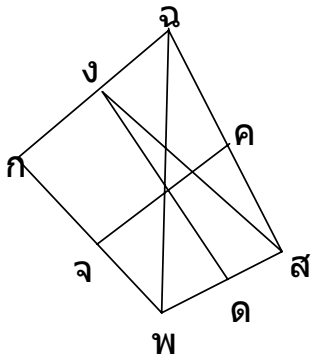

ก. $\overline{\text{ดร}}$ และ $\overline{\text{ศย}}$

ข. $\overline{\text{ดย}}$ และ $\overline{\text{รศ}}$

ค. $\overline{\text{ผบ}}$ และ $\overline{\text{หต}}$

ง. $\overline{\text{ดศ}}$ และ $\overline{\text{ยร}}$

10. จากรูป ข้อใดกล่าวถูกต้อง




ก. $\overline{\text{ฉพ}}$ คือเส้นทแยงมุมของสี่เหลี่ยมนี้

ข. รูปสี่เหลี่ยมนี้มีเส้นทแยงมุม 2 เส้น

ค. รูปสี่เหลี่ยมนี้เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก

ง. รูปสี่เหลี่ยมนี้คือรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

**เฉลย** 1. ค 2. ง 3. ก 4. ค 5. ค 6. ก 7. ง 8.ข 9. ง 10.ก

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

เรื่อง.....

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้ผู้สอนสังเกตและบันทึก โดยใส่ 1 เมื่อนักเรียนปฏิบัติตามพฤติกรรมที่สังเกต
ใส่ 0 เมื่อนักเรียนไม่ได้ปฏิบัติตามกิจกรรมที่สังเกต ลงในช่องรายการพฤติกรรม

| ที่ | ชื่อ - สกุล | พฤติกรรมที่สังเกต | | | | | รวม | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | กระตือรือร้นในการทำงาน | แสดงความคิดเห็น | การเป็นผู้นำและผู้ตาม | การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น | การนำเสนอ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ข้อเสนอแนะ / ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

หมายเหตุ : กรณีที่เรียนเป็นกลุ่มใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนนี้ตามจำนวนกลุ่ม

* ปรับปรุงจาก ราตรี ทองสามศรี 2547 : 134.

**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์** **ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**

**เรื่อง** เส้นขนาน **เวลา 1 ชั่วโมง**

.....

**มาตรฐาน** ค.3.1, ค.6.2, ค.6.3, ค.6.4

**มาตรฐานการเรียนรู้** ค.3.1.1 , ค.3.1.2 , ค 3.1.3, ค.6.2.1, ค.6.3.1,ค.6.4.1

**สาระสำคัญ**

ส่วนของเส้นตรงสองเส้นที่อยู่บนระนาบเดียวกันจะขนานกันก็ต่อเมื่อส่วนของเส้นตรงนั้นเป็นส่วนหนึ่งของเส้นตรงที่ขนานกัน

เส้นตรงสองเส้นที่อยู่บนระนาบเดียวกัน จะขนานกันต่อเมื่อเส้นทั้งสองมีระยะห่างเท่ากันเสมอ

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

1. เมื่อกำหนดเส้นตรงหรือส่วนของเส้นตรงตั้งแต่สองเส้นขึ้นไปที่อยู่ในระนาบเดียวกันให้สามารถบอกได้ว่าเส้นตรงใดหรือส่วนของเส้นตรงคู่ใดขนานกันโดยตระหนักถึงความสมเหตุสมผล

2. สามารถแสดงความคิดเห็นและนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนได้

**สาระการเรียนรู้ ( เนื้อหา )**

เส้นขนาน

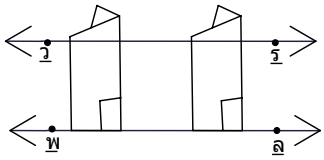
**กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

1. ครูเขียนเส้นขนานคู่หนึ่งให้นักเรียนสังเกตและร่วมกันสนทนา แล้วตอบคำถาม เช่น

เส้นตรงทั้งสองเส้นมีระยะห่างเท่ากันหรือไม่ , ถ้าต่อปลายทั้งสองเส้นไปเรื่อยๆ จุดปลายของเส้นจะมีโอกาสมาพบกันหรือไม่

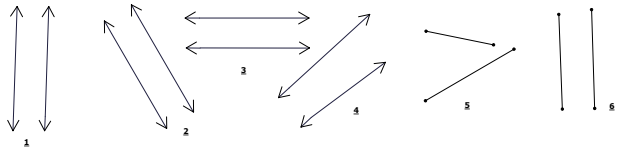
2. ครูสาธิตการวัดระยะห่างระหว่างเส้นตรงทั้งสองเส้น โดยใช้กระดาษที่พับเป็นมุม

ฉากวัดระยะห่างระหว่างเส้นตรงสองเส้น ดังนี้




ซึ่งจะได้ว่าเส้นตรงทั้งสองเส้นมีระยะห่างเท่ากันตลอดแสดงว่า $\overleftrightarrow{วร}$ ขนานกับ $\overleftrightarrow{พล}$ เขียนสัญลักษณ์แทนได้ว่า วร // พล ครูแนะนำว่า เส้นตรงสองเส้นที่มีระยะห่างเท่ากันตลอด เรียกว่าเส้นขนาน

3. ครูให้นักเรียนดูบัตรภาพเส้นขนานและไม่ขนานกันหลายๆ ภาพ แล้วพิจารณาว่าเส้นตรงหรือส่วนของเส้นตรงคู่ใดบ้างที่ขนานกัน และคู่ใดไม่ขนานกัน เพราะอะไร

ตัวอย่าง 

4. ครูแจกกระดาษให้นักเรียนวาดภาพสิ่งของที่มีเส้นขนานเป็นส่วนประกอบคนละภาพ พร้อม ทั้งบอกว่าส่วนใดของสิ่งที่วาดเป็นเส้นขนานแล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน

5. ครูและนักเรียนสรุปร่วมกันเกี่ยวกับเส้นขนานว่า ส่วนของเส้นตรงสองเส้นที่อยู่บนระนาบเดียวกันจะขนานกันก็ต่อเมื่อส่วนของเส้นตรงนั้นเป็นส่วนหนึ่งของ เส้นตรงที่ขนานกัน เส้นตรงสองเส้นที่อยู่บนระนาบเดียวกัน จะขนานกันต่อเมื่อเส้นทั้งสองมีระยะห่างเท่ากันเสมอ

6. นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่องเส้นขนาน

**สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้**

1. กระดาษมุมฉาก
2. บัตรภาพเส้นตรงสองเส้นเป็นคู่ๆ
3. แบบฝึกทักษะ
4. แบบทดสอบ

**การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้**

| ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | วิธีการวัดและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| 1. เมื่อกำหนดเส้นตรงหรือส่วนของเส้นตรงตั้งแต่สองเส้นขึ้นไปที่อยู่ในระนาบเดียวกัน | ตรวจแบบฝึกหัด<br>การทดสอบ | แบบทดสอบ<br>แบบฝึกหัด |

**การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ (ต่อ)**

| ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | วิธีการวัดและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| ให้สามารถบอกได้ว่าเส้นตรงใดหรือส่วนของเส้นตรงคู่ใดขนานกันโดยตระหนักถึงความสมเหตุสมผล | สังเกตการตอบคำถาม | |
| 2. สามารถแสดงความคิดเห็นและนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนได้ | การสังเกต | แบบสังเกตพฤติกรรม |

**บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

……

……

ปัญหา/อุปสรรค

……

……

ประเด็นที่ต้องปรับปรุงแก้ไข และแนวทางการแก้ไข

……

……

……

……

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(……)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

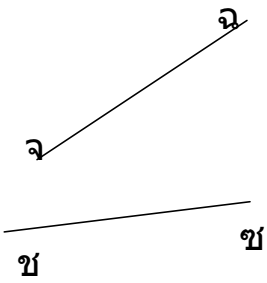
**แบบฝึกหัดที่ 5**

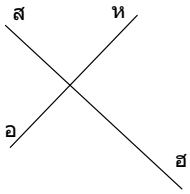
**เรื่อง เส้นขนาน**

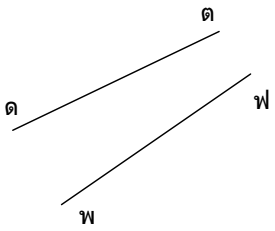
**คำชี้แจง** ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

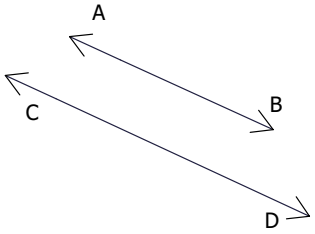
**ตอนที่ 1** พิจารณาเส้นตรง หรือส่วนของเส้นตรงแต่ละคู่ต่อไปนี้ แล้วเติมคำว่า **ขนาน** หรือ **ไม่ขนาน** ลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

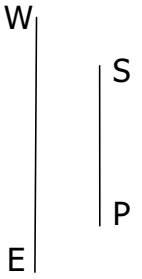
<table>
<tr>
<td>

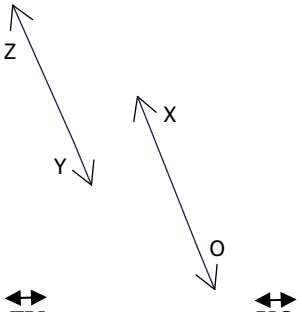
จากรูป ↔กข.....↔คง</td>
<td> 

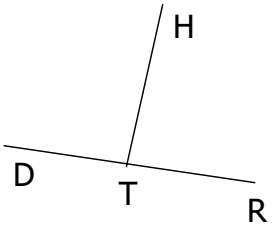
จากรูป จฉ.....ชซ</td>
</tr>
<tr>
<td> 

จากรูป สฮ.....อห</td>
<td> 

จากรูป ดต.....พฟ</td>
</tr>
<tr>
<td> 

จากรูป ↔AB.....↔CD</td>
<td> 

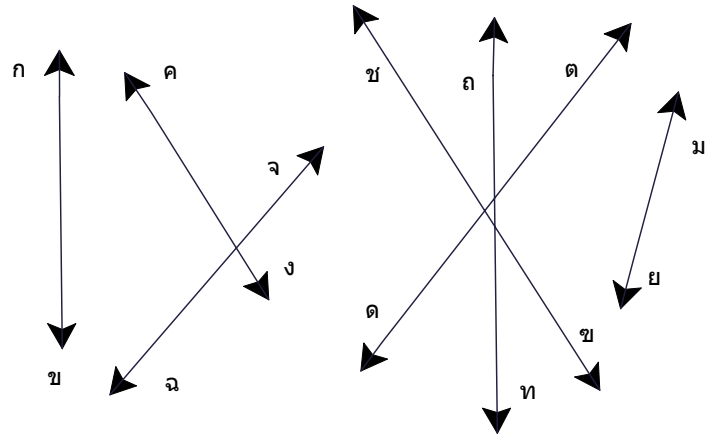
จากรูป WE.....SP</td>
</tr>
<tr>
<td> 

จากรูป ↔ZY.....↔XO</td>
<td> 

จากรูป DR.....HT</td>
</tr>
</table>

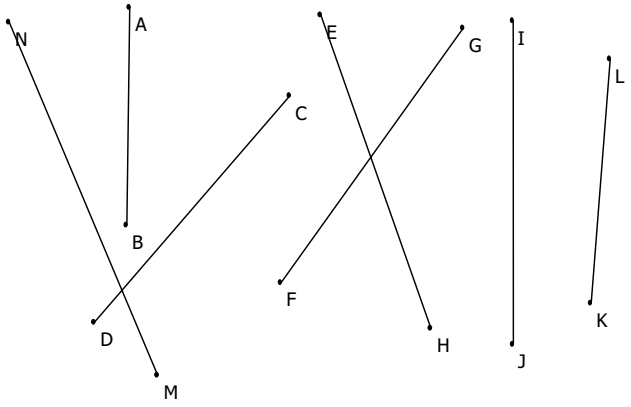
**ตอนที่ 2**

1. เส้นตรงที่กำหนดให้ต่อไปนี้ขนานกันทั้งหมดกี่คู่ ได้แก่คู่ใดบ้าง




ตอบ .....

2. ส่วนของเส้นตรงที่กำหนดให้ต่อไปนี้ขนานกันทั้งหมดกี่คู่ ได้แก่คู่ใดบ้าง




ตอบ .....

**แบบทดสอบ**

**เรื่อง เส้นขนาน**

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย **X** ลงในช่องอักษร ก ข ค และ ง ที่ตรงกับ คำตอบที่ถูกที่สุด

1. ข้อใดกล่าวถึงความหมายของเส้นขนานได้ถูกต้อง

ก. ส่วนของเส้นตรงที่มีปลายทั้งสองข้างเป็นลูกศร

ข. เส้นสองเส้นที่มีจุดปลายเดียวกัน

ค. เส้นตรงสองเส้นที่มีความยาวเท่ากัน

ง. เส้นสองเส้นที่มีระยะห่างระหว่างเส้นเท่ากัน

2. สิ่งของใดไม่มีส่วนของเส้นตรงที่ขนานกัน

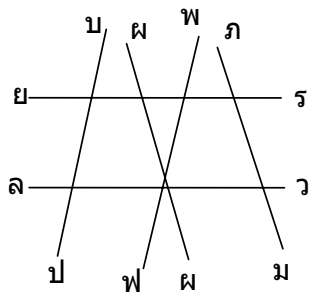
ก. เก้าอี้

ข. ลูกบอล

ค. กระดานดำ

ง. ผนังห้อง

3. จากรูปส่วนของเส้นตรงคู่ใด<u>ไม่ขนานกัน</u>




ก. $\overline{\text{บป}}$ กับ $\overline{\text{พฟ}}$

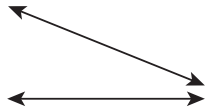
ข. $\overline{\text{พฟ}}$ กับ $\overline{\text{ผฝ}}$

ค. $\overline{\text{ผฝ}}$ กับ $\overline{\text{ภม}}$

ง. $\overline{\text{ยร}}$ กับ $\overline{\text{ลว}}$

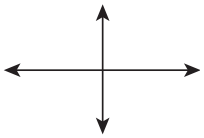
4. เส้นตรงในข้อใดขนานกัน

ก.

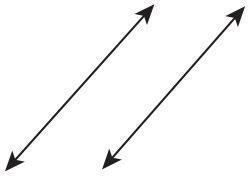


ข.

ค.



ง.



5. ข้อใดมีส่วนประกอบเป็นเส้นขนาน

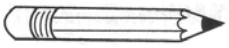
ก. ลูกมะนาว

ข. ขอบไม้บรรทัด

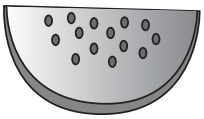
ค. ไข่ไก่

ง. ล้อรถจักรยาน

6. สิ่งใดมีส่วนของเส้นตรงขนานกัน

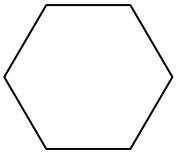
ก. 

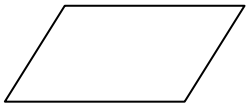
ข.

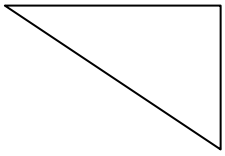
ค. 

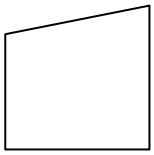
ง.

7. รูปในข้อใดที่ไม่มีส่วนของเส้นตรงที่ขนานกัน

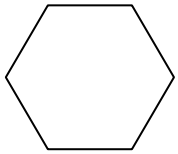
ก. 

ข. 

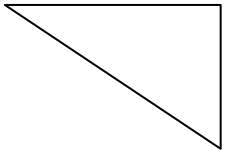
ค. 

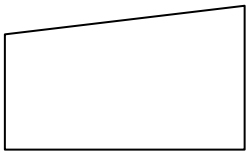
ง. 

8. รูปใดมีส่วนของเส้นตรงที่ขนานกัน 2 คู่

ก. 

ข.

ค. 

ง. 

9. ตัวอักษรในข้อใดมีเส้นขนานมากที่สุด

ก. A

ข. H

ค. E

ง. F

10. เส้นตรง ผฝ ขนานกับเส้นตรง ภพ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ในข้อใด

ก. $\overline{ผฝ}$ // $\overline{ภพ}$

ข. $\overleftrightarrow{ผฝ}$ // $\overline{ภพ}$

ค. $\overrightarrow{ผฝ}$ // $\overrightarrow{ภพ}$

ง. $\overleftrightarrow{ผฝ}$ // $\overleftrightarrow{ภพ}$

**เฉลย** 1. ง 2. ข 3. ข 4. ง 5. ข 6. ก 7. ค 8.ข 9. ค 10.ง

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

เรื่อง.....

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้ผู้สอนสังเกตและบันทึก โดยใส่ 1 เมื่อนักเรียนปฏิบัติตามพฤติกรรมที่สังเกต
ใส่ 0 เมื่อนักเรียนไม่ได้ปฏิบัติตามกิจกรรมที่สังเกต ลงในช่องรายการพฤติกรรม

| ที่ | ชื่อ - สกุล | พฤติกรรมที่สังเกต | | | | | รวม | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | กระตือรือร้นในการทำงาน | แสดงความคิดเห็น | การเป็นผู้นำและผู้ตาม | การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น | การนำเสนอ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ข้อเสนอแนะ / ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

หมายเหตุ : กรณีที่เรียนเป็นกลุ่มใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนนี้ตามจำนวนกลุ่ม

* ปรับปรุงจาก ราตรี ทองสามศรี 2547 : 134.

**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์** **ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**

**เรื่อง** ส่วนประกอบของรูปวงกลมและสมบัติพื้นฐานของรูปวงกลม **เวลา 1 ชั่วโมง**

---

**มาตรฐาน** ค.3.1, ค.6.1, ค.6.2,ค.6.3,6.4,6.5

**มาตรฐานการเรียนรู้** ค.3.1.1 , ค.3.1.2 , ค 3.1.3, ค.6.1.2, ค.6.2.1,ค.6.3.1,ค.6.4.2,ค.6.5.1

**สาระสำคัญ**

รูปวงกลมเป็นรูปเรขาคณิตที่มีจุดบนขอบของรูปห่างจากจุดหนึ่งเป็นระยะทางเท่ากัน จุดคงที่เรียกว่าจุดศูนย์กลางของวงกลม และขอบของรูปเรียกว่า เส้นรอบรูปหรือเส้นรอบ วง เส้นที่ลากจากจุดศูนย์กลางมายังเส้นรอบวง เรียกว่า รัศมี รัศมีของรูปวงกลมเดียวกับยาวเท่ากันเสมอ

การเขียนรูปวงกลมทำได้หลายวิธีการเขียนรูปวงกลมโดยใช้แถบกระดาษหรือใช้วงเวียนในการเขียนรูปวงกลมโดยอาศัยสมบัติของรูปวงกลมที่ว่า จุดทุกจุดบนเส้นรอบวงอยู่ห่างจากจุดศูนย์เป็นระยะทางเท่ากัน

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

1.เมื่อกำหนดรูปวงกลมให้สามารถบอกจุดศูนย์กลาง รัศมีและสมบัติพื้นฐานของรูปวงกลมได้

2. เมื่อกำหนดจุดศูนย์กลางของรูปวงกลมให้สามารถวิเคราะห์และเขียนรูปวงกลมโดยใช้หมุด
กับแถบกระดาษได้อย่างสร้างสรรค์

3. สามารถทำงานและนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนได้

4. มีความสนใจ และกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม

**สาระการเรียนรู้ ( เนื้อหา )**

1. ส่วนประกอบของวงกลม

2. การสร้างรูปวงกลมโดยไม่ใช้วงเวียน

**กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

1. ครูทายปัญหาอะไรเอ่ยที่เกี่ยวกับวงกลม เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน เช่น อะไรเอ่ยส่งเสียงดัง ๆปลุกเราให้ตื่น (นาฬิกาปลุก) ,อะไรเอ่ยส่องแสงร้อนแรง อยู่บนท้องฟ้า (ดวงอาทิตย์)

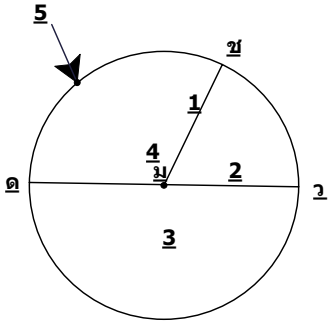
2. ครูยกตัวอย่างสิ่งของที่เป็นรูปวงกลม เช่น จาน แผ่นซีดี ม้วนกระดาษกาวให้

นักเรียน พิจารณา แล้วตอบคำถาม ดังนี้ สิ่งของที่นำมาให้ดูมีมุมหรือไม่ (ไม่มี) ,สิ่งของที่นำมาให้ดูมีด้านหรือไม่ (ไม่มี)

3. ครูและนักเรียนร่วมกันหาข้อสรุปว่ารูปวงกลม คือรูปที่ไม่มีด้าน ไม่มีมุม แต่จะมีเส้นโค้งล้อมรอบจุดคงที่จุดหนึ่งด้วยระยะห่างที่เท่ากันตลอด

4. ครูเขียนรูปวงกลมบนกระดาน แล้วเขียนส่วนประกอบของรูปวงกลมให้นักเรียนพิจารณาทีละส่วนพร้อมทั้งอธิบายประกอบ (จุดศูนย์กลาง ,เส้นรอบวง, เส้นผ่านศูนย์กลาง และรัศมี) จากนั้นลบออก

5. ครูเขียนวงกลมวงใหม่บนกระดาน แล้วให้นักเรียนบอกส่วนประกอบแต่ละส่วนดังนี้




หมายเลข 1 คือ.....

หมายเลข 2 คือ.....

หมายเลข 3 คือ.....

หมายเลข 4 คือ.....

หมายเลข 5 คือ.....

6. ให้นักเรียนสร้างรูปวงกลมโดยใช้อุปกรณ์รอบตัวที่มีอยู่ เช่น เหรียญ แก้วน้ำ แล้วระบุส่วนประกอบของวงกลม

7. ครูแนะนำการสร้างรูปวงกลมโดยไม่ใช้วงเวียน และแบบรูป โดยสาธิตการสร้างรูปวงกลมโดยแจกแถบกระดาษแข็งและหมุดกดกระดาษให้นักเรียนเพื่อฝึกเขียนรูปวงกลมตามครูดังนี้ ขั้นที่ 1 กำหนดจุด 1 จุด (จุด ก)

ขั้นที่ 2 ใช้หมุดกดแถบกระดาษด้านหนึ่งให้ตรงกับจุดที่กำหนดไว้ ใช้ดินสอเจแถบกระดาษอีกด้านหนึ่ง แล้วทำให้เกิดรอยเส้นโดยหมุนแถบกระดาษไปรอบ ๆจุด รอยที่ได้เรียกว่ารูปวงกลม มีจุด (ก) เป็นจุดศูนย์กลาง

8. นักเรียนนำเสนอผลงานของตนเองหน้าชั้นเรียนเพื่อพิจารณาความถูกต้องและ

บอกสิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไข

9. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบของวงกลมและการสร้างรูปวงกลมโดยไม่ใช้วงเวียน

10. นักเรียนทำแบบฝึกหัด

**สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้**

1. ของจริงเช่น เหรียญบาท ฝากระป๋อง ไม้บรรทัด
2. หมุด,แถบกระดาษ
3. แบบฝึกหัด
4. แบบทดสอบ

**การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้**

| ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | วิธีการวัดและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| 1. เมื่อกำหนดรูปวงกลมให้สามารถบอกจุดศูนย์กลาง รัศมี และสมบัติพื้นฐานของรูปวงกลมได้ | ตรวจแบบฝึกหัด<br>การทดสอบ | แบบฝึกหัด<br>แบบทดสอบ |
| 2. เมื่อกำหนดจุดศูนย์กลางของรูปวงกลมให้สามารถวิเคราะห์และเขียนรูปวงกลมโดยใช้หมุดกับแถบกระดาษได้อย่างสร้างสรรค์ | ตรวจผลงาน | ผลงาน |
| 3. สามารถทำงานและนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนได้<br>4. มีความสนใจ และกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม | การสังเกต | แบบสังเกตพฤติกรรม |

**บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้……

ปัญหา/อุปสรรค……

ประเด็นที่ต้องปรับปรุงแก้ไข และแนวทางการแก้ไข ……

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(……)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

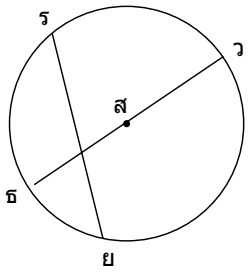
**แบบฝึกหัดที่ 6**

**เรื่อง ส่วนประกอบของรูปวงกลมและสมบัติพื้นฐานของรูปวงกลม**

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

**ตอนที่ 1** เติมจุดศูนย์กลางและรัศมีของรูปวงกลมต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

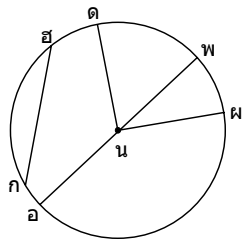
1)




จุด.....เป็นจุดศูนย์กลาง

.....เป็นรัศมีของวงกลม..

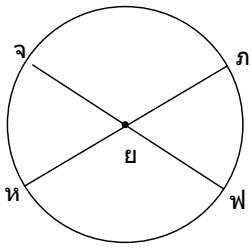
2)




จุด.....เป็นจุดศูนย์กลาง

.....เป็นรัศมีของวงกลม..

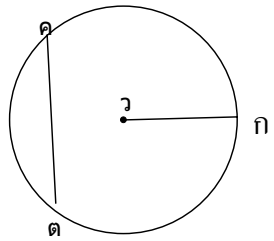
3)




จุด.....เป็นจุดศูนย์กลาง

.....เป็นรัศมีของวงกลม..

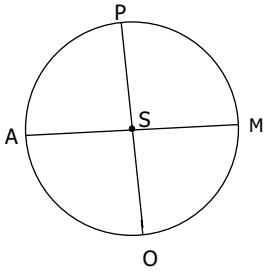
4)




จุด.....เป็นจุดศูนย์กลาง

.....เป็นรัศมีของวงกลม..

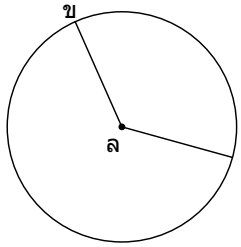
5)




จุด.....เป็นจุดศูนย์กลาง

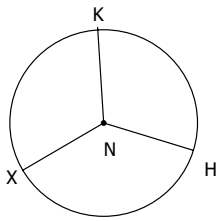
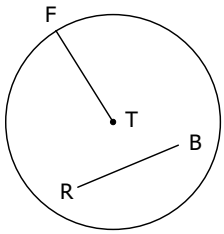
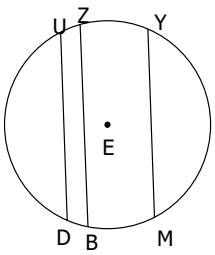
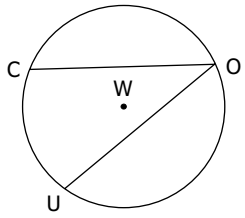
.....เป็นรัศมีของวงกลม..

6)




จุด.....เป็นจุดศูนย์กลาง

.....เป็นรัศมีของวงกลม..

| | |
|---|---|
| 7)  <br>จุด.....เป็นจุดศูนย์กลาง<br>.....เป็นรัศมีของวงกลม.. | 8)  <br>จุด.....เป็นจุดศูนย์กลาง<br>.....เป็นรัศมีของวงกลม.. |
| 9)  <br>จุด.....เป็นจุดศูนย์กลาง<br>.....เป็นรัศมีของวงกลม.. | 10)  <br>จุด.....เป็นจุดศูนย์กลาง<br>.....เป็นรัศมีของวงกลม.. |

**ตอนที่** 2 ตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. รัศมีของรูปวงกลมเดียวกันยาวเท่ากันหรือไม่

ตอบ .....

2. รูปวงกลมหนึ่งรูปมีรัศมีได้ทั้งหมดกี่เส้น

ตอบ .....

3. นักเรียนคิดว่ารูปวงกลมที่มีขนาดใหญ่กันรูปวงกลมที่มีขนาดเล็กรัศมีของรูปวงกลมใดจะยาวกว่ากัน ทำไมจึงคิดเช่นนั้น

ตอบ .....

เพราะ.....

4. นักเรียนคิดว่าวงกลมที่มีรัศมียาว 5 เซนติเมตร จะมีขนาดใหญ่กว่าหรือเล็กกว่าวงกลมที่มีรัศมียาว 3 เซนติเมตร ทำไมจึงคิดเช่นนั้น

ตอบ .....

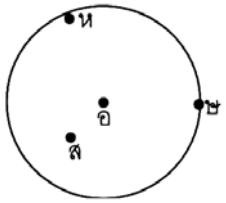
เพราะ.....

**แบบทดสอบ**

**เรื่อง ส่วนประกอบของรูปวงกลมและสมบัติพื้นฐานของรูปวงกลม**

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในช่องอักษร ก ข ค และ ง ที่ตรงกับ คำตอบที่ถูกที่สุด

1. จุดใดเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม

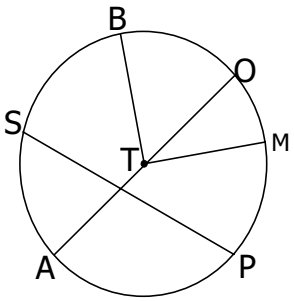



ก. จุด ส

ข. จุด ษ

ค. จุด ห

ง. จุด อ



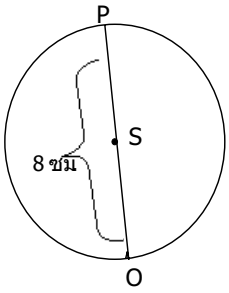

2. จากรูป ข้อใดคือเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม

ก. $\overline{BT}$

ข. $\overline{AO}$

ค. $\overline{SP}$

ง. $\overline{TM}$




3.จากรูป รัศมีของรูปวงกลมนี้มีความยาวเท่าไร

ก. 2 เซนติเมตร

ข. 4 เซนติเมตร

ค. 8 เซนติเมตร

ง. 16 เซนติเมตร

4. ข้อใดแสดงความหมายตรงกับเส้นรอบวงของรูปวงกลม

ก. ความยาวของเข็มยาวบนหน้าปัดนาฬิกา

ข.ปริมาณน้ำในบ่อซึ่งมีของบ่อเป็นวงกลม

ค.การเดินลัดสนามหญ้ารูปวงกลม

ง.การหมุนของล้อรถ 1 รอบ

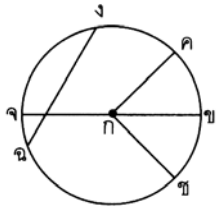
5. ข้อใดสามารถนำมาใช้เป็นแบบรูปวงกลมได้

ก. หนังสือเรียน

ข. ดินสอ

ค. แกนกระดาษกาว

ง. ลังกระดาษ

| | |
|---|---|
| 6. รูปวงกลม 1 รูปจะมีจุดศูนย์กลางกี่จุด<br>ก. 1 จุด ข. 2 จุด<br>ค. 3 จุด ง. 4 จุด | 9. ข้อใดเป็นรัศมีของวงกลมทั้งหมด<br>  <br><br>ก. $\overline{กข}$, $\overline{กค}$, $\overline{กจ}$, $\overline{กช}$<br>ข. $\overline{กข}$, $\overline{กค}$, $\overline{จฉ}$, $\overline{จข}$<br>ค. $\overline{กข}$, $\overline{กจ}$, $\overline{ขจ}$, $\overline{กช}$<br>ง. $\overline{กค}$, $\overline{กง}$, $\overline{กจ}$, $\overline{กช}$ |
| 7. ส่วนประกอบใดของรูปวงกลมที่มีความยาว มากที่สุด<br>ก. เส้นผ่านศูนย์กลาง<br>ข. คอร์ด<br>ค. เส้นรอบวง<br>ง. รัศมี | |
| 8. คอร์ดที่ยาวที่สุดของรูปวงกลมคือข้อใด<br>ก. เส้นผ่านศูนย์กลาง<br>ข. รัศมี<br>ค. เส้นรอบวง<br>ง. เส้นตรง | 10. การเรียกชื่อรูปวงกลม จะเรียกตามส่วนประกอบใดของรูปวงกลม<br>ก. จุดศูนย์กลาง<br>ข. เส้นผ่านศูนย์กลาง<br>ค. เส้นรอบวง<br>ง. รัศมี |

**เฉลย** 1. ง 2. ข 3. ข 4. ง 5. ค 6. ก 7. ค 8.ก 9. ก 10.ก

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

เรื่อง.....

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้ผู้สอนสังเกตและบันทึก โดยใส่ 1 เมื่อนักเรียนปฏิบัติตามพฤติกรรมที่สังเกต
ใส่ 0 เมื่อนักเรียนไม่ได้ปฏิบัติตามกิจกรรมที่สังเกต ลงในช่องรายการพฤติกรรม

| ที่ | ชื่อ - สกุล | พฤติกรรมที่สังเกต | | | | | รวม | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | กระบวนการทำงาน | แสดงความคิดเห็น | การเป็นผู้นำและผู้ตาม | การยอมรับซึ่งกันและกัน | การนำเสนอ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ข้อเสนอแนะ / ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

หมายเหตุ : กรณีที่เรียนเป็นกลุ่มใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนนี้ตามจำนวนกลุ่ม

* ปรับปรุงจาก ราตรี ทองสามศรี 2547 : 134.

**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์** **ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**

**เรื่อง** รูปสมมาตรและแกนสมมาตร **เวลา 1 ชั่วโมง**

---

**มาตรฐาน** ค.3.1, ค 3.2, ค.6.1,ค.6.2,ค.6.4,ค.6.5

**มาตรฐานการเรียนรู้** ค.3.1.1 , ค.3.1.2 , ค 3.1.3, ค.3.2.1,ค.6.1.1,ค.6.2.1,ค.6.4.2,ค.6.5.1

**สาระสำคัญ**

รูปสมมาตรเป็นรูปที่พับแล้วทำให้แต่ละข้างของรอยพับทับกันสนิท รอยพับเราเรียกแกนสมมาตร ของรูปนั้นรูปสมมาตรบางรูปอาจมีแกนสมมาตรเพียงแกนเดียว แต่รูปสมมาตรบางรูปอาจมีแกนสมมาตรหลายแกน

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

1. เมื่อกำหนดรูปเรขาคณิตให้สามารถบอกได้ว่ารูปใดเป็นรูปที่มีแกนสมมาตรและบอกแกนสมมาตรได้

2. มีทักษะการทำงานเป็นกลุ่มและร่วมทำงานกับผู้อื่นได้

3. สนใจและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม

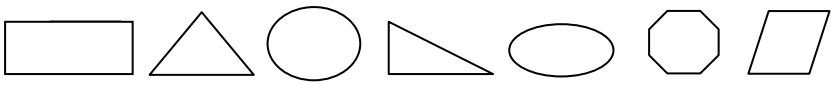
**สาระการเรียนรู้ ( เนื้อหา )**

1. รูปสมมาตร 2. แกนสมมาตร

**กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

1. ครูพับกระดาษรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยพับครึ่ง แล้วถามว่ากระดาษทับกันสนิทหรือไม่(สนิท) จากนั้นคลี่ออกให้นักเรียนพิจารณารอยที่เกิดขึ้น แล้วแนะนำนักเรียนว่ารอยที่เกิดจากการพับทับกันสนิทนี้เรียกว่า แกนสมมาตร นอกจากนี้รูปที่พับแล้วแต่ละข้างของรอยพับทับกันสนิทเรียกว่า รูปสมมาตร

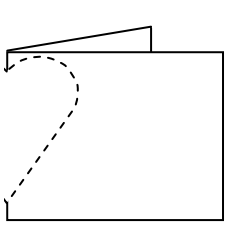
2. ครูแบ่งนักเรียนเป็น 5 กลุ่มแล้วแจกกระดาษรูปเรขาคณิตให้นักเรียนลองพับหาจำนวนแกนสมมาตร แล้วบันทึกผลลงในใบงาน เช่น



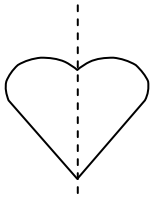
3. ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยใบงานที่นักเรียนทำพร้อมๆ กัน โดยครูพับกระดาษแผ่นใหญ่ประกอบ

4. ครูถามนักเรียนว่า ถ้าต้องการสร้างรูปสมมาตรนักเรียนจะมีวิธีสร้างอย่างไรให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน

5. ครูแนะนำวิธีการสร้างรูปสมมาตรโดยแจกกระดาษรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากให้นักเรียนพับครึ่งแล้วเขียนเส้นหรือรูปตามใจชอบบนรอยพับด้านหนึ่ง แล้วใช้กรรไกรตัดตามเส้นแล้วคลี่ออก



วาดรูป



ตัดออกได้

6. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันว่า รูปที่นักเรียนตัดออกมาเป็นรูปสมมาตรหรือไม่

7. ครูแนะนำนักเรียนว่าการสร้างรูปสมมาตรอีกวิธีหนึ่ง อาจทำได้โดยกำหนดแกนสมมาตรก่อน แล้ววาดรูปต่อเติมทั้งสองด้านของแกนสมมาตรเหมือนๆ กัน

8. ครูติดบัตรภาพที่มีแค่ครึ่งเดียวบนกระดานให้นักเรียนออกมาต่อเติมภาพให้เป็นรูปที่มีแกนสมมาตร แล้วร่วมกันตรวจสอบความถูกต้อง

9. ครูและนักเรียนสรุปบทเรียนร่วมกันเกี่ยวกับแกนสมมาตรและการสร้างรูปที่มีแกนสมมาตร

10. นักเรียนทำแบบฝึกหัด

**สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้**

1. รูปเรขาคณิต
2. รูปที่ไม่เป็นรูปเรขาคณิต
3. กระดาษสี่เหลี่ยมมุมฉาก
4. กรรไกร
5. แบบฝึกหัด
6. แบบทดสอบ

**การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้**

| ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | วิธีการวัดและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| 1. เมื่อกำหนดรูปเรขาคณิตให้สามารถบอกได้ว่ารูปใดเป็นรูปที่มีแกนสมมาตรและบอกแกนสมมาตรได้ | ตรวจแบบฝึกหัด<br>การทดสอบ | แบบทดสอบ<br>แบบฝึกหัด |
| 2. มีทักษะการทำงานเป็นกลุ่มและร่วมทำงานกับผู้อื่นได้<br>3. สนใจและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม | การสังเกต | แบบสังเกตพฤติกรรม |

**บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

……

……

……

……

ปัญหา/อุปสรรค

……

……

……

……

ประเด็นที่ต้องปรับปรุงแก้ไข และแนวทางการแก้ไข

……

……

……

……

……

……

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(……)

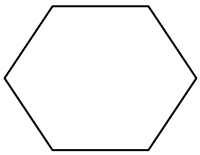
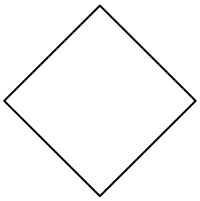
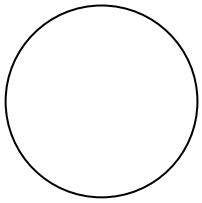
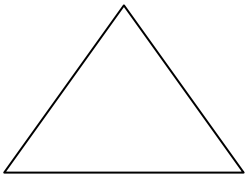
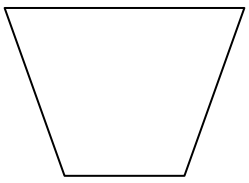
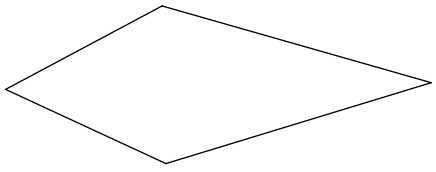
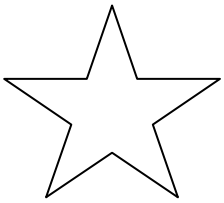
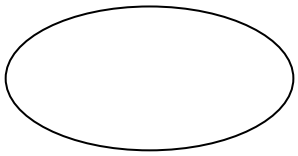
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

**แบบฝึกหัดที่ 7**

**เรื่อง รูปสมมาตรและแกนสมมาตร**

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

ตอนที่ 1 เขียนเส้นประแสดงแกนสมมาตรและบอกจำนวนแกนสมมาตรของรูปที่กำหนดให้ต่อไปนี้

| | |
|---|---|
| 1.  <br>มีแกนสมมาตร..... แกน | 2. <br>มีแกนสมมาตร..... แกน |
| 3.  <br>มีแกนสมมาตร..... แกน | 4.  <br>มีแกนสมมาตร..... แกน |
| 5.  <br>มีแกนสมมาตร..... แกน | 6. <br>มีแกนสมมาตร..... แกน |
| 7.  <br>มีแกนสมมาตร..... แกน | 8.  <br>มีแกนสมมาตร..... แกน |
| 9.  <br>มีแกนสมมาตร..... แกน | 10.  <br>มีแกนสมมาตร..... แกน |

**แบบทดสอบ**

**เรื่อง รูปสมมาตรและแกนสมมาตร**

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย x ลงในช่องอักษร ก ข ค และ ง ที่ตรงกับ คำตอบที่ถูกที่สุด

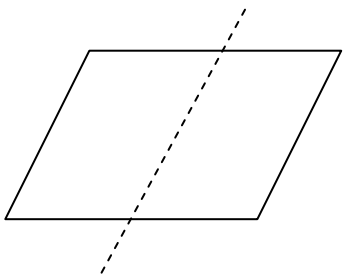
1. ข้อใดกล่าวถึงรูปสมมาตรได้ถูกต้อง

ก. รูปที่พับแล้วคลี่ออกจะมีรอยพับรอยเดียว

ข. เมื่อพับครึ่งแล้วรูปทั้งสองข้างทับกันสนิท

ค. รูปสมมาตรหนึ่งรูปจะมีแกนสมมาตรแกนเดียว

ง. รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากทุกรูปมีแกนสมมาตรเท่ากัน



2. จากรูปเป็นรูปสมมาตรหรือไม่ เพราะอะไร

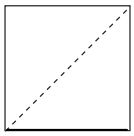
ก. เป็น เพราะเมื่อพับแล้วคลี่ออกจะมีรอยพับเดียว

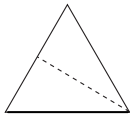
ข. เป็น เพราะเมื่อพับครึ่งรูปแล้วรูปทั้งสองข้างทับกันสนิท

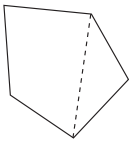
ค. ไม่เป็น เพราะเมื่อพับแล้วคลี่ออกจะมีรอยพับเดียว

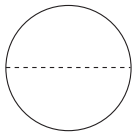
ง. ไม่เป็น เพราะเมื่อพับครึ่งรูปแล้วรูปทั้งสองข้างทับกันไม่สนิท

3. เส้นประในรูปข้อใด<u>ไม่ใช่</u>แกนสมมาตร

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

4. รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีแกนสมมาตรกี่แกน

ก. 1 แกน

ข. 2 แกน

ค. 3 แกน

ง. 4 แกน

5. รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีแกนสมมาตรต่างกันกี่แกน

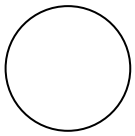
ก. 1 แกน

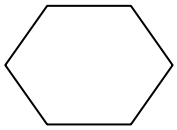
ข. 2 แกน

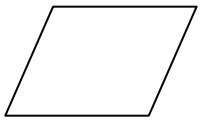
ค. 3 แกน

ง. 4 แกน

6. รูปในข้อใดมีแกนสมมาตรมากที่สุด

ก. 

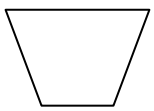
ข. 

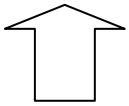
ค. 

ง.

7. รูปในข้อใดมีแกนสมมาตรมากกว่ารูปที่กำหนดให้

ก.

ข. 

ค. 

ง.

8. ตัวอักษรใดมีแกนสมมาตรมากที่สุด

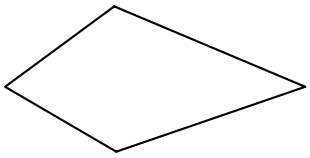
ก.

ข.

ค.

ง.

9. รูปที่กำหนดให้มีแกนสมมาตรกี่แกน



ก. 1 แกน

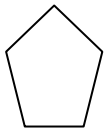
ข. 2 แกน

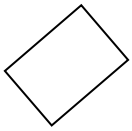
ค. 3 แกน

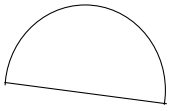
ง. ไม่มีแกนสมมาตร

10. รูปในข้อใดมีแกนสมมาตร 2 แกน

ก.

ข. 

ค. 

ง. 

**เฉลย** 1.ข 2. ง 3. ค 4. ง 5. ข 6. ก 7. ง 8.ค 9. ก 10.ค

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

เรื่อง.....

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้ผู้สอนสังเกตและบันทึก โดยใส่ 1 เมื่อนักเรียนปฏิบัติตามพฤติกรรมที่สังเกต ใส่ 0 เมื่อนักเรียนไม่ได้ปฏิบัติตามกิจกรรมที่สังเกต ลงในช่องรายการพฤติกรรม

| ที่ | ชื่อ - สกุล | พฤติกรรมที่สังเกต | | | | | รวม | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | กระบวนการทำงาน | แสดงความคิดเห็น | การเป็นผู้นำและผู้ตาม | การยอมรับซึ่งกันและกัน | การนำเสนอ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ข้อเสนอแนะ / ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

หมายเหตุ : กรณีที่เรียนเป็นกลุ่มใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนนี้ตามจำนวนกลุ่ม

* ปรับปรุงจาก ราตรี ทองสามศรี 2547 : 134.

**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์** **ชั้นประถมศึกษาปี ที่ 4**

**เรื่อง** การประดิษฐ์ลวดลายโดยใช้รูปเรขาคณิต **เวลา 1 ชั่วโมง**

---

**มาตรฐาน** ค.3.1, ค.6.3, ค.6.5

**มาตรฐานการเรียนรู้** ค.3.1.1 , ค.3.1.2 , ค 3.1.3, ค.6.3.1,ค.6.5.1

**สาระสำคัญ**

รูปเรขาคณิตต่างๆนำมาใช้ประดิษฐ์ลวดลายได้

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

1. สามารถนำรูปเรขาคณิตมาประดิษฐ์เป็นลวดลายต่างๆได้อย่างสร้างสรรค์
2. มีทักษะการทำงานกลุ่มและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
3. สามารถนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนได้

**สาระการเรียนรู้ ( เนื้อหา )**

การประดิษฐ์ลวดลายโดยใช้รูปเรขาคณิต

**กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

1. ทบทวนลักษณะของรูปเรขาคณิตแบบต่างๆ เช่น รูปวงกลม สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม
2. ครูนำภาพที่สร้างขึ้นจากรูปเรขาคณิตให้นักเรียนพิจารณาว่า ประกอบด้วยรูปเรขาคณิตชนิดใดบ้าง แต่ละชนิดมีจำนวนเท่าไร
3. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม สร้างภาพจากรูปเรขาคณิต โดย
   3.1 แบ่งนักเรียนเป็น 5 กลุ่ม
   3.2 ครูแจกกระดาษที่ตัดเป็นรูปเรขาคณิต ได้แก่ วงกลม วงรี สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม ห้าเหลี่ยมขนาดต่าง ๆ หลาย ๆชิ้น ให้นักเรียนกลุ่มละ 1 ชุด
   3.3 ให้นักเรียนนำกระดาษที่ครูแจกให้ มาประดิษฐ์เป็นรูปต่างๆ ภายในเวลา 5 นาที
   3.4 กลุ่มใดสามารถสร้างรูปโดยใช้รูปเรขาคณิตมากที่สุดและสวยงามที่สุด เป็นกลุ่มที่ชนะ(นักเรียนทั้งชั้นร่วมกันให้คะแนนตัดสิน)
4. ครูนำกล่องห่อของขวัญ(ขาว ๆไม่มีลวดลาย) มาให้นักเรียนดูแล้วให้นักเรียนจินตนาการว่าถ้าตนเองเป็นนักออกแบบ จะออกแบบลวดลายกระดาษห่อของขวัญ โดยใช้รูปเรขาคณิตได้อย่างไร แล้วแจกกระดาษให้นักเรียนออกแบบลวดลายกระดาษห่อของขวัญ
5. นักเรียนนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน

6. ครูและนักเรียนสรุปบทเรียนร่วมกันเกี่ยวกับการสร้างภาพและประดิษฐ์ลวดลายโดยใช้รูปเรขาคณิต

7. นักเรียนทำแบบฝึกหัด

**สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้**

1. ตัวอย่างรูปที่สร้างจากรูปเรขาคณิต
2. กระดาษที่ตัดเป็นรูปเรขาคณิต
3. แบบฝึกหัด

**การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้**

| ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | วิธีการวัดและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| 1. สามารถนำรูปเรขาคณิตมาประดิษฐ์เป็นลวดลายต่างๆได้อย่างสร้างสรรค์ | ตรวจแบบฝึกหัด<br>ตรวจผลงาน | แบบฝึกหัด<br>ผลงานการสร้างภาพจากรูปเรขาคณิต |
| 2. มีทักษะการทำงานกลุ่มและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้<br>3. สามารถนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนได้. | การสังเกต | แบบสังเกตพฤติกรรม |

**บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

……

……

ปัญหา/อุปสรรค

……

……

ประเด็นที่ต้องปรับปรุงแก้ไข และแนวทางการแก้ไข

……

……

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(……)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

**แบบฝึกหัดที่ 9**

**เรื่อง** การประดิษฐ์ลวดลายโดยใช้รูปเรขาคณิต

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนประดิษฐ์ลวดลาย โดยใช้รูปเรขาคณิตต่างๆ พร้อมทั้งระบุจำนวนรูปเรขาคณิตแต่ละชนิดให้ถูกต้อง

ชื่อภาพ ……..

ประกอบด้วย ..... จำนวน ..... รูป

.....

.....

.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

เรื่อง.....

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้ผู้สอนสังเกตและบันทึก โดยใส่ 1 เมื่อนักเรียนปฏิบัติตามพฤติกรรมที่สังเกต
ใส่ 0 เมื่อนักเรียนไม่ได้ปฏิบัติตามกิจกรรมที่สังเกต ลงในช่องรายการพฤติกรรม

| ที่ | ชื่อ - สกุล | พฤติกรรมที่สังเกต | | | | | รวม | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | กระตือรือร้นในการทำงาน | แสดงความคิดเห็น | การเป็นผู้นำและผู้ตาม | การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น | การนำเสนอ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ข้อเสนอแนะ / ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

หมายเหตุ : กรณีที่เรียนเป็นกลุ่มใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนนี้ตามจำนวนกลุ่ม

* ปรับปรุงจาก ราตรี ทองสามศรี 2547 : 134.

**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์** **ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**

**เรื่อง** ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงงาน (ความหมาย,ประเภท,ขั้นตอนการทำ) **เวลา 1 ชั่วโมง**

---

**มาตรฐาน** ค.6.1,ค.6.2,ค.6.3,ค.6.4

**มาตรฐานการเรียนรู้** ค.6.1.2, ค.6.2.1, ค.6.3.1, ค.6.4.2

**สาระสำคัญ**

โครงงานเป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่ง ที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติจริง เป็นการศึกษาค้นคว้าตามความสนใจ เพื่อตอบสนองความสงสัยหรือปัญหาที่เกิดขึ้น โดยมีการศึกษาอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนและกระบวนการที่ต่อเนื่อง โดยมีครูเป็นผู้คอยกระตุ้น แนะนำ และให้คำปรึกษา การทำโครงงานสามารถทำได้ทุกระดับชั้น ทำเป็นกลุ่ม หรือรายบุคคลก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงงาน ซึ่งการเรียนรู้ด้วยการทำโครงงานจะช่วยพัฒนาการคิดและกระบวนการทำงานของผู้เรียนได้

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

1. สามารถอธิบายความหมายและหลักการของกิจกรรมโครงงานได้
2. สามารถอธิบายประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์ ขั้นตอนการทำโครงงาน
3. มีทักษะการทำงานเป็นกลุ่มและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

**สาระการเรียนรู้ ( เนื้อหา )**

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงงาน(ความหมาย,ประเภท,ขั้นตอนการทำ,วิธีการประเมินโครงงาน)

**กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

1. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ ปัญหาในการเรียนอย่างกว้าง ๆ และแนวทางแก้ไขเพื่อโยงเข้าสู่โครงงานคณิตศาสตร์
2. ครูแนะนำโครงงานคณิตศาสตร์คืออะไร พร้อมยกตัวอย่าง ประกอบ
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงงานคณิตศาสตร์ร่วมกันอภิปราย ซักถามปัญหาจากประเด็นที่นักเรียนสงสัย
4. ครูบรรยายและใช้คำถามนำให้นักเรียนช่วยกันอภิปรายเกี่ยวกับความหมายของโครงงานคณิตศาสตร์ จุดมุ่งหมายของโครงงานคณิตศาสตร์ ประเภทและขั้นตอนการทำโครงงานคณิตศาสตร์และการประเมินผลโครงงานหลังจากศึกษาเนื้อหาจบแล้ว
5. ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปเกี่ยวกับความหมายของโครงงานคณิตศาสตร์ หลักการของกิจกรรม

โครงงานจุดมุ่งหมายของโครงงาน ประเภทของโครงงาน ขั้นตอนการทำโครงงานและการประเมินผลโครงงานคณิตศาสตร์

**สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้**

1. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงงานคณิตศาสตร์
2. ใบงานที่ 1
3. แบบทดสอบ

**การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้**

| ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | วิธีการวัดและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| 1. สามารถอธิบายความหมายและหลักการของกิจกรรมโครงงานได้<br>2. สามารถอธิบายประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์ ขั้นตอนการทำโครงงานและวิธีการประเมินผลโครงงานคณิตศาสตร์ได้ | ตรวจใบงาน<br>การทดสอบ | ใบงาน<br>แบบทดสอบ |
| 3. มีทักษะการทำงานเป็นกลุ่มและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ | การสังเกต | แบบสังเกตพฤติกรรม |

**บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

……

……

ปัญหา/อุปสรรค

……

……

ประเด็นที่ต้องปรับปรุงแก้ไข และแนวทางการแก้ไข

……

……

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(……)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

เรื่อง.....

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้ผู้สอนสังเกตและบันทึก โดยใส่ 1 เมื่อนักเรียนปฏิบัติตามพฤติกรรมที่สังเกต
ใส่ 0 เมื่อนักเรียนไม่ได้ปฏิบัติตามกิจกรรมที่สังเกต ลงในช่องรายการพฤติกรรม

| ที่ | ชื่อ - สกุล | พฤติกรรมที่สังเกต | | | | | รวม | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | กระตือรือร้นในการทำงาน | แสดงความคิดเห็น | การเป็นผู้นำและผู้ตาม | การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น | การนำเสนอ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ข้อเสนอแนะ / ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

หมายเหตุ : กรณีที่เรียนเป็นกลุ่มใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนนี้ตามจำนวนกลุ่ม

* ปรับปรุงจาก ราตรี ทองสามศรี 2547 : 134.

**แบบทดสอบ**

**เรื่อง ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงงานคณิตศาสตร์**

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (×) ทับหัวข้อ ก , ข , ค และ ง ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวเท่านั้นในแต่ละข้อ

1. ข้อใดคือความหมายของโครงงาน
ก. การศึกษาเหตุการณ์ที่กำลังจะเกิดขึ้นเพื่อทำนายอนาคต
ข. การเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ผู้เรียนจินตนาการจากความคิดเพ้อฝัน
ค. การศึกษาเรื่องที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ ซึ่งผู้เรียนลองเรียนมาจากผู้อื่น
ง. การศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งซึ่งผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติและค้นคว้าด้วยตนเอง

2. โครงงานประเภทใดเป็นโครงงานที่ง่ายและสะดวกที่สุดสำหรับนักเรียนที่เริ่มทำโครงงาน
ก. โครงงานประเภททดลอง
ข. โครงงานประเภทสิ่งประดิษฐ์
ค. โครงงานประเภทสำรวจ
ง. โครงงานประเภททฤษฎี

3. การทำโครงงานประเภททดลองต่างกับโครงงานประเภทสำรวจอย่างไร
ก. การตั้งจุดประสงค์
ข. การตั้งสมมติฐาน
ค. การกำหนดขอบเขต
ง. การกำหนดตัวแปร

4. หลังจากเค้าโครงย่อโครงงานคณิตศาสตร์ผ่านการตรวจจากอาจารย์ที่ปรึกษาหรือผู้เชี่ยวชาญ แล้ว นักเรียนจะดำเนินการอะไรเป็นอันดับแรก
ก. ลงมือศึกษา ทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลตามแผนงานที่เขียนไว้ในเค้าโครงย่อ
ข. เก็บเค้าโครงย่อไว้แล้วดำเนินการปฏิบัติโครงงานตามที่กำหนดขั้นตอนใหม่
ค. ลงมือศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
ง. วางแผนการทดลอง

5. โครงงาน โคมไฟ เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ประกอบด้วยฝาขวดน้ำที่ได้จากการดื่มน้ำนำมาวางเรียงกัน เป็นรูปทรงทางเรขาคณิต โดยใช้กาวเป็นตัวยึดกับฐาน แล้วนำหลอดไฟมาติด จากลักษณะดังกล่าว โครงงานโคมไฟจัดเป็นโครงงานประเภทใด
ก. การทดลอง
ข. การสำรวจรวบรวมข้อมูล
ค. การพัฒนาหรือการประดิษฐ์
ง. การสร้างทฤษฎีหรือคำบรรยาย

6. ขั้นตอนใดเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดและยากที่สุดในการทำโครงงานคณิตศาสตร์
   ก. การวางแผนในการทำโครงงาน
   ข. การลงมือทำโครงงาน
   ค. การคิดจะเลือกหัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา
   ง. การเขียนรายงานและการแสดงผลงาน

7. การคัดเลือกหัวข้อเรื่องที่จะทำโครงงาน ควรคำนึงถึงสิ่งใดเป็นสำคัญ
   ก. เหมาะสมกับระดับความรู้ความสามารถของนักเรียนที่จะทำโครงงาน
   ข. มีวัสดุอุปกรณ์และงบประมาณเพียงพอ
   ค. ถูกทั้ง ก. และ ข.
   ง. ผิดทั้ง ก. และ ข.

8. การเขียนเค้าโครงของโครงงานซึ่งเป็นการวางรูปโครงงานไว้ล่วงหน้า จัดอยู่ในขั้นตอนใด
   ก. การวางแผนในการทำโครงงาน
   ข. การลงมือทำโครงงาน
   ค. การคิดจะเลือกหัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา
   ง. การเขียนรายงานและแสดงผลงาน

9. ในขั้น “การเขียนรายงานโครงงานคณิตศาสตร์” เป็นการเสนอผลการศึกษาค้นคว้าเพื่อให้ผู้อื่นได้รับรู้ในสิ่งใดต่อไปนี้
   ① แนวคิด ปัญหาที่จะศึกษา
   ② วิธีดำเนินการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ
   ③ ผลการศึกษา
   ④ ประโยชน์และข้อเสนอแนะต่าง ๆ
   ก. ข้อ ② , ③ และ ④
   ข. ข้อ ① , ② และ ③
   ค. ข้อ ① , ③ และ ④
   ง. ข้อ ① , ② , ③ และ ④

10. การแสดงผลงานมีหลายรูปแบบ ในการจัดแสดงผลงานโครงงานคณิตศาสตร์นั้น ควรจัดให้ครอบคลุมประเด็นใดดังต่อไปนี้
   ก. ชื่อโครงงาน ชื่อผู้ทำโครงงาน ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน
   ข. คำขอบคุณ เอกสารอ้างอิง
   ค. งบประมาณ
   ง. ระยะเวลาที่ใช้ทำโครงงาน

หมายเหตุ ปรับปรุงมากจาก ชุดการสอนโครงงานคณิตศาสตร์ ของ วิษารินทร์ หมื่นรัตน์

**เฉลย** 1. ง 2. ค 3. ข 4. ก 5. ค 6. ค 7. ค 8. ก 9. ง 10. ก

# ใบความรู้ที่ 1

## ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงงานคณิตศาสตร์

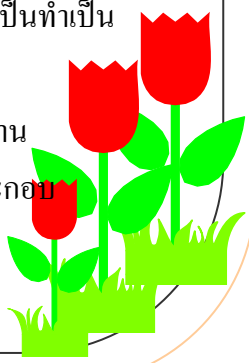
### ความหมายของโครงงานคณิตศาสตร์

**โครงงาน** คือ งานวิจัยเล็ก ๆ ของนักเรียน เป็นการแก้ปัญหาหรือข้อสงสัยของนักเรียน โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์หากเนื้อหาสาระหรือข้อสงสัยตรงตามกลุ่มสาระใด ก็จัดเป็นโครงงานตามกลุ่มสาระนั้น

**โครงงานคณิตศาสตร์** หมายถึง กิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีตามความถนัดและความสนใจด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์(ภายใต้การแนะนำที่ปรึกษาช่วยเหลือและดูแลจากอาจารย์ที่ปรึกษา และ / หรือผู้ทรงคุณวุฒิ อาจจัดในเวลาเรียนหรือนอกเวลาเรียนก็ได้ รวมทั้งสามารถดำเนินกิจกรรมได้ทั้งในและนอกบริเวณโรงเรียน ซึ่งอาจทำเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มก็ได้ แล้วจัดเขียนเป็นรายงานและแสดงผลงานเพื่อเผยแพร่สำหรับเป็นแนวทางเพื่อการศึกษาต่อ

### หลักการของกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์

1. เป็นเรื่องเกี่ยวกับคณิตศาสตร์และเทคโนโลยี หรือความจริงในการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งหมายถึงโครงงานที่ทำขึ้นเองต้องยึดหลักความจริงที่เป็นอยู่ตามธรรมชาติ
2. เป็นการเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตัวเอง เพื่อเป็นการฝึกให้นักเรียนคิดเป็นทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์
3. คำนึงถึงเสรีภาพทางเศรษฐกิจ หมายถึง การให้เสรีภาพแก่ผู้ทำโครงงานในเรื่องที่จะทำโดยคำนึงถึงวัสดุอุปกรณ์และเงินทุนที่มีอยู่เป็นองค์ประกอบ



**จุดมุ่งหมายของโครงงานคณิตศาสตร์**

เพื่อให้การทำโครงงานคณิตศาสตร์บรรลุตามจุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียน ในการจัดทำโครงงานคณิตศาสตร์นั้นจะต้องมีจุดมุ่งหมายที่แน่นอนและชัดเจน ซึ่งมีจุดมุ่งหมายของโครงงานคณิตศาสตร์ พอสรุปได้ดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรัก ความสนใจและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์
2. เพื่อพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหา
3. เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน หรือออกแบบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ได้ โดยตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของวิชาคณิตศาสตร์
4. เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
5. เพื่อให้นักเรียนรู้จักใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์
6. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออก พร้อมทั้งได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานของตนเอง
7. เพื่อพัฒนาความรับผิดชอบและสามารถร่วมกับผู้อื่นได้
8. เพื่อส่งเสริมการศึกษาค้นคว้าหรือวิจัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสนใจและมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์

**ประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์**

โครงงานคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

**1. โครงงานคณิตศาสตร์ประเภทการสำรวจ รวบรวมข้อมูล** เป็นกิจกรรมการศึกษาและรวบรวมข้อมูล จากธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาความรู้ที่มีอยู่หรือเป็นอยู่ ในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยใช้วิธีการสำรวจและรวบรวมข้อมูล และนำข้อมูลเหล่านั้น มาจัดกระทำแล้วนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ ตามความเหมาะสม

**2. โครงงานคณิตศาสตร์ประเภทการค้นคว้า ทดลอง** เป็นการศึกษาหาคำตอบของปัญหาใดปัญหาหนึ่ง โดยการออกแบบทดลองและดำเนินการการทดลอง เพื่อหาคำตอบของปัญหาและเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งขั้นตอนในการทำงานประกอบด้วยการกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐานการออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง การแปลผลและสรุปผลการทดลอง

**3. โครงงานประเภทการศึกษาความรู้ ทฤษฎี หลักการ หรือแนวคิดใหม่** เป็นโครงงานที่ผู้ทำต้องเสนอ แนวคิดใหม่ ๆ ในการอธิบายเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างมีเหตุผล มีหลักการทางคณิตศาสตร์ หรือมีทฤษฎีมาสนับสนุน หรือเป็นการอธิบายปรากฏการณ์เก่าในแนวใหม่ อาจเสนอในรูปคำอธิบาย สูตร หรือ สมการ โดยมีข้อมูลหรือทฤษฎีสนับสนุน

**4. โครงงานคณิตศาสตร์ประเภทการประดิษฐ์คิดค้น** เป็นการประดิษฐ์สิ่งใหม่ที่ยังไม่เคยมีมาก่อนหรือการปรับปรุงอุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ที่มีอยู่แล้วให้ใช้งานได้ดีกว่าเดิม หรือเป็นการเสนอการปรับสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง

## ขั้นตอนในการทำโครงงานคณิตศาสตร์

การทำโครงงานคณิตศาสตร์มีการดำเนินการหลายขั้นตอน ดังนี้

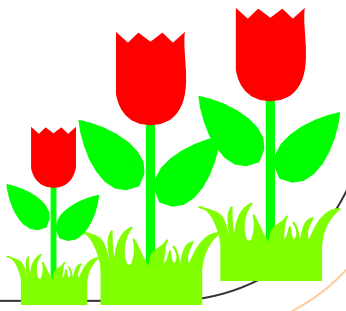
1. การคิดจะเลือกหัวเรื่องหรือตั้งปัญหาที่จะศึกษา
2. การเขียนเค้าโครงโครงงาน(การวางแผน)
3. การปฏิบัติงานโครงงาน
4. การเขียนรายงานโครงงาน
5. การแสดงผลงาน (การนำเสนอผลงาน)

**1. การคิดที่จะเลือกหัวเรื่อง หรือปัญหาที่จะศึกษา**

เป็นขั้นตอนที่สำคัญและยากที่สุด หัวข้อเรื่องของโครงงานควรมีความเฉพาะเจาะจงและชัดเจน และควรเป็นเรื่องแปลกใหม่ ซึ่งแสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ด้วย หัวเรื่องควรได้มาจาก ความสนใจ ความสงสัย และความอยากรู้อยากเห็น ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน

ข้อควรคำนึงเกี่ยวกับการคัดเลือกหัวเรื่องที่จะทำโครงงาน

1) เหมาะสมกับความรู้
2) เหมาะสมกับระดับความสามารถ
3) วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้
4) งบประมาณเพียงพอ
5) ระยะเวลาที่ใช้ทำโครงงาน
6) มีอาจารย์หรือผู้ทรงคุณวุฒิรับเป็นที่ปรึกษา
7) มีความปลอดภัย
8) มีแหล่งความรู้หรือเอกสารเพียงพอที่จะค้นคว้า



**2. การเขียนเค้าโครงโครงงาน**

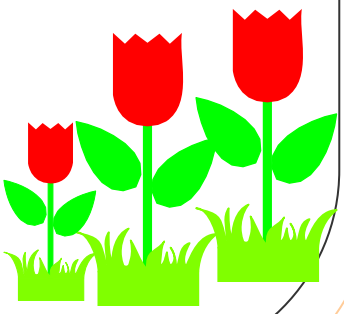
ขั้นตอนนี้เป็นเป็นการวางแผนในการทำโครงงาน รวมถึงการเขียนเค้าโครงของโครงงานเพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างรัดกุมและรอบคอบ

เค้าโครงของโครงงานโดยทั่ว ๆ ไป เขียนขึ้นเพื่อแสดงแนวคิด แผนงานและขั้นตอนของการทำโครงงาน ซึ่งประกอบด้วย

1) ชื่อโครงงาน
2) ชื่อผู้ทำโครงงาน
3) ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน
4) ที่มาและความสำคัญของโครงงาน
5) จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า
6) สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี)
7) วิธีดำเนินการ
   - วัสดุที่ต้องใช้
   - แนวการศึกษาค้นคว้า
8) แผนปฏิบัติงาน
9) ผลที่คาดว่าจะได้รับ
10) เอกสารอ้างอิง

**3. การปฏิบัติงานโครงงาน**

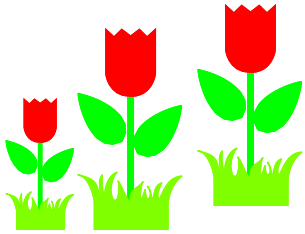
เมื่อเค้าโครงของโครงงานผ่านความเห็นชอบของคุณครูที่ปรึกษาโครงงานแล้ว เริ่มลงมือทำโดยปฏิบัติตามแผนดำเนินงาน อาจเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมตามแผนงานที่วางไว้ในตอนแรกบ้างก็ได้ เมื่อดำเนินโครงงานครบถ้วนตามขั้นตอน ได้ข้อมูลแล้วควรมีการตรวจสอบผลการทดลองด้วยการทดลองซ้ำ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูล แปลผลและสรุปผลการศึกษาค้นคว้า พร้องทั้งอภิปรายผลการศึกษา



**4. การเขียนรายงานโครงงาน**

การเขียนรายงานควรใช้ภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย ชัดเจน สั้น ๆ และตรงไปตรงมา โดยให้ครอบคลุมหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

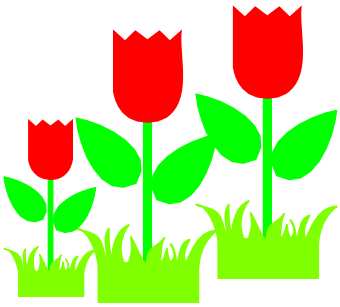
1) ชื่อโครงงาน
2) ชื่อผู้ทำโครงงาน
3) ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน
4) บทคัดย่อ
5) ที่มาและความสำคัญของโครงงาน
6) จุดมุ่งหมายของการค้นคว้า
7) สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี)
8) วิธีดำเนินการ แยกเป็น 2 หัวข้อ
   - วัสดุอุปกรณ์
   - วิธีดำเนินการ
9) ผลการศึกษาค้นคว้า
10) สรุปและข้อเสนอแนะ
11) คำขอบคุณ
12) เอกสารอ้างอิง



**5. การแสดงผลงาน (การนำเสนอ)**

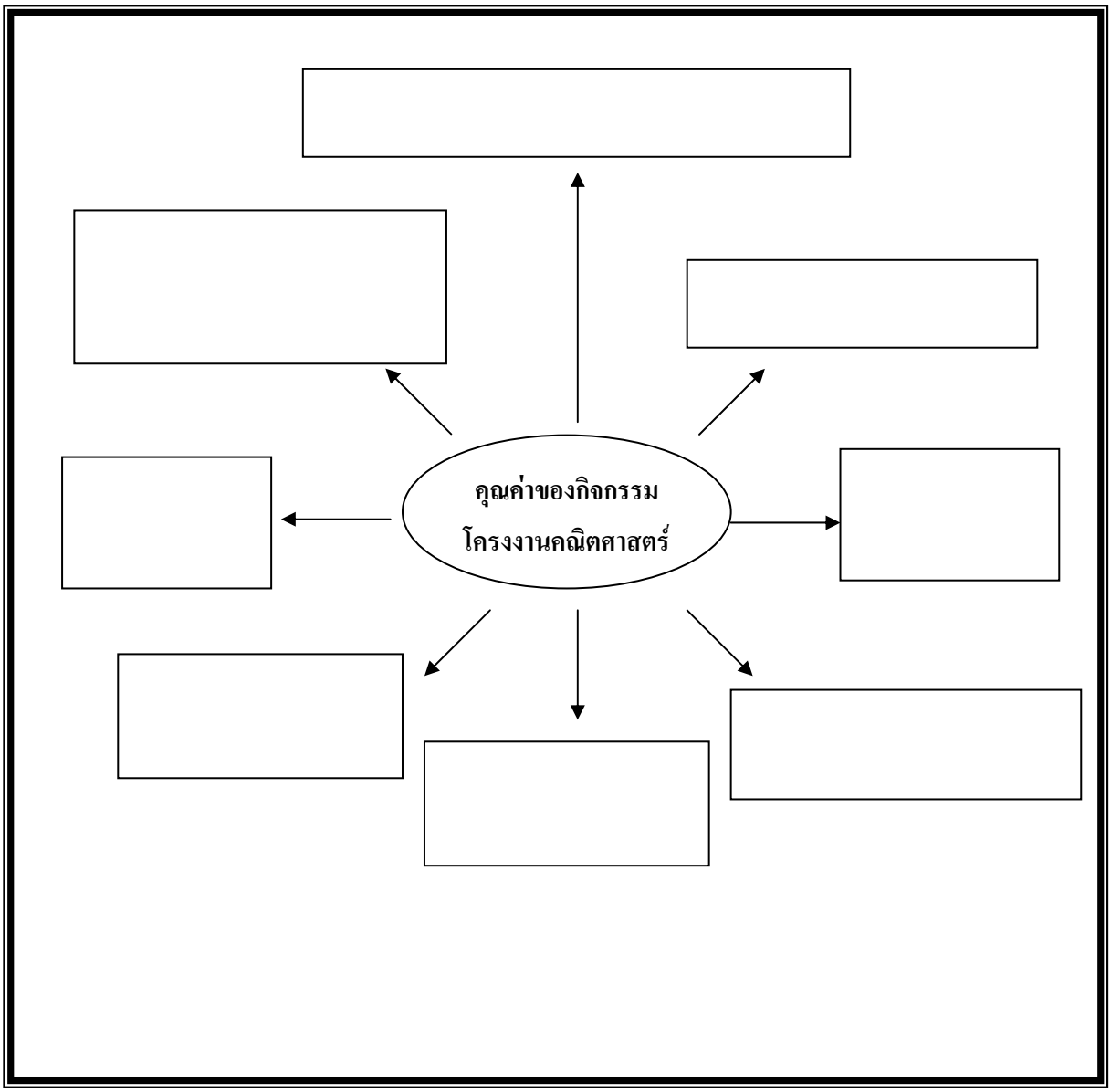
การแสดงผลงานเป็นงานขั้นสุดท้ายและสำคัญอีกประการหนึ่งของการทำโครงงาน การวางแผนออกแบบเพื่อจัดแสดงผลงานนั้นมีความสำคัญเท่า ๆ กับการทำโครงงาน การแสดงผลงานนั้นอาจทำได้ในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น การแสดงรูปนิทรรศการ รูปของการรายงานแบบปากเปล่า การแสดงผลงานควรจัดให้ครอบคลุมประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้

1. ชื่อโครงงาน ชื่อผู้ทำโครงงาน ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน
2. คำอธิบายย่อ ๆ ถึงเหตุจูงใจในการทำโครงงานและความสำคัญของโครงงาน
3. วิธีดำเนินการ
4. การสาธิตหรือการแสดงผลที่ได้จากการทดลอง
5. ผลการสังเกตหรือข้อมูลเด่น ๆ ที่ได้จากการทำโครงงาน



**ใบงานที่ 1**
**เรื่องความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงงาน**

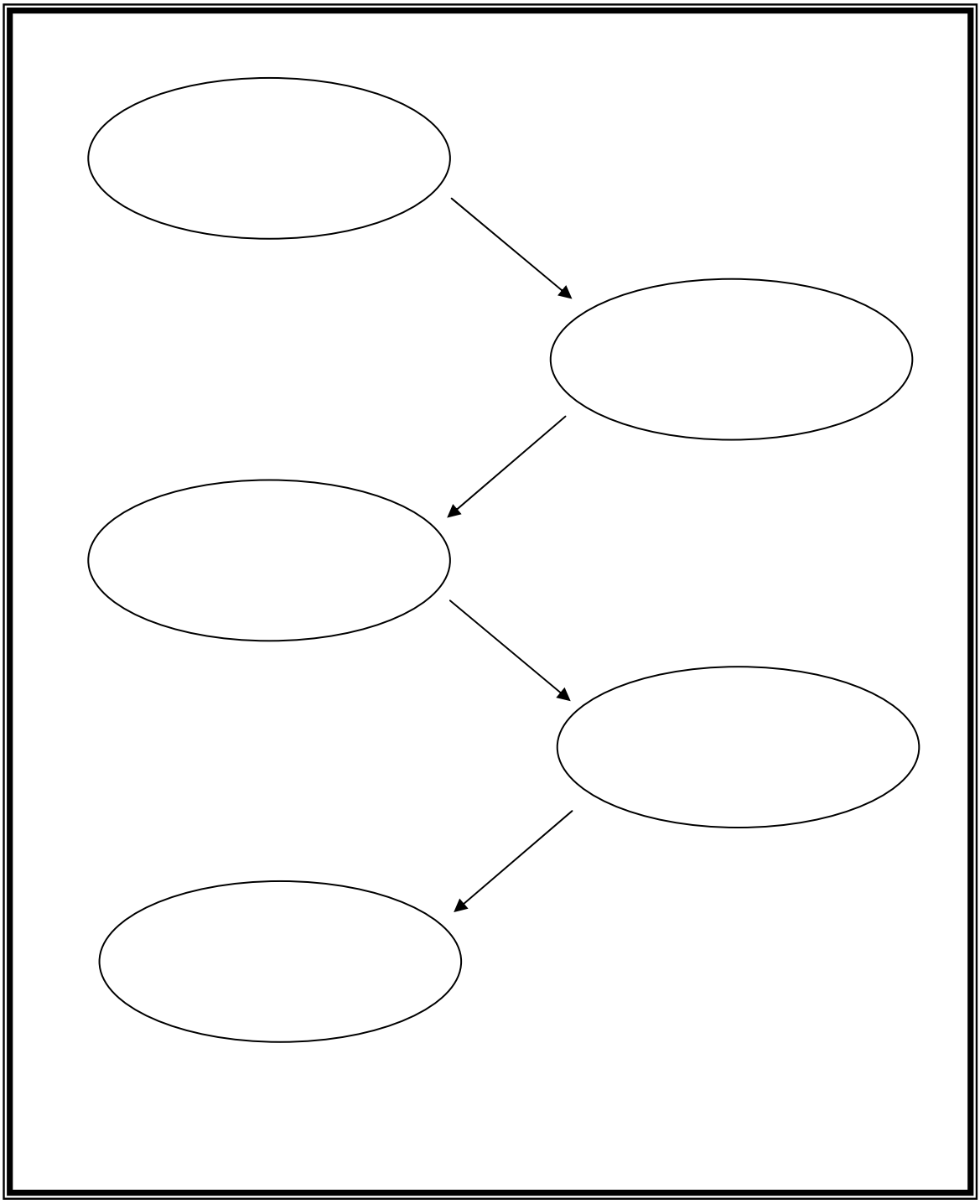
**คำชี้แจง** ตอนที่ 1 ให้นักเรียนเติมข้อความลงในช่องว่างให้ถูกต้อง



**คำชี้แจง** ตอนที่ 2 ให้นักเรียนบอกประเภทของโครงงานที่กำหนดให้ตามหัวข้อต่อไปนี้

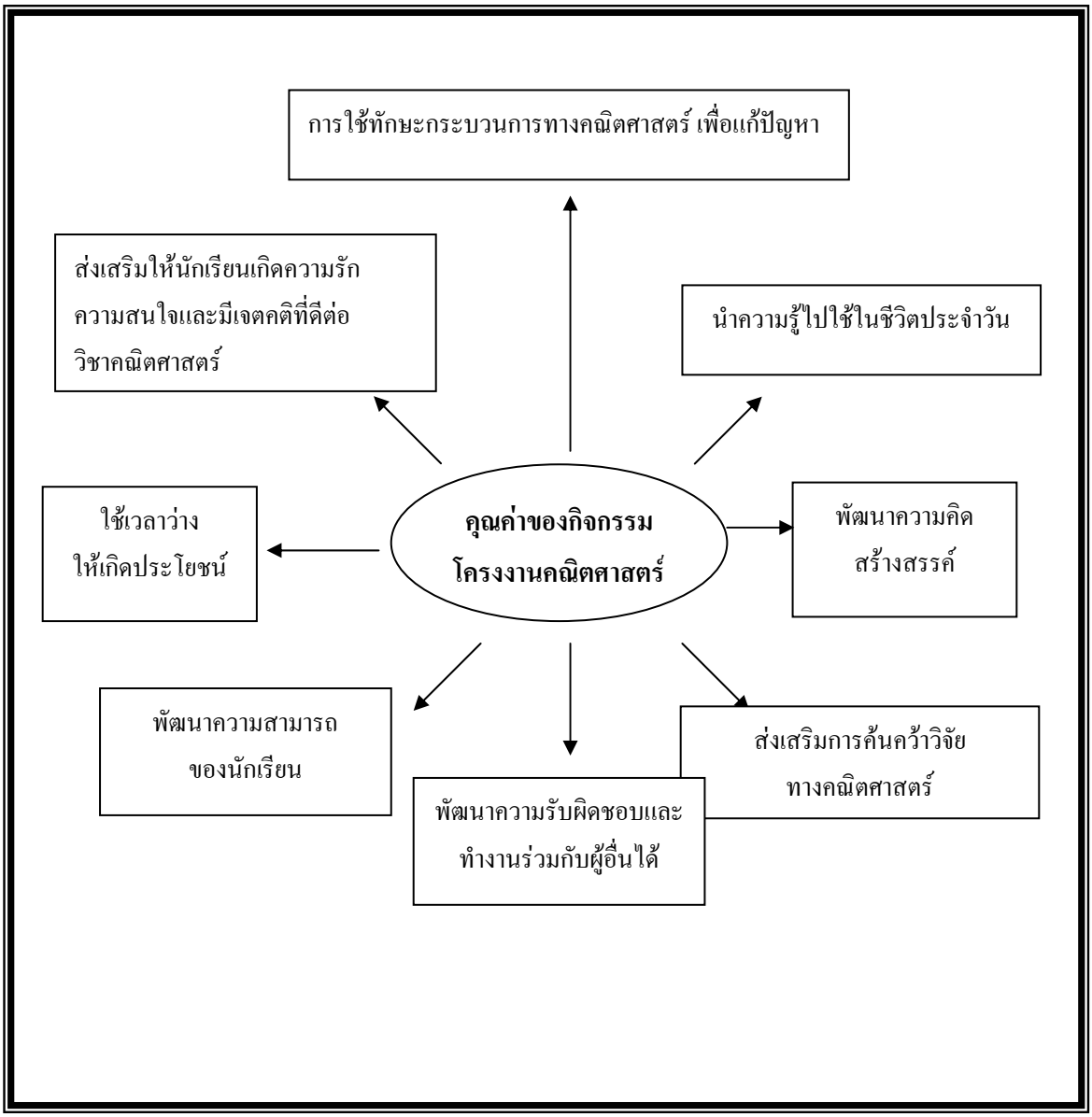
| **ตัวอย่างโครงงาน** | **ประเภทโครงงาน** |
|---|---|
| การเจริญเติบโตของดอกไม้ | .....<br>.....<br>..... |
| โมบายรูปทรงเรขาคณิต | .....<br>.....<br>..... |
| นักคณิตศาสตร์เอก | .....<br>.....<br>..... |
| หยุดโลกร้อน<br>ด้วย<br>เศรษฐกิจพอเพียง | .....<br>.....<br>..... |
| มุมของรูปเหลี่ยม | .....<br>.....<br>..... |

**คำชี้แจง** ตอนที่ 3 ให้นักเรียนเติมขั้นตอนของการทำโครงงานลงในกรอบที่กำหนดให้ตามลำดับ



**เฉลยกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ ใบงานที่ 1**
**เรื่องความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงงาน**

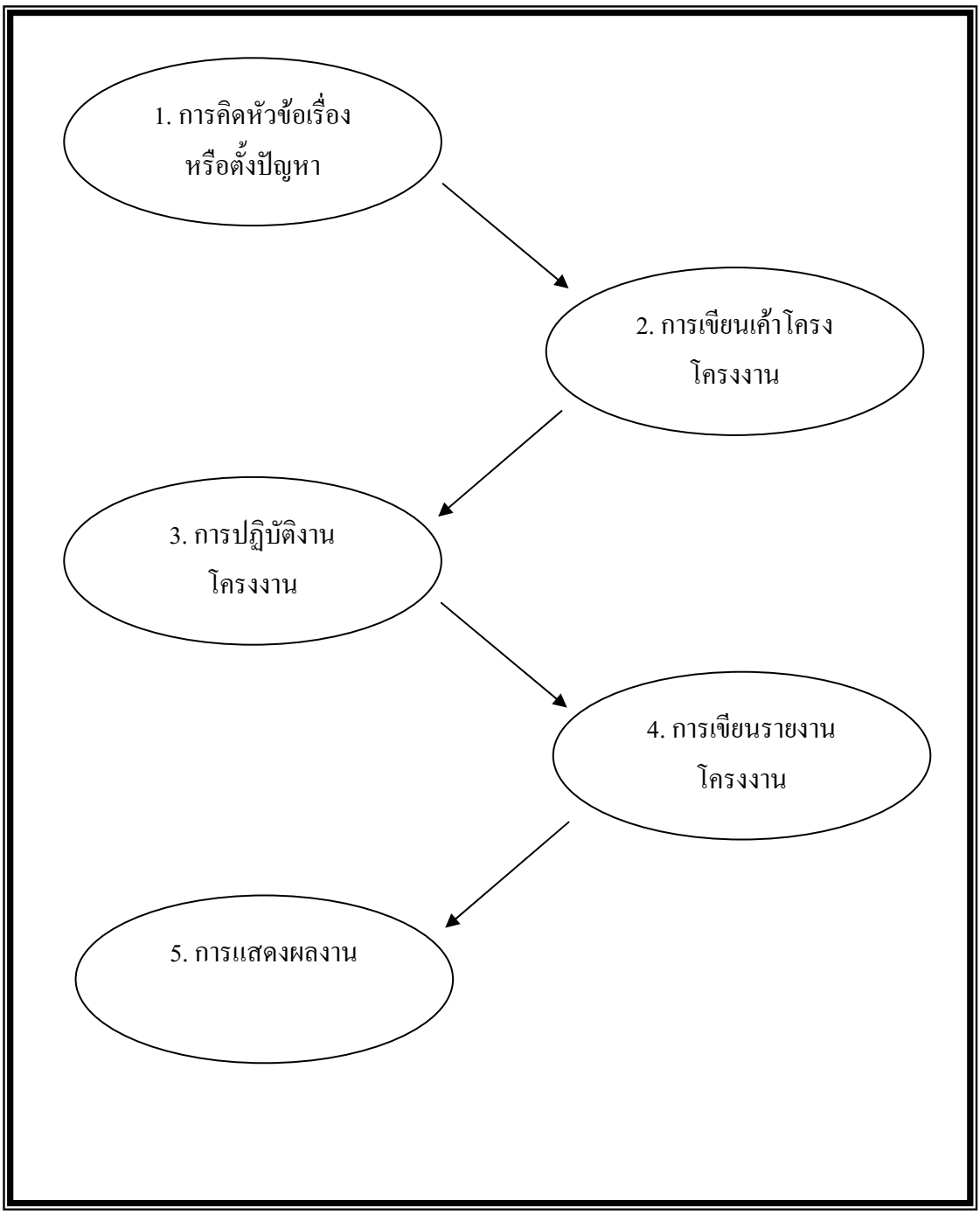
**คำชี้แจง** ตอนที่ 1 ให้นักเรียนเติมข้อความลงในช่องว่างให้ถูกต้อง



**คำชี้แจง** ตอนที่ 2 ให้นักเรียนบอกประเภทของโครงงานที่กำหนดให้ตามหัวข้อต่อไปนี้

| ตัวอย่างโครงงาน | ประเภทโครงงาน |
|---|---|
| การเจริญเติบโตของดอกไม้ | โครงงานคณิตศาสตร์ประเภทการค้นคว้า ทดลอง |
| โมบายรูปทรงเรขาคณิต | โครงงานคณิตศาสตร์ประเภทการประดิษฐ์คิดค้น |
| นักคณิตศาสตร์เอก | โครงงานคณิตศาสตร์ประเภทการสำรวจ รวบรวมข้อมูล |
| หยุดโลกร้อนด้วยเศรษฐกิจพอเพียง | โครงงานคณิตศาสตร์ประเภทการสำรวจ รวบรวมข้อมูล |
| มุมของรูปเหลี่ยม | โครงงานประเภทการศึกษาความรู้ทฤษฎี หลักการ หรือแนวคิดใหม่ |

**คำชี้แจง** ตอนที่ 3 ให้นักเรียนเติมขั้นตอนของโครงงานลงในกรอบที่กำหนดให้ตามลำดับ



**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์** **ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**

**เรื่อง** การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษาเกี่ยวกับโครงงานคณิตศาสตร์ **เวลา 1 ชั่วโมง**

---

**มาตรฐาน** ค.6.1,ค.6.2,ค.6.3,ค.6.4, ค.6.5

**มาตรฐานการเรียนรู้** ค.6.1.2, ค.6.2.1, ค.6.3.1, ค.6.4.2 , ค.6.5.1

**สาระสำคัญ**

การคิดหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา เป็นขั้นตอนแรกและสำคัญที่สุดของการจัดทำโครงงานหัวข้อเรื่องของโครงงานอาจจะได้มาจากปัญหาคำถาม หรือความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ของนักเรียน หัวข้อเรื่องของโครงงานควรมีความเฉพาะเจาะจง และชัดเจน มุ่งชัดว่าจะศึกษาสิ่งใดหรือตัวแปรใด และควรเป็นเรื่องที่แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ นอกจากนั้นควรคำนึงถึงเรื่องที่เป็นประโยชน์จะทำให้โครงงานนั้นมีคุณค่ายิ่งขึ้น

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

1. สามารถคิดและเลือกหัวข้อปัญหาที่จะศึกษาได้อย่างเหมาะสม และถูกต้องตามหลักเกณฑ์ในการเลือกปัญหา

2. สามารถนำเสนอหัวข้อในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ และอธิบายความเป็นมาและความสำคัญเกี่ยวกับหัวข้อโครงงานได้

3. มีทักษะการทำงานกลุ่มและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

**สาระการเรียนรู้ ( เนื้อหา )**

การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษาเกี่ยวกับโครงงานคณิตศาสตร์

**กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

1. ครูใช้คำถามนำ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ และแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาคณิตศาสตร์ที่เคยเรียนมาหรือปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันอย่างหลากหลาย

2. ทบทวนความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงงานโดยการถาม - ตอบ

3. ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 2 เรื่องการเลือกหัวข้อและปัญหาที่จะศึกษาเกี่ยวกับโครงงานโดยครูอธิบายเพิ่มเติม และใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปภายในกลุ่ม

4. ให้แต่ละกลุ่มศึกษาเอกสารตัวอย่างโครงงานคณิตศาสตร์กลุ่มละ 1เรื่อง จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ว่าโครงงานที่ศึกษามีที่มาของปัญหาอย่างไร

5. ให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอที่มาของปัญหาจากตัวอย่างโครงงานคณิตศาสตร์ที่กลุ่มได้ศึกษา

6. ให้แต่ละกลุ่มรับใบงานที่ 2เรื่อง การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษาในการจัดทำ

โครงงานคณิตศาสตร์ และทำใบงานที่ 2 เพื่อให้ช่วยกันตั้งหัวข้อปัญหาที่จะศึกษา

7. รวมกันอภิปรายผลและหาข้อตกลงร่วมกันตามใบงาน โดยครูคอยติดตามดูแลอย่างใกล้ชิด ใช้การตั้งคำถามให้นักเรียนคิด และตอบคำถามประเด็นที่นักเรียนสงสัย

8. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปถึงแนวทางในการตั้งหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษาในการทำโครงงานคณิตศาสตร์

**สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้**

1. ใบความรู้เรื่อง การเลือกหัวข้อและปัญหาที่จะศึกษาเกี่ยวกับโครงงาน
2. ใบงานเรื่อง การเลือกหัวข้อและปัญหาที่จะศึกษาเกี่ยวกับโครงงาน
3. แบบทดสอบ

**การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้**

| ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | วิธีการวัดและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| 1. สามารถคิดและเลือกหัวข้อปัญหาที่จะศึกษาได้อย่างเหมาะสม และถูกต้องตามหลักเกณฑ์ในการเลือกปัญหา | ตรวจใบงาน<br>การทดสอบ<br>ซักถาม | ใบงาน<br>แบบทดสอบ<br>การตอบคำถาม |
| 2. สามารถนำเสนอหัวข้อในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ และอธิบายความเป็นมาและความสำคัญ | | |
| 3. มีทักษะการทำงานกลุ่มและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ | การสังเกต | แบบสังเกตพฤติกรรม |

**บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้……

ปัญหา/อุปสรรค……..

ประเด็นที่ต้องปรับปรุงแก้ไข และแนวทางการแก้ไข ……

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(……)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

เรื่อง.....

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้ผู้สอนสังเกตและบันทึก โดยใส่ 1 เมื่อนักเรียนปฏิบัติตามพฤติกรรมที่สังเกต
ใส่ 0 เมื่อนักเรียนไม่ได้ปฏิบัติตามกิจกรรมที่สังเกต ลงในช่องรายการพฤติกรรม

| ที่ | ชื่อ - สกุล | พฤติกรรมที่สังเกต | | | | | รวม | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | กระบวนการทำงาน | แสดงความคิดเห็น | การเป็นผู้นำและผู้ตาม | การยอมรับซึ่งกันและกัน | การนำเสนอ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ข้อเสนอแนะ / ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

หมายเหตุ : กรณีที่เรียนเป็นกลุ่มใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนนี้ตามจำนวนกลุ่ม

* ปรับปรุงจาก ราตรี ทองสามศรี 2547 : 134.

**แบบทดสอบ**

**เรื่องการเลือกหัวข้อและปัญหาที่จะศึกษาเกี่ยวกับโครงงาน**

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (×) ทับหัวข้อ ก , ข , ค และ ง ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวเท่านั้นในแต่ละข้อ

1. ข้อใดคือแนวทางการเลือกหัวข้อเรื่องที่จะทำโครงงาน
   - ก. เรื่องที่จะทำต้องมีประโยชน์และลึกซึ้ง
   - ข. เรื่องต้องแปลกและยาก
   - ค. เรื่องที่เราสนใจและมีความเป็นไปได้ว่าจะทำได้สำเร็จ
   - ง. เรื่องที่คนส่วนใหญ่กำลังให้ความสนใจ

2. เมื่อคิดหัวข้อเรื่องและชื่อเรื่องที่จะทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้แล้ว ควรดำเนินการอะไรต่อไป
   - ก. ลงมือปฏิบัติการโครงงานได้เลย
   - ข. ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
   - ค. จัดทำเค้าโครงย่อโครงงานคณิตศาสตร์เพื่อเสนออาจารย์ที่ปรึกษาหรือผู้เชี่ยวชาญ
   - ง. ข้อ ข และ ค ถูก

3. ข้อใดคือจุดมุ่งหมายของการเลือกหัวข้อโครงงาน
   - ก. เป็นหัวข้อที่ผู้อื่นสนใจ
   - ข. เป็นเรื่องที่ตนเองสนใจศึกษาหาคำตอบ
   - ค. เลือกหัวข้อตามความถนัดของเพื่อน
   - ง. เลือกหัวข้อตามความถนัดของอาจารย์ที่ปรึกษา

4. การตั้งชื่อเรื่องโครงงานควรคำนึงถึงสิ่งใดมากที่สุด
   - ก. ตั้งตามที่ครูเสนอแนะ
   - ข. ตั้งตามเนื้อหาที่กลุ่มสนใจศึกษา
   - ค. ตั้งตามเพื่อนในห้องเสนอแนะ
   - ง. ตั้งตามความคิดของสมาชิกในกลุ่ม

5. การแบ่งกลุ่มเลือกหัวข้อโครงงานและการเขียนเค้าโครงโครงงานสิ่งที่ประทับใจที่สุด คือข้อใด
   - ก. การเขียนโครงงานแล้วทุกคนขยันขึ้น
   - ข. การเขียนโครงงานแล้วได้ประโยชน์มากขึ้น
   - ค. การเขียนโครงงานแล้วนักเรียนฉลาดขึ้น
   - ง. ไม่มีข้อถูก

6. ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ของการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง
   - ก. ทำให้ได้ความคิดใหม่ๆ ในการทำโครงงาน
   - ข. ทำให้ประหยัดเวลา
   - ค. ทำให้โครงงานมีความน่าเชื่อถือ
   - ง. ใช้เป็นแนวทางในการทำโครงงาน

7. ข้อใดไม่ใช่ความหมายของการค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ก. การที่นักเรียนรวบรวมข้อมูลและรายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องที่จะทำโครงงาน

ข. การที่นักเรียนศึกษาข้อมูลจากแหล่งความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่สนใจ

ค. การที่นักเรียนสอบถามเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ทำโครงงานจากผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ที่เคยทำโครงงานเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ

ง. การที่นักเรียนลอกผลงานของเพื่อนมาทำโครงงาน

8. ถ้านักเรียนทำโครงงานเรื่อง การประดิษฐ์ผ้าปูที่นอนจากเศษวัสดุ นักเรียนต้องศึกษาหาความรู้ในข้อใด

ก. ความยาวของด้านและพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ข. เรื่องน้ำหนัก

ค. เรื่องปริมาตร

ง. เรื่องการออกแบบลวดลาย

9. ถ้านักเรียนทำโครงงานเรื่อง การประดิษฐ์ลวดลายกล่องของขวัญ ควรศึกษาเกี่ยวกับเรื่องใด ให้ใช้ข้อความต่อไปนี้ตอบคำถาม

1. รูปเรขาคณิต
2. การวัด
3. รูปแบบการห่อของขวัญ
4. รูปทรง
5. การประดิษฐ์กล่องของขวัญ

ข้อใดเป็นข้อมูลของเรื่องที่จะทำโครงงาน

ก. ข้อ 1 และ ข้อ 2

ข. ข้อ 1 , 3 , 5

ค. ข้อ 1 , 2 , 3 , 4

ง. ข้อ 1 , 2 , 3 , 4 , 5

10. ข้อใดต่อไปนี้เป็นแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

ก. การอ่านหนังสือ

ข. การสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ รอบ ๆ ตัว

ค. งานอดิเรกของนักเรียน

ง. ถูกทุกข้อ

หมายเหตุ แบบทดสอบเรื่องนี้ ปรับปรุงมากจาก ชุดการสอนโครงงานคณิตศาสตร์ ของ วิษารินทร์ หมื่นรัตน์

**เฉลย** 1. ค 2. ง 3. ข 4. ข 5. ข 6.ข 7.ง 8. ก 9. ง 10. ง

**ใบความรู้ที่ 2**

**เรื่องการเลือกหัวข้อและปัญหาที่จะศึกษาเกี่ยวกับโครงงาน**

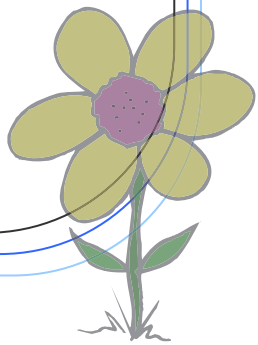
**แหล่งข้อมูลหรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง**

**แหล่งข้อมูล**

เพื่อให้นักเรียนได้ค้นพบสิ่งที่ตนเองสนใจได้อย่างกว้างขวาง และนอกเหนือจากการเรียนในชั้นเรียน และการอ่านหนังสือแบบเรียนแล้ว นักเรียนควรจะได้ศึกษาหาความรู้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มเติมอีกดังต่อไปนี้

1. การอ่านหนังสือต่าง ๆ เช่น ตำราหนังสือพิมพ์ วารสาร เป็นต้น
2. การไปเยี่ยมชมสถานที่ต่าง ๆ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม หน่วยงานวิจัย ห้องปฏิบัติการคณิตศาสตร์ เป็นต้น
3. การฟังบรรยายทางวิชาการ การฟังและชมรายการวิทยุ โทรทัศน์
4. จากกิจกรรมการเรียนการสอนในโรงเรียน
5. งานอดิเรกของนักเรียนเอง
6. การเข้าชมนิทรรศการ หรืองานประกวดโครงงานคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี
7. การศึกษาโครงงานคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีผู้อื่นทำไว้แล้ว
8. การสนทนากับครูอาจารย์ เพื่อน ๆ หรือบุคคลอื่น ๆ
9. การสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ รอบ ๆ ตัว
10. จากคอมพิวเตอร์

และสิ่งที่สำคัญที่ควรจดบันทึกทุกครั้งเมื่อได้ข้อมูลที่ต้องการแล้ว คือ ที่มาของข้อมูล อันประกอบด้วย ชื่อเรื่อง ชื่อผู้เขียนหรือชื่อผู้แต่ง ชื่อหนังสือ วัน เดือน ปีที่พิมพ์ และสำนักพิมพ์



**การคิดจะเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา**

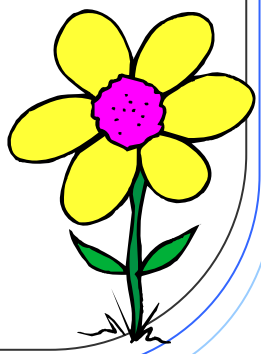
การคิดหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา เป็นขั้นตอนแรกของการทำโครงงาน ดังนั้นจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดและยากที่สุด

โดยทั่วไป หัวเรื่องของโครงงานมักจะได้มาจากปัญหา คำถามหรือความอยากรู้ อยากเห็นเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ ของนักเรียนเอง เพราะฉะนั้นหัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษาควรให้นักเรียนเป็นผู้คิดและเลือกด้วยตัวเอง โดยที่หัวข้อของโครงงานควรมีความเฉพาะเจาะจง และชัดเจนมุ่งชัดว่า จะศึกษาสิ่งใด หรือตัวแปรใด และควรเป็นเรื่องที่แปลกใหม่ ซึ่งแสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ด้วย นอกจากนั้นหาคำนึงถึงเรื่องที่เป็นประโยชน์ ก็จะทำให้โครงงานนั้นมีคุณค่ายิ่งขึ้น

**แนวความคิดในการเลือกหัวข้อเรื่องเพื่อทำโครงงานอาจได้มาจาก**

1. จากการอ่านหนังสือต่าง ๆ เช่น ตำรา หนังสือพิมพ์ วารสารฯ
2. จากการไปเยี่ยมชมสถานศึกษาต่าง ๆ เช่น วนอุทยาน สวนสัตว์ พิพิธภัณฑ์ โรงงานอุสาหกรรม หน่วยงานวิจัย ห้องปฏิบัติการ ฯลฯ
3. จากการฟังบรรยายทางวิชาการ การฟังและชมรายการทางวิทยุ และ โทรทัศน์
4. จากกิจกรรมการเรียนการสอนในโรงเรียน
5. จากงานอดิเรกของนักเรียนเอง
6. จากการเข้าชมนิทรรศการ หรือ งานประกวดโครงงานคณิตศาสตร์ที่จัดในปีที่ผ่านมา
7. จากการศึกษาโครงงานคณิตศาสตร์ที่ผู้อื่นทำไว้แล้ว
8. จากการสนทนากับครูอาจารย์
9. จากการสังเกตปรากฏการณ์รอบตัว

หลังจากนักเรียนได้หัวข้อเรื่องกว้าง ๆ ที่สนใจแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ หาแหล่งข้อมูลที่นักเรียนจะสามารถศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะช่วยให้นักเรียนได้แนวความคิด ที่จะกำหนดขอบข่ายของเรื่องที่จะศึกษาค้นคว้าให้เฉพาะเจาะจงมากขึ้น และได้ความรู้ที่จะศึกษาเพิ่มเติมมากขึ้นจนสามารถออกแบบวางแผนการดำเนินการทำโครงงานนั้นได้อย่างเหมาะสม



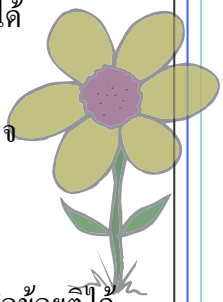
นอกจากจะทราบแหล่งที่จะทำให้ได้ปัญหาในการทำโครงงานแล้ว ผู้ทำควรทราบหลักเกณฑ์ในการเลือกหัวข้อปัญหาประกอบด้วย จึงจะทำให้ได้หัวข้อที่เป็นปัญหาที่ดีและเหมาะสม ในการทำโครงงาน

**การพิจารณาปัญหาที่จะศึกษา** อาศัยเกณฑ์การพิจารณาดังต่อไปนี้

1. เลือกปัญหาโดยคำนึงถึงความสนใจของตนเองเป็นที่ตั้ง เพราะความสนใจเป็นแรงจูงใจให้ผู้ทำทำโครงงานได้สำเร็จ
2. เลือกปัญหาที่ตรงกับความสามารถและระดับความรู้ของตนเอง กล่าวคือ ควรจะเลือกปัญหาที่ตนเองมีพื้นฐานความรู้ เพราะการมีพื้นฐานความรู้ จะทำให้มีแนวทางที่จะเสาะแสวงหาความรู้เพิ่มเติม เพื่อให้การทำโครงงานนั้นสำเร็จลุล่วงได้อย่างดีและรวดเร็วยิ่งขึ้น
3. เลือกปัญหาที่มีคุณค่าและเป็นปัญหาใหม่ ๆ เพื่อผลการทำโครงงานที่ได้จะเป็นการเพิ่มพูนความรู้ใหม่ ๆ อันจะนำไปเสริมสร้างทฤษฎี อีกทั้งนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางปฏิบัติได้
4. เลือกปัญหาโดยคำนึงถึงความเหมาะสมในเรื่องของเวลา งบประมาณ และกำลังแรงงานของตน ผู้ทำโครงงานจะต้องวิเคราะห์สถานะของตนว่า ควรทำโครงงานที่มีขนาดใหญ่สักแค่ไหน จึงจะเหมาะสม เพราะการทำโครงงานเป็นงานที่ต้องใช้เวลา เงินทอง และแรงงาน
5. เลือกปัญหาโดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการทำโครงงานอันได้แก่
   5.1 ปัญหานั้น จะได้รับความร่วมมือจากผู้เกี่ยวข้องมาก — น้อยแค่ไหน
   5.2 ปัญหานั้น มีแหล่งความรู้หรือเอกสารเพียงพอที่จะค้นคว้าหรือไม่

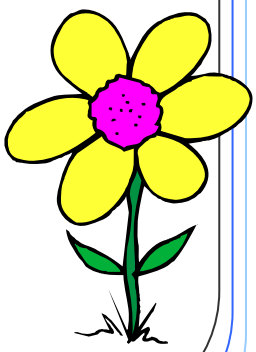
**ลักษณะของปัญหาที่ดี**

1. เป็นเรื่องที่มีความสำคัญ มีประโยชน์ คือ ทำให้เกิดความรู้ใหม่ ๆ และนำไปใช้ปรับปรุงแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้ พร้อมทั้งเป็นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์อีกด้วย
2. เป็นปัญหาที่สามารถวางแผนดำเนินงานตามขั้นต้อนต่าง ๆ ไว้ล่วงหน้าได้และเห็นลู่ทางที่จะทำให้สำเร็จ
3. เป็นปัญหาที่ไม่เกินกำลังความสามารถของผู้ทำโครงงานที่จะทำให้สำเร็จแม้จะมีอุปสรรคบางอย่างก็สามารถแก้ไขได้
4. เป็นปัญหาที่สามารถหาคำตอบได้โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์
5. เป็นปัญหาที่สามารถหาข้อมูลมาตรวจสอบสมมติฐานเพื่อหาข้อสรุปหรือข้อยุติได้
6. เป็นปัญหาที่สามารถหาเครื่องมือหรือสร้างเครื่องมือที่คุณภาพเพื่อรวบรวมข้อมูลได้



**ข้อควรระวังในการเลือกหัวข้อปัญหา**

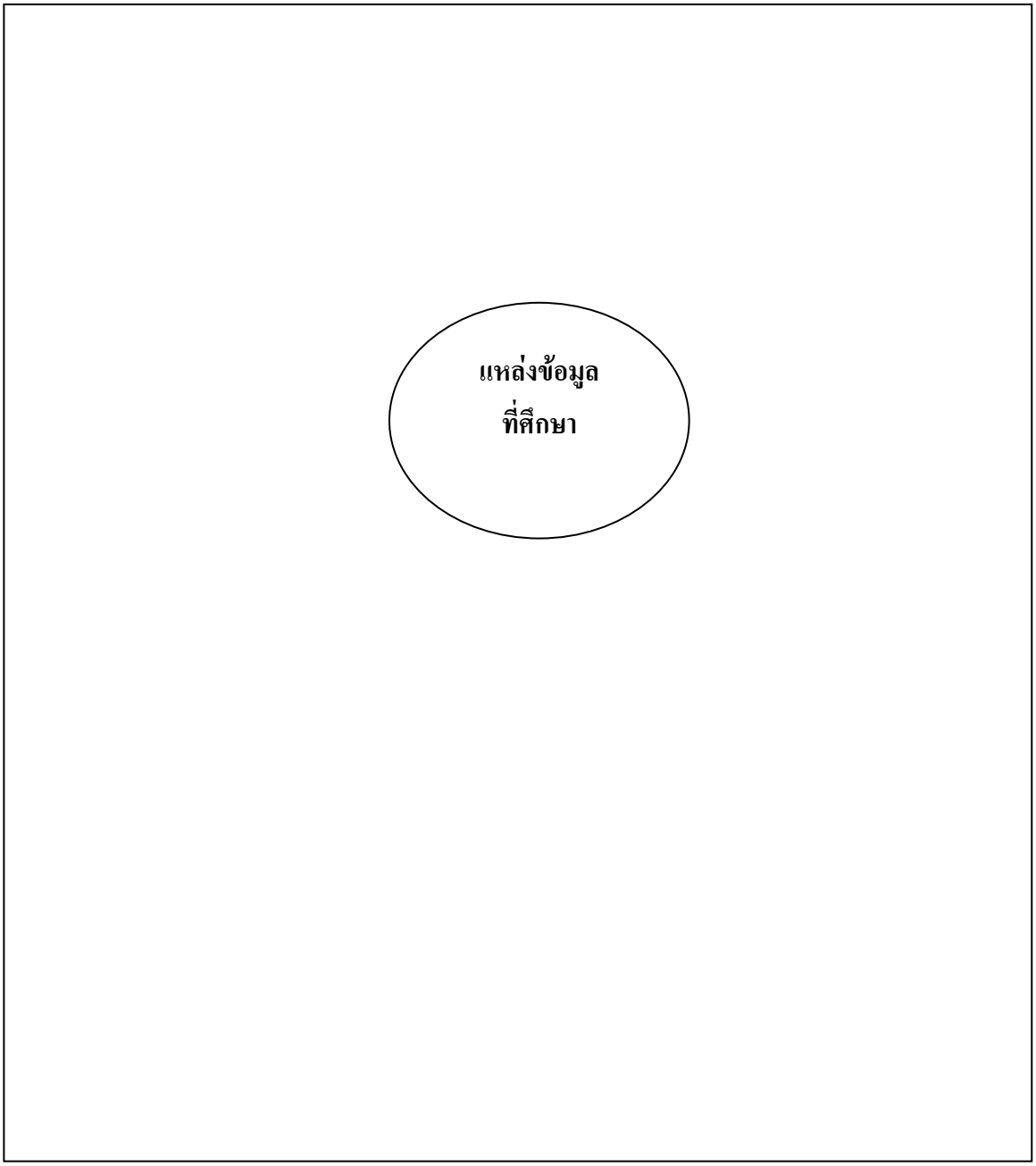
1. อย่าเลือกปัญหาที่ใหญ่โตเกินไป หรือปัญหาที่กว้างไม่มีขอบเขต ซึ่งผู้ทำโครงงานอาจทำไม่สำเร็จภายในเวลาอันจำกัด
2. อย่าเลือกปัญหาที่หาข้อยุติไม่ได้
3. อย่าเลือกปัญหาที่ไม่สามารถหาข้อมูลมาทดสอบได้
4. อย่าเลือกปัญหาที่ไม่มีสาระสำคัญ



**ใบงานที่ 2**

**เรื่องการเลือกหัวข้อและปัญหาที่จะศึกษาเกี่ยวกับโครงงาน**

**คำชี้แจง** ตอนที่ 1 ให้นักเรียนเติมแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาของการทำโครงงาน



**คำชี้แจง** ตอนที่ 2 ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูก และเขียนเครื่องหมาย ✕ หน้าข้อความที่ผิด

..... 1. หัวข้อเรื่องของโครงงานมักจะได้มาจากปัญหา คำถาม หรือความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ

..... 2. หัวหน้ากลุ่มเป็นผู้คิดและเลือกหัวข้อเรื่องโครงงานด้วยตนเอง

..... 3. ขั้นตอนคิดหาหัวข้อในการทำโครงงาน ถือเป็นขั้นตอนที่ยากที่สุด

..... 4. การคิดหัวข้อโครงงานจะต้องเหมาะสมกับนักเรียนทั้งในด้านความรู้และบริบทอื่น ๆ

..... 5. ปัญหาที่คิดทำโครงงานมาจากปัญหาและประสบการณ์ภายในห้องเรียนเท่านั้น

..... 6. การเลือกโครงงานจะต้องเลือกตามความสามารถ ความถนัด ความสนใจ และความต้องการของครูที่ปรึกษาโครงงาน

..... 7. การเลือกโครงงานต้องคำนึงถึงความเหมาะสมเรื่อง เวลา งบประมาณ และกำลังแรงงานด้วย

..... 8. ควรเลือกโครงงานที่มีคุณค่า และเป็นปัญหาใหม่ ๆ และสามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติได้

..... 9. ครูที่ปรึกษาโครงงานเป็นผู้คิดชื่อโครงงานของนักเรียน

..... 10. การตั้งชื่อโครงงานไม่ควรตั้งชื่อกว้างเกินไป หรือแคบจนเกินไป

..... 11. ชื่อของโครงงานควรเฉพาะเจาะจงและชัดเจนบ่งชัดว่าจะศึกษาสิ่งใดหรือตัวแปรใด

..... 12. ผู้ทำโครงงานทุกคนต้องมีสมุดบันทึกประจำวันไว้เป็นหลักฐาน ซึ่งควรนำไปแสดงในการแสดงโครงงาน

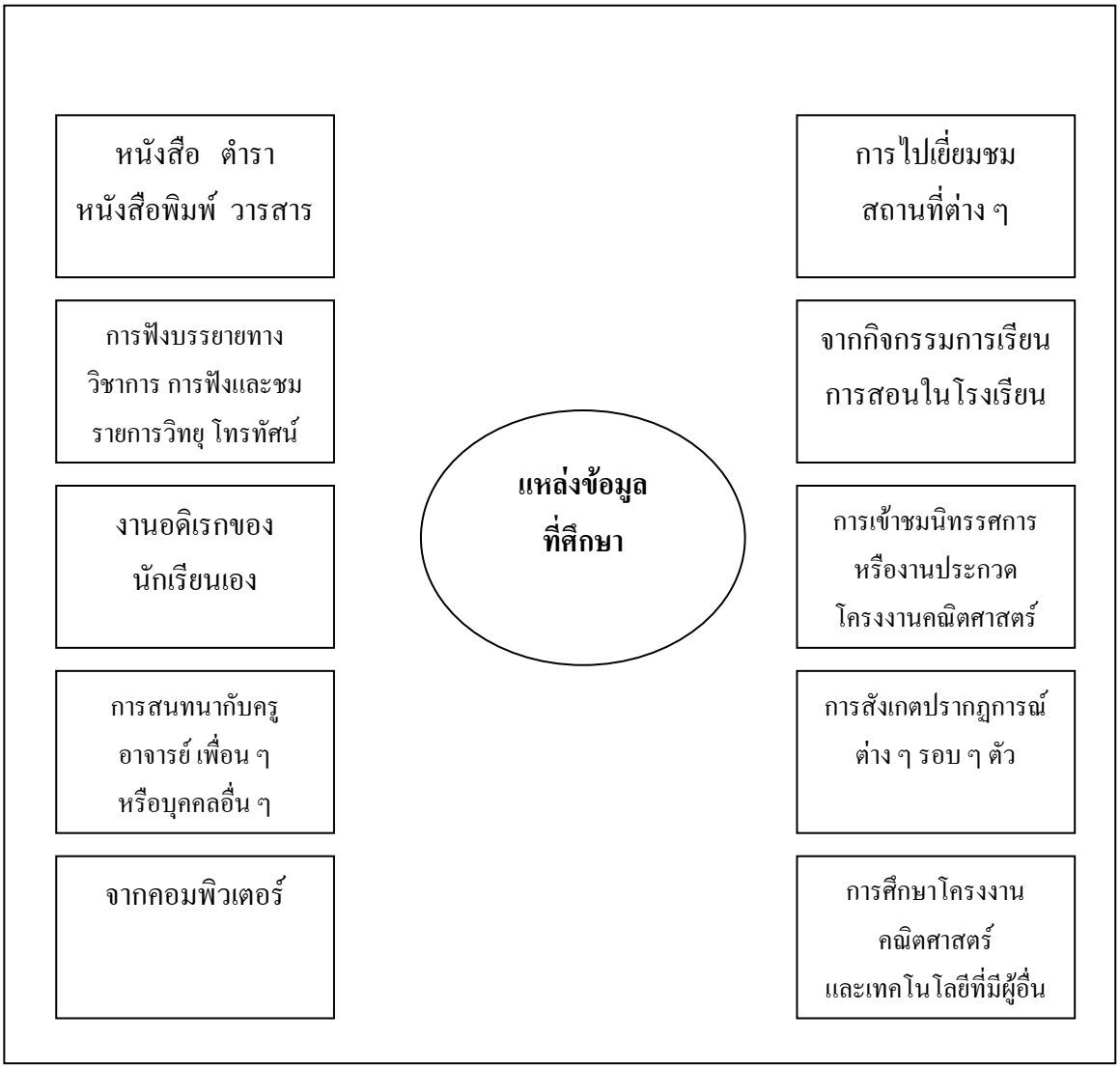
..... 13. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องนักเรียนไม่จำเป็นต้องมีความรู้ ความชำนาญในการใช้ห้องสมุดและแหล่งวิทยาการต่าง ๆ ก็สามารถทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้

..... 14. การซักถามผู้ทรงคุณวุฒิไม่ถือว่าเป็นการศึกษาจากแหล่งข้อมูล

..... 15. การศึกษาของข้อมูลในโครงงานที่ผู้อื่นทำไว้แล้วถือว่าเป็นการศึกษาจากแหล่งข้อมูล

**เฉลยกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ ใบงาน 2**
**เรื่องการเลือกหัวข้อและปัญหาที่จะศึกษาเกี่ยวกับโครงงาน**

**คำชี้แจง** ตอนที่ 1 ให้นักเรียนเติมแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาของการทำโครงงาน




**เฉลย** ตอนที่ 2 ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูก และเขียนเครื่องหมาย ✕ หน้าข้อความที่ผิด

1. ✓ 2. ✕ 3. ✓ 4. ✓ 5. ✕ 6. ✕ 7. ✓ 8. ✓ 9. ✕
10. ✓ 11. ✓ 12. ✓ 13. ✕ 14. ✕ 15. ✓

**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์** **ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**

**เรื่อง** การเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ **เวลา 1 ชั่วโมง**

---

**มาตรฐาน** ค.6.1,ค.6.2,ค.6.3,ค.6.4

**มาตรฐานการเรียนรู้** ค.6.1.2, ค.6.2.1, ค.6.3.1, ค.6.4.2

**สาระสำคัญ**

การเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ เป็นขั้นตอนสำคัญของการทำโครงงานที่จะแสดงให้ผู้เกี่ยวข้องได้เข้าใจถึงสาเหตุ วัตถุประสงค์ แนวทางหรือวิธีการในการจัดทำโครงงาน การทำเค้าโครงของโครงงานเป็นโครงร่าง เมื่อลงมือปฏิบัติจริงผู้จัดทำจะต้องมีการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมให้ลึกซึ้ง และหาข้อสนับสนุนจากผู้รู้ หรือตำราหรืองานที่เกี่ยวข้อง

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

1. สามารถบอกหลักการการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ได้
2. สามารถวางแผนและดำเนินการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ได้
3. สามารถแสดงความคิด แผนงานและขั้นตอนของการทำโครงงานก่อนที่จะลงมือจัดทำโครงงานคณิตศาสตร์ต่อไปได้อย่างถูกต้อง
4. สามารถนำเสนอเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องตามหลักเกณฑ์และขั้นตอนที่กำหนดไว้

**สาระการเรียนรู้ ( เนื้อหา )**

การเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์

**กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

1. ครูใช้การถาม – ตอบ เพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการทำโครงงานคณิตศาสตร์
2. ครูอธิบายถึงความสำคัญอย่างหนึ่งในการจัดทำโครงงานคณิตศาสตร์ให้ได้ผลสำเร็จคือการจัดทำเค้าโครงของโครงงาน ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดทำเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ก่อนที่จะลงมือปฏิบัติจริง
3. ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 3 เรื่องการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์
4. ครูอธิบายและใช้การถาม – ตอบ เกี่ยวกับขั้นตอนการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ตามใบความรู้ที่ 3
5. ครูอธิบายแบบฟอร์มในการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ เพื่อให้

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันจัดทำ

6. ครูให้แต่ละกลุ่มนำเสนอเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์

7. ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปว่าในการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ประกอบด้วย

เนื้อหาที่สำคัญอย่างไรบ้าง

**สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้**

1. ใบความรู้ เรื่อง การเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์
2. ใบงาน เรื่อง การเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์

**การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้**

| ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | วิธีการวัดและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| 1. สามารถบอกหลักการการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ได้<br>2. สามารถวางแผนและดำเนินการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ได้<br>3. สามารถแสดงความคิด แผนงานและขั้นตอนของการทำโครงงานก่อนที่จะลงมือจัดทำโครงงานคณิตศาสตร์ต่อไปได้อย่างถูกต้อง<br>4. สามารถนำเสนอเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องตามหลักเกณฑ์และขั้นตอนที่กำหนดไว้ | ตรวจใบงาน<br>การซักถาม | ใบงาน<br>คำถาม |

**บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้……

ปัญหา/อุปสรรค……

ประเด็นที่ต้องปรับปรุงแก้ไข และแนวทางการแก้ไข ……

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(……)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

เรื่อง.....

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้ผู้สอนสังเกตและบันทึก โดยใส่ 1 เมื่อนักเรียนปฏิบัติตามพฤติกรรมที่สังเกต
ใส่ 0 เมื่อนักเรียนไม่ได้ปฏิบัติตามกิจกรรมที่สังเกต ลงในช่องรายการพฤติกรรม

| ที่ | ชื่อ - สกุล | พฤติกรรมที่สังเกต | | | | | รวม | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | กระตือรือร้นในการทำงาน | แสดงความคิดเห็น | การเป็นผู้นำและผู้ตาม | การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น | การนำเสนอ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ข้อเสนอแนะ / ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

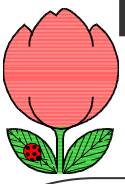
.....

.....

หมายเหตุ : กรณีที่เรียนเป็นกลุ่มใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนนี้ตามจำนวนกลุ่ม

* ปรับปรุงจาก ราตรี ทองสามศรี 2547 : 134.

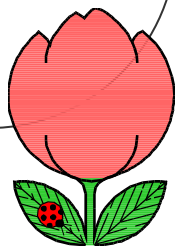
## ใบความรู้ที่ 3



**เรื่อง การเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์**

การเขียนเค้าโครงของโครงงานเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจาก เค้าโครงของโครงงานจะเป็นแนวทางสำหรับการทำโครงงานที่สมบูรณ์ ซึ่ง การเขียนเค้าโครงของโครงงาน มีส่วนประกอบดังนี้

1. ชื่อโครงงาน ควรเป็นหัวข้อที่กะทัดรัดชัดเจน สื่อความหมายตรง และมีความชัดเจนว่าจะศึกษาอะไร เพื่ออะไร
2. ชื่อผู้ทำโครงงาน หมายถึง ชื่อของนักเรียนที่ดำเนินการโครงงานในเรื่องนั้น ๆ อาจเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มก็ได้
3. ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน หมายถึง ครูที่คอยให้คำแนะนำ ชี้แนะ ช่วยเหลือในการทำโครงงานของนักเรียนตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งเสร็จสิ้น การทำโครงงาน 1 ชิ้ อาจมีที่ปรึกษามากกว่า 1 คนก็ได้
4. จุดประสงค์ของโครงงาน หมายถึง สิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดโครงงาน ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ
5. เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการดำเนินโครงงาน
6. วิธีดำเนินงาน หมายถึง กิจกรรมหรือแนวทางการดำเนินงาน ซึ่งอาจระบุเครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ สถานที่ ที่ใช้ในการจัดทำโครงงาน ควรอธิบายรายละเอียดแนวทางให้ชัดเจน
7. การนำเสนอผลงาน หมายถึง วิธีนำเสนอโครงงาน อาจนำเสนอในรูปของแบบจำลองย่อส่วนจากของจริง หรือชิ้นงาน หรือนิทรรศการ ฯลฯ
8. เอกสาร/แหล่งอ้างอิง หมายถึง ชื่อเอกสาร ข้อมูล ที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการดำเนินงาน



## ใบงานที่ 3
## การเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้นักเรียนร่วมกับสมาชิกในกลุ่มเขียนเค้าโครงของโครงงานตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ชื่อโครงงาน .....
2. ชื่อผู้ทำโครงงาน กลุ่มที่ .....

    1) .....
    2) .....
    3) .....
    4) .....
    5) .....

ระดับชั้น.....

3. ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน

    .....

4. จุดประสงค์

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

5. เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์

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

6. วิธีดำเนินงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. การนำเสนอผลงาน

.....

.....

.....

8.. เอกสาร/แหล่งอ้างอิง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์** **ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**

**เรื่อง** การดำเนินการจัดทำโครงงานและการเขียนรายงานโครงงานคณิตศาสตร์ **เวลา 2 ชั่วโมง**

---

**มาตรฐาน** ค.6.1,ค.6.2,ค.6.3,ค.6.4,ค.6.5

**มาตรฐานการเรียนรู้** ค.6.1.2, ค.6.2.1, ค.6.3.1, ค.6.4.2,ค.6.5.1

**สาระสำคัญ**

การดำเนินงานตามโครงงานคณิตศาสตร์ เป็นการนำขั้นตอนที่วางไว้ในเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ ลงไปสู่การปฏิบัติเพื่อให้การจัดทำโครงงานเกิดผลสำเร็จ

การเขียนรายงานเกี่ยวกับโครงงาน เป็นวิธีสื่อความหมายวิธีหนึ่งที่จะให้ผู้อื่นได้เข้าใจแนวคิดวิธีการดำเนินงาน ผลที่ได้ ตลอดจนข้อสรุปและข้อเสนอแนะต่าง ๆ เกี่ยวกับโครงงานนั้น การเขียนรายงานควรใช้ภาษาที่อ่านแล้วเข้าใจง่าย ชัดเจนและครอบคลุมประเด็นสำคัญๆ ทั้งหมดของโครงงาน

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

1. สามารถลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในเค้าโครงของโครงงานได้
2. สามารถปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนการจัดทำโครงงานได้
3. อธิบายหลักการเขียนรายงานโครงงานได้
4. สามารถเขียนรายงานโครงงานคณิตศาสตร์ได้

**สาระการเรียนรู้ ( เนื้อหา )**

การดำเนินการจัดทำโครงงานและการเขียนรายงานโครงงานคณิตศาสตร์

**กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

1. ครูสอบถามความก้าวหน้าของการจัดทำโครงงาน สภาพปัญหา และสิ่งที่ต้องการให้ครูช่วยเหลือ
2. ครูอธิบายสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการลงมือปฏิบัติในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปดำเนินงาน
3. ครูแจกตัวอย่างโครงงานที่ชนะการประกวดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดูเป็นตัวอย่าง เรื่อง ขั้นตอนการดำเนินงานตามโครงงานว่ามีวิธีการดำเนินการอย่างไรบ้าง
4. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันลงมือปฏิบัติกิจกรรมโครงงานตามที่ได้วางแผนไว้ โดยครูคอยกำกับดูแลและให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด
5. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายถึงความก้าวหน้าในการทำงานและสภาพปัญหา

อุปสรรคที่เกิดขึ้นขณะทำงาน

6. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปความก้าวหน้าในการทำงานว่าได้ดำเนินการไปแล้วอย่างไรบ้าง ยังไม่ได้ดำเนินการหรือสิ่งที่ยังดำเนินการแล้วยังไม่เสร็จมีอะไรบ้าง และจะมีวิธีดำเนินการแก้ปัญหาอย่างไร โดยครูคอยอำนวยความสะดวก ให้กำลังใจนักเรียน และให้ความช่วยเหลือนักเรียนได้แก้ไขอุปสรรคต่างๆ

7. ครูสอบถามผลการทำโครงงานของแต่ละกลุ่มผลการดำเนินการเป็นไปตามผลที่คาดหวังหรือไม่ และอธิบายให้นกเรียนเข้าใจว่า ความสำคัญของการจัดทำโครงงานไม่ได้ขึ้นอยู่ว่าผลการดำเนินงานเป็นไปตามผลที่คาดหวังว่าจะได้รับ สิ่งที่สำคัญคือนักเรียนได้วางแผนและได้จัดทำตามขั้นตอนที่กำหนดไว้หรือไม่อย่างไร

9. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาแบบฟอร์มการเขียนรายงานโครงงานและใช้คำถามนำเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอธิบายถึงแนวทางในการเขียนรายละเอียดของแต่ละหัวข้อ

10. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันเขียนรายละเอียดในแต่ละหัวข้อ โดยครูคอยให้คำปรึกษาแนะนำ ช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด

11. ครูให้แต่ละกลุ่มส่งร่างรายงานโครงงานคณิตศาสตร์ให้ครูตรวจสอบความถูกต้อง และความสมบูรณ์ในการใช้ภาษา

12. ครูและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องของรายงานเกี่ยวกับความสมบูรณ์ถูกต้องของการเขียนรายงานและการใช้เนื้อหาคณิตศาสตร์

**สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้**

1. ตัวอย่างโครงงานที่ชนะการประกวด
2. แบบฟอร์มการเขียนรายงานโครงงาน

**การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้**

| ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | วิธีการวัดและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| 1. สามารถลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในเค้าโครงของโครงงานได้<br>2. สามารถปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนการจัดทำโครงงานได้<br>3. อธิบายหลักการเขียนรายงานโครงงานได้<br>4. สามารถเขียนรายงานโครงงานคณิตศาสตร์ได้ | ตรวจรายงานโครงงาน<br>การสังเกต<br>การซักถาม | แบบสังเกตพฤติกรรม |

**บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

……

……

……

……

……

……

ปัญหา/อุปสรรค

……

……

……

……

ประเด็นที่ต้องปรับปรุงแก้ไข และแนวทางการแก้ไข

……

……

……

……

……

……

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(……)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

เรื่อง.....

**<u>คำชี้แจง</u>** ให้ผู้สอนสังเกตและบันทึก โดยใส่ 1 เมื่อนักเรียนปฏิบัติตามพฤติกรรมที่สังเกต ใส่ 0 เมื่อนักเรียนไม่ได้ปฏิบัติตามกิจกรรมที่สังเกต ลงในช่องรายการพฤติกรรม

| ที่ | ชื่อ - สกุล | พฤติกรรมที่สังเกต | | | | | รวม | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | กระบวนการทำงาน | แสดงความคิดเห็น | การเป็นผู้นำและผู้ตาม | การยอมรับซึ่งกันและกัน | การนำเสนอ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ข้อเสนอแนะ / ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

หมายเหตุ : กรณีที่เรียนเป็นกลุ่มใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนนี้ตามจำนวนกลุ่ม

* ปรับปรุงจาก ราตรี ทองสามศรี 2547 : 134.

**แบบฟอร์มการเขียนรายงานโครงงาน**

1. ชื่อโครงงาน.....
2. ชื่อผู้ทำโครงงาน
3. ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน.....
4. บทคัดย่อ.....
5. กิตติกรรมประกาศ.....
6. ที่มาและความสำคัญของโครงงาน.....
7. วัตถุประสงค์.....
8. วิธีการดำเนินการ.....
9. ผลการศึกษา …….....
10. สรุปและข้อเสนอแนะ …….
11. เอกสาร/แหล่งอ้างอิง ……..

**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์** **ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**

**เรื่อง** การนำเสนอผลงานและการประเมินผลโครงงาน **เวลา 2 ชั่วโมง**

---

**มาตรฐาน** ค.6.1,ค.6.2,ค.6.3,ค.6.4

**มาตรฐานการเรียนรู้** ค.6.1.2, ค.6.2.1, ค.6.3.1, ค.6.4.2

**สาระสำคัญ**

การนำเสนอผลงานเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำโครงงานเป็นวิธีการที่จะทำให้ผู้อื่นได้รับรู้และเข้าใจถึงผลงานนั้น การนำเสนอผลงานอาจทำได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับประเภทของโครงงาน เนื้อหา เวลา ระดับของผู้เรียน การประเมินผลโครงงานเป็นกิจกรรมหนึ่งในการนำเสนอผลงานซึ่งการประเมินเป็นการสะท้อนความสำเร็จของการจัดทำโครงงานว่าโครงงานที่จัดทำบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

1. สามารถอธิบายถึงหลักการและวิธีการทำโครงงานได้อย่างชัดเจน
2. สามารถอธิบายผลการศึกษาที่ได้จากการจัดทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้
3. สามารถบอกข้อบกพร่องหรืออุปสรรคในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ที่จัดทำพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะได้
4. นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ อยู่ในเกณฑ์ดี

**สาระการเรียนรู้ ( เนื้อหา )**

การนำเสนอผลงานและการประเมินผลโครงงาน

**กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

1. ครูชี้แจงการนำเสนอโครงงานโดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทราบเกณฑ์การประเมินโครงงานคณิตศาสตร์
2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเตรียมความพร้อมในการนำเสนอโดยให้ตัวแทนกลุ่มมาจับสลากเพื่อเรียงลำดับในการนำเสนอ
4. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอโครงงานคณิตศาสตร์ที่จัดทำพร้อมทั้งส่งโครงงานฉบับสมบูรณ์ให้ครูตรวจสอบและประเมินผล
5. ครูและนักเรียน(กลุ่มที่ยังไม่นำเสนอ)ร่วมกันซักถามและประเมินผลตามแบบประเมินผลโครงงานคณิตศาสตร์ที่แจกให้
6. ครูซักถามและชี้แนะเพิ่มเติมหลังจากที่นำเสนอเสร็จแล้วในแต่ละกลุ่ม

**สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้**

1. แบบประเมินทักษะกระบวนทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน
2. การนำเสนอโครงงานของนักเรียน

**การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้**

| ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง | วิธีการวัดและประเมินผล | เครื่องมือการวัดผลและประเมินผล |
|---|---|---|
| 1. สามารถอธิบายถึงหลักการและวิธีการทำโครงงานได้อย่างชัดเจน | การซักถาม<br>ตรวจโครงงาน | คำถาม |
| 2. สามารถอธิบายผลการศึกษาที่ได้จากการจัดทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้ | | |
| 3. สามารถบอกข้อบกพร่องหรืออุปสรรคในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ที่จัดทำพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะได้ | | |
| 4. นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ อยู่ในเกณฑ์ดี | ตรวจรายงานโครงงานและการนำเสนอ | แบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน |

**บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

……

ปัญหา/อุปสรรค

……

ประเด็นที่ต้องปรับปรุงแก้ไข และแนวทางการแก้ไข

……

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(……)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงาน

ชื่อโครงงาน .....

ชื่อผู้จัดทำ 1. ..... ชั้นประถมศึกษาปีที่ ..... เลขที่ .....
2. ..... ชั้นประถมศึกษาปีที่ ..... เลขที่ .....
3. ..... ชั้นประถมศึกษาปีที่ ..... เลขที่ .....
4. ..... ชั้นประถมศึกษาปีที่ ..... เลขที่ .....
5. ..... ชั้นประถมศึกษาปีที่ ..... เลขที่ .....

ชื่อผู้ประเมิน .....

วัน เดือน ปี ที่ประเมิน .....

| ที่ | รายการประเมิน ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | ระดับคะแนน | | | | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **4** สูงมาก | **3** สูง | **2** ปานกลาง | **1** ต่ำ | |
| 1. | การแก้ปัญหา | | | | | |
| 2. | การให้เหตุผล | | | | | |
| 3. | การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ | | | | | |
| 4. | การเชื่อมโยง | | | | | |
| 5. | ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | | | | | |
| รวม | | | | | | |
| ค่าเฉลี่ย / ระดับคุณภาพ | | | | | | |

ความคิดเห็น / ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ตารางแสดงเกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงานคณิตศาสตร์

| ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | ระดับคะแนน/ แนวทางการให้คะแนน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 คะแนน (สูงมาก) | 3 คะแนน (สูง) | 2 คะแนน (ปานกลาง) | 1 คะแนน (ต่ำ) |
| การแก้ปัญหา | มีการศึกษาปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะทำโครงงานอย่างชัดเจน มีการวางแผนอย่างเป็นระบบ ดำเนินการตามแผนการที่วางไว้ครบทุกขั้นตอน สามารถประเมินและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม | มีการศึกษาปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะทำโครงงาน มีการวางแผนอย่างเป็นระบบ แต่ไม่ดำเนินการตามแผนการที่วางไว้ สามารถประเมินและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้เหมาะสม | มีการศึกษาปัญหาแต่ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะทำโครงงานยังไม่ชัดเจน การวางแผนการทำงานยังไม่เป็นระบบ ทำให้การทำงานไม่เป็นไปตามขั้นตอนที่ถูกต้อง สามารถประเมินและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้แต่ยังไม่เหมาะสมเท่าที่ควร | มีการศึกษาปัญหาแต่ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาหรือเรื่องที่สนใจจะทำโครงงานยังไม่ชัดเจน ไม่มีการวางแผนการทำงานตลอดจนไม่สามารถประเมินและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงโครงงานคณิตศาสตร์ได้ |
| การให้เหตุผล | มีการอ้างอิง เสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล | มีการอ้างอิงที่ถูกต้องบางส่วนและเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ | เสนอแนวคิดไม่สมเหตุสมผลในการประกอบการตัดสินใจ | มีความพยายามเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ |

ตารางแสดงเกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงานคณิตศาสตร์

| ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | ระดับคะแนน/ แนวทางการให้คะแนน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 คะแนน (สูงมาก) | 3 คะแนน (สูง) | 2 คะแนน (ปานกลาง) | 1 คะแนน (ต่ำ) |
| การสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ | ใช้ภาษาพูดและเขียนเพื่อแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนให้ผู้อื่นเข้าใจได้ชัดเจน การเขียนรายงานตรงตามแบบฟอร์มการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ ถูกต้องและสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน มีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอนได้ถูกต้องเป็น ระบบกระชับ ชัดเจน และมีรายละเอียดสมบูรณ์ | ใช้ภาษาพูดและเขียนในการนำเสนอแนวคิดได้อย่างคร่าวๆ ไม่ชัดเจนบางส่วนแต่ครอบคลุมสาระสำคัญ การเขียนรายงานตรงตามแบบฟอร์มการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ ถูกต้อง มีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอนได้ถูกต้องแต่ขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์ | ใช้ภาษาพูดและเขียนในการนำเสนอแนวคิดได้ไม่ชัดเจนในบางส่วนและครอบคลุมสาระสำคัญเพียงบางส่วน การเขียนรายงานตรงตามแบบฟอร์มการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ แต่ไม่ครบถ้วน มีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์พยายามนำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูลประกอบชัดเจนบางส่วน | ใช้ภาษาพูดและเขียนในการนำเสนอแนวคิดได้เพียงเล็กน้อย การเขียนรายงานไม่ตรงตามแบบ ฟอร์มการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ มีการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายๆ ไม่ได้ใช้กราฟ แผนภูมิหรือตารางเลย การนำเสนอข้อมูลไม่ชัดเจน |

ตารางแสดงเกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากโครงงานคณิตศาสตร์

| ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ | ระดับคะแนน/ แนวทางการให้คะแนน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 คะแนน (สูงมาก) | 3 คะแนน (สูง) | 2 คะแนน (ปานกลาง) | 1 คะแนน (ต่ำ) |
| การเชื่อมโยง | นำความคิดรวบยอด หลักการและวิธีทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุป ของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจทำโครงงานคณิตศาสตร์ ได้อย่างชัดเจนทุกขั้นตอนและนำไปสู่ข้อสรุปที่ถูกต้อง | นำความคิดรวบยอด หลักการและวิธีทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุป ของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจทำโครงงานคณิตศาสตร์ และนำไปสู่ข้อสรุปที่ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน | นำความคิดรวบยอด หลักการและวิธีทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุป ของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจทำโครงงานคณิตศาสตร์ และนำไปสู่ข้อสรุป แต่ข้อสรุปยังไม่ถูกต้อง | นำความคิดรวบยอด หลักการและวิธีทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุป ของปัญหาหรือเรื่องที่สนใจทำโครงงานคณิตศาสตร์ ได้บ้างแต่ยังไม่ได้หาข้อสรุป |
| ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | มีแนวคิด/ วิธีการแปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์ | มีแนวคิด/ วิธีการแปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้แต่นำไปปฏิบัติแล้วไม่ถูกต้องสมบูรณ์ | มีแนวคิด/วิธีการไม่แปลกใหม่แต่นำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์ | มีแนวคิด/วิธีการไม่แปลกใหม่และนำไปปฏิบัติแล้วยังไม่สมบูรณ์ |

เกณฑ์สรุปการประเมินระดับคุณภาพโครงงานคณิตศาสตร์

| ค่าเฉลี่ย | 1.00 - 1.49 | 1.50 – 2.49 | 2.50- 3.49 | 3.50 – 4.00 |
|---|---|---|---|---|
| ระดับคุณภาพ | ต่ำ | ปานกลาง | สูง | สูงมาก |

# ประวัติผู้วิจัย

| | |
|---|---|
| ชื่อ-สกุล | นางสาววรรณ์วิไล หงษ์ทอง |
| ที่อยู่ | 47/2 หมู่ 1 ต. บางพระ อ.นครชัยศรี |
| | จังหวัดนครปฐม 73120 |

ประวัติการศึกษา

| | |
|---|---|
| พ.ศ. 2545 | สำเร็จปริญญาศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาหลักสูตรและวิธีสอน |
| | วิชาเอกการประถมศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร |
| พ.ศ. 2547 | ศึกษาต่อหลักสูตรระดับปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต |
| | สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ มหาวิทยาลัยศิลปากร |

ประวัติการทำงาน

| | |
|---|---|
| พ.ศ. 2545-2548 | ครูโรงเรียนสกลวิทยา อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม |
| พ.ศ. 2548 – ปัจจุบัน | ครู คศ. 1 โรงเรียนคลองต้นไทร(สุขล้อมอุทิศ) |
| | สำนักงานเขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร |