การศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

A STUDY OF MATHEMATICAL CONNECTION ABILITY ON CONIC SECTION FOR MATHAYOMSUKSA V STUDENTS VIA STEM EDUCATION ACTIVITIES

ชวิศ เชื้อธวัช

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2563

การศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ชวิศ เชื้อธวัช

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

A STUDY OF MATHEMATICAL CONNECTION ABILITY ON CONIC SECTION FOR MATHAYOMSUKSA V STUDENTS VIA STEM EDUCATION ACTIVITIES

CHAVIT CHUETAWAT

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of MASTER OF EDUCATION

(Mathematics)

Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2020

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ของ

ชวิศ เชื้อธวัช

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญานิน กองทิพย์)

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์รัศมิ์ เฟื่องฟู)

..... ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศุทธวรรณ ศรีภิรมย์ สิรินิลกุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญ เพียซ้าย)

ชื่อเรื่อง	การศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
ผู้วิจัย	ชวิศ เชื้อธวัช
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2563
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ญานิน กองทิพย์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิศุทธวรรณ ศรีภิรมย์ สิรินิลกุล

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายคือ เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบดินทรเดชา(สิงห์ สิงหเสนี) จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 45 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบสมมติฐานโดยการทดสอบ Z (Z-test for Population Proportion) และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา และ 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 3) แบบสังเกตพฤติกรรมวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และ 4) แบบสัมภาษณ์วัดการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ 2) นักเรียนหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย เพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา, ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์, ภาคตัดกรวย

Title	A STUDY OF MATHEMATICAL CONNECTION ABILITY ON CONIC SECTION FOR MATHAYOMSUKSA V STUDENTS VIA STEM EDUCATION ACTIVITIES
Author	CHAVIT CHUETAWAT
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2020
Thesis Advisor	Yanin Kongthip
Co Advisor	Pisuttawan Sripirom Sirininlakul

The purpose of this study is as follow: to study the mathematical connection ability on conic section of Mathayomsuksa Five students after being taught through the STEM education activities. The participants selected by a method of cluster random sampling included 45 Mathayomsuksa Five students at the Bodindecha(Sing Singhaseni) school in Bangkok. The tools used in this study included mean, standard deviation (S.D.), and a Z-test for population proportion were employed in analyzing data. The research instruments of this study were: (1) lesson plans that allowed students to learn the topic via STEM education activities, (2) the mathematical connection ability test, (3) the mathematical connection ability behavior observation form, and (4) the mathematical connection ability interview form. Quantitative and Qualitative methodology was employed in collecting and analyzing data. The study results revealed the following: (1) over 60% of the participants had mathematical connection ability on conic section scores after taught by the the STEM education activities that satisfied the criteria at a significant level of .01; (2) the students improved in term of the mathematical connection ability on conic section after studying via the STEM education activities.

Keyword : STEM Education Mathematical Connection Ability Conic Section

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยดีเป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก อาจารย์ ผศ.ดร.ญานิน กองทิพย์ และ อาจารย์ ผศ.ดร.พิศุทธวรรณ ศรีภิรมย์ สิรินิลกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำอย่างดียิ่งและเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัย ตลอดจนเสียสละเวลาในการตรวจทานอย่างละเอียดจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.พงศ์รัศมิ์ เฟื่องฟู ที่ให้ความกรุณาเป็นประธานคณะกรรมการสอบปากเปล่า และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ผศ.ดร.ขวัญ เพียซ้าย ที่ให้ความกรุณาเป็นคณะกรรมการสอบปากเปล่า

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ผศ.ดร. สุกัญญา หะยีสาและ อาจารย์ ผศ.ดร.สิริ สิรินิลกุล และอาจารย์บพิตร อิสระ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจแก้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย อีกทั้งให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัย ส่งผลให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการและคณะอาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย และขอบคุณนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอบกราบขอบพระคุณโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนเงินทุนสำหรับการศึกษาและวิจัย จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอบคุณเพื่อน ๆ หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิตสาขาวิชาคณิตศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อน ๆ กลุ่ม Smart Kid (สควค.รุ่นที่ 5 มศว) ที่เป็นเพื่อนที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดระยะเวลาการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์จากการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา และครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทความรู้ทั้งปวงแก่ผู้วิจัย

ชวิศ เชื้อธวัช

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย 4

ความสำคัญของการวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 4

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย 4

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 4

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย 5

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย 5

ตัวแปรที่ศึกษา 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

กรอบแนวคิดการวิจัย 8

สมมติฐานการวิจัย 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

1. สะเต็มศึกษา 10

1.1 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา 10
1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา 13
1.3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 15
1.4 ระดับการบูรณาการการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 19
1.5 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 20
1.6 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 26
1.7 ประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 28
2. ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 30
2.1 ความหมายของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาตร์ 30
2.2 ความสำคัญของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 32
2.3 ลักษณะของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาตร์ 33
2.4 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 35
2.5 การประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 37
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 40
3.1 งานวิจัยภายในประเทศ 40
3.2 งานวิจัยต่างประเทศ 43
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 46
การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง 46
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย 46
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 46
การกำหนดกรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาตามขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน 47
การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 50

การเก็บรวบรวมข้อมูล 57
การวิเคราะห์ข้อมูล 60
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 60
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 61
การศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย 61
1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ 61
1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 61
1.2 การทดสอบสมมติฐานของการวิจัย 63
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ 64
2.1 ใบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของนักเรียน 64
2.2 พฤติกรรมการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 101
2.3 การสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 103
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 110
ความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีดำเนินวิจัยโดยสังเขป 110
ความมุ่งหมายของการวิจัย 110
สมมติฐานของการวิจัย 110
วิธีดำเนินการวิจัย 110
1. การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง 110
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย 110
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 110
2. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 110
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล 111
แบบแผนการวิจัย 111

การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล 111
4. การวิเคราะห์ข้อมูล 112
สรุป และอภิปรายผลการวิจัย 112
ผลการศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย 113
ข้อเสนอแนะ 116
บรรณานุกรม 117
ภาคผนวก 125
ประวัติผู้เขียน 175

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 51

ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบ หัวข้อ 2.1.1 52

ตาราง 3 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบ หัวข้อ 2.1.2 52

ตาราง 4 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบ หัวข้อ 2.2.1 53

ตาราง 5 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบ หัวข้อ 2.2.2 53

ตาราง 6 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบ หัวข้อ 2.3 54

ตาราง 7 แบบแผนการวิจัย One – Group Posttest-Only Design 57

ตาราง 8 สรุปการดำเนินการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 59

ตาราง 9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนที่ได้จากใบกิจกรรมรายบุคคล และคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 62

ตาราง 10 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของแต่ละองค์ประกอบ 63

ตาราง 11 ผลการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย 64

ตาราง 12 แสดงความถี่ของพฤติกรรมแต่ละพฤติกรรมที่ต้องการสังเกตและการแปลความ 102

ตาราง 13 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 128

ตาราง 14 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 130

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย 8
ภาพประกอบ 2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน 21
ภาพประกอบ 3 แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน 22
ภาพประกอบ 4 แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 8 ขั้นตอน 25
ภาพประกอบ 5 กรอบแนวคิดของของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาตามขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน 49
ภาพประกอบ 6 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม The Moon 66
ภาพประกอบ 7 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Lithotripsy 67
ภาพประกอบ 8 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม The Moon กลุ่มตัวอย่าง 68
ภาพประกอบ 9 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Lithotripsy กลุ่มตัวอย่าง 69
ภาพประกอบ 10 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง 70
ภาพประกอบ 11 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Comet 71
ภาพประกอบ 12 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรมเครื่องยิงปิงปอง กลุ่มตัวอย่าง 72
ภาพประกอบ 13 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Comet กลุ่มตัวอย่าง 73
ภาพประกอบ 14 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone 74
ภาพประกอบ 15 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Loran 75
ภาพประกอบ 16 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ A . 76
ภาพประกอบ 17 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ B . 77
ภาพประกอบ 18 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ C . 78
ภาพประกอบ 19 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ D . 79

ภาพประกอบ 20 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Loran ของ A..... 80
ภาพประกอบ 21 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Loran ของ B..... 81
ภาพประกอบ 22 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Loran ของ C..... 82
ภาพประกอบ 23 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Loran ของ D..... 83
ภาพประกอบ 24 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม The Moon..... 84
ภาพประกอบ 25 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม The Moon 84
ภาพประกอบ 26 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม Lithotripsy 85
ภาพประกอบ 27 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม Lithotripsy 85
ภาพประกอบ 28 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม The Moon กลุ่มเป้าหมาย..... 86
ภาพประกอบ 29 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม The Moon กลุ่มเป้าหมาย..... 86
ภาพประกอบ 30 ระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม Lithotripsy กลุ่มเป้าหมาย..... 87
ภาพประกอบ 31 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม Lithotripsy กลุ่มเป้าหมาย..... 87
ภาพประกอบ 32 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง 88
ภาพประกอบ 33 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง 88
ภาพประกอบ 34 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม Comet 88
ภาพประกอบ 35 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม Comet... 89

ภาพประกอบ 36 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง กลุ่มเป้าหมาย 89

ภาพประกอบ 37 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง กลุ่มเป้าหมาย 90

ภาพประกอบ 38 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม Comet กลุ่มเป้าหมาย 90

ภาพประกอบ 39 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม Comet กลุ่มเป้าหมาย 90

ภาพประกอบ 40 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม A Lost Cell Phone 91

ภาพประกอบ 41 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone 91

ภาพประกอบ 42 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม Loran 92

ภาพประกอบ 43 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม Loran 92

ภาพประกอบ 44 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ A 93

ภาพประกอบ 45 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ A 93

ภาพประกอบ 46 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ B 93

ภาพประกอบ 47 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ B 94

ภาพประกอบ 48 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ C 94

ภาพประกอบ 49 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ C 94

ภาพประกอบ 50 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ D 95

ภาพประกอบ 51 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ D 95

ภาพประกอบ 52 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม The Moon 96

ภาพประกอบ 53 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Lithotripsy 96

ภาพประกอบ 54 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง 96

ภาพประกอบ 55 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Comet 96

ภาพประกอบ 56 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม The Moon กลุ่มเป้าหมาย 97

ภาพประกอบ 57 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Lithotripsy กลุ่มเป้าหมาย 97

ภาพประกอบ 58 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง กลุ่มเป้าหมาย 97

ภาพประกอบ 59 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Comet กลุ่มเป้าหมาย 98

ภาพประกอบ 60 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม A Lost Cell Phone 98

ภาพประกอบ 61 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Loran 98

ภาพประกอบ 62 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ A 99

ภาพประกอบ 63 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ B 99

ภาพประกอบ 64 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ C 99

ภาพประกอบ 65 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ D 100

ภาพประกอบ 66 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Loran ของ A 100

ภาพประกอบ 67 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Loran ของ B..... 100
ภาพประกอบ 68 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Loran ของ C..... 100
ภาพประกอบ 69 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Loran ของ D..... 101

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

ผลการประเมินความสามารถของนักเรียนในการประยุกต์ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์กับโลกในชีวิตในปี ค.ศ. 2018 จริงจากโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมนานาชาติหรือ PISA (Program for International Student Assessment) ซึ่งเป็นโครงการขององค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Cooperation and Development หรือ OECD) เน้นการประเมินความสามารถของนักเรียนเกี่ยวกับ การนำความรู้เนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแสดงการคิดเพื่อประเมินผลลัพธ์มาตอบปัญหาในชีวิตจริง (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษาสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2563, ออนไลน์) พบว่าคะแนนเฉลี่ยทักษะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยได้ 419 คะแนน จากคะแนนเฉลี่ย 489 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนในประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยทักษะทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มประเทศในเอเชียที่เข้าร่วมการประเมินและมีแนวโน้มลดลง (สุชาดา ปัทมวิภาต, 2557, น.35-39) จากผลคะแนนดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไทยยังขาดความพร้อมสำหรับการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ครูผู้สอนจำเป็นจะต้องพัฒนานักเรียนเกี่ยวกับความสามารถในการนำความรู้คณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงเพื่อให้เห็นถึงความสัมพันธ์กับชีวิตจริงให้ดียิ่งขึ้น (สุนีย์ คล้ายนิล, 2558, น.168)

สาเหตุที่นักเรียนไทยยังขาดความสามารถในการนำคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิตจริงอาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ความสามารถด้านภาษา ความสามารถด้านจำนวน เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ พฤติกรรมการเรียนรู้ และแรงจูงใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน หรือพฤติกรรมการสอนของครูโดยเฉพาะพฤติกรรมการสอนของครู มีครูส่วนหนึ่งยึดตนเองเป็นศูนย์กลางในการจัดการเรียนรู้โดยเป็นผู้ทำหน้าที่เป็นผู้บอก บรรยายความรู้โดยตรงใช้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ไม่ได้เชื่อมโยงการประยุกต์ในการแก้ปัญหา และครูยังให้ความสำคัญกับการ

ออกแบบกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ที่เน้นพัฒนาความสามารถในการประยุกต์ความรู้คณิตศาสตร์ไปแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงไม่มากเท่าที่ควร ส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่มองคณิตศาสตร์เป็นเรื่องไกลตัว ไม่เห็นคุณค่า ความสำคัญของการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และไม่สามารถรับรู้ได้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้คณิตศาสตร์กับชีวิตจริง ทำให้ไม่สามารถนำความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในสถานการณ์จริงได้ (สมวงษ์ แปลงประสพโชค สมเดช บุญประจักษ์ และจรรยา ภูอุดม, 2551, น.20-28) จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ของครูนั้นเป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อตัวนักเรียนให้ได้รับการส่งเสริม และพัฒนาให้เกิดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง

การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญต่อการพัฒนาพฤติกรรมของผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ และสามารถนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในบริบทต่าง ๆ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและสังคมให้ดีขึ้น และมองเห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์ในแง่ของการเป็นเครื่องมือที่นำไปเชื่อมโยงใช้กับสาขาอื่น ๆ ได้ ผสมผสานความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เชื่อมโยงไปสู่การนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและได้เกิดกระบวนการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (อัมพร ม้าคนอง, 2557, น.60) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันนั้นควรเป็นการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนได้เตรียมตัวเพื่อประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อใช้ในโลกความเป็นจริง เน้นการศึกษาตลอดชีวิต ด้วยวิธีการที่มีความยืดหยุ่น มีการกระตุ้นและจูงใจให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง (สุพรรณี ชาญประเสริฐ, 2556, น.10-13) หนึ่งในแนวทางการจัดการเรียนรู้สำหรับทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่บูรณาการความรู้และสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริง คือ สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการความรู้จาก 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงความรู้จากหลายสาขาไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงรวมทั้งพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ (กมลฉัตร กล่อมอิ่ม, 2559, น.334) นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะที่สำคัญในโลกโลกาภิวัฒน์ ในการทำงาน หรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้น ไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 อีกด้วย (DeJarnette, 2012, pp.77-84) ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าสะเต็ม

ศึกษาสามารถช่วยพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ (Appelgate, 2018, p.394)

ภาคตัดกรวยเป็นเนื้อหาหนึ่งในสาระเรขาคณิตและยังเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนศาสตร์อื่น ๆ เช่น ฟิสิกส์ ดาราศาสตร์ ศิลปะ พื้นฐานทางวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม อีกทั้งยังมีความสำคัญในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง (Sherard, 1981, pp.19-21) เช่น แนวโค้งของสิ่งที่ตี โยน ขว้าง ในการเล่นกีฬาต่าง ๆ เช่น วอลเลย์บอล บาสเกตบอล และทุ่มน้ำหนัก มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแบบโค้งพาราโบลา หรือที่รู้จักในทางฟิสิกส์ว่าการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ นอกจากนี้โค้งพาราโบลายังพบได้จากลักษณะโค้งของน้ำพุ การยิงขีปนาวุธ รวมทั้งลักษณะของจานรับสัญญาณดาวเทียม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557b, น.186) อีกทั้ง โยฮันส์ เคปเลอร์ พบว่าดาวเคราะห์แต่ละดวงโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรีโดยมีดวงอาทิตย์เป็นโฟกัสจุดหนึ่ง ส่วนในเรื่องไฮเพอร์โบลานั้นพบว่ามีการนำความรู้และหลักการมาประยุกต์ใช้ในการติดตามความเคลื่อนไหว การคมนาคมหรือค้นหาตำแหน่งวัตถุด้วยคลื่นวิทยุ ซึ่งเรียกระบบนี้ว่า LORAN (Long Range Navigation) (ภิญญดา กลับแก้ว, 2557, น.23-24) ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องภาคตัดกรวย ให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหา ควรมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และมีครูเป็นผู้ชี้แนวทางขณะปฏิบัติกิจกรรม (สุภัทรา เกิดมงคล, 2550, น.85) จากที่กล่าวมาเห็นได้ว่าสอดคล้องกับกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่บูรณาการความรู้และสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริง สร้างโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนในชั้นเรียน และนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีในการสร้างชิ้นงานหรือหาวิธีการเพื่อแก้ปัญหาที่ครูนำเสนอการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นประโยชน์ของความรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนใช้ในชั้นเรียน (เสกสรร สรรสรพิสุทธิ์, 2558, ออนไลน์)

จากความสำคัญและปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มาใช้ในการส่งเสริมความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เรื่องภาคตัดกรวย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เนื่องจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีพื้นฐานวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย และพื้นฐานวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องโพรเจกไทล์ คลื่น การเคลื่อนที่ของดวงดาว ที่นักเรียนได้เรียนมาแล้วนำมาสัมพันธ์กัน และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าและประโยชน์ของเนื้อหา ตลอดจนทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเข้าใจในเนื้อหาและสามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงได้ในชีวิตจริงได้ดียิ่งขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้คือ

เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่องอื่น ๆ

2. ได้แนวทางสำหรับครูในการพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เรื่องภาคตัดกรวย ของนักเรียน

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 45 คน โดยมาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

เวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 13 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ซึ่งแบ่งเวลาสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จำนวน 12 คาบเรียน และทดสอบหลังเรียนจำนวน 1 คาบเรียน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาย่อย ได้แก่ วงกลม วงรี พาราโบลา และไฮเพอร์โบลา ที่ผู้วิจัยเรียบเรียงขึ้นตามแนวทางตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา** หมายถึง กิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นให้นักเรียนบูรณาการเชื่อมโยงความรู้ 3 สาขาวิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนในการสอนเพื่อบูรณาการ 3 สาขาวิชาดังกล่าว ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ภายใต้หัวข้อ เรื่องภาคตัดกรวย เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานเพื่อสนองความต้องการ ประกอบด้วยขั้นตอน 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) : นักเรียนร่วมกันศึกษาสถานการณ์ วิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ เป็นการทำความเข้าใจปัญหาภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) : นักเรียนสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยการค้นหาและรวบรวมข้อมูลทั้งทางด้าน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ โดยการสืบค้น สำรวจจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยี

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) : นักเรียนต้องเขียนร่วมกันร่างต้นแบบ กำหนดขั้นตอนการทำงาน เลือกใช้วัสดุในการออกแบบชิ้นงาน หรือการใช้ Geogebra เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด ในส่วนขั้นนี้นักเรียนจะนำเอาความรู้ เนื้อหาสาระแต่ละวิชา ทั้งคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลกับงานเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) : นักเรียนดำเนินการงานตามลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการใช้ในการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ในขั้นที่ 3

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา (Testing, Evaluation and Design Improvement) : นักเรียนร่วมกันทดสอบ ปรับปรุง และแก้ไขชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำมากขึ้น

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) : นักเรียนนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

โดยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเน้นการใช้สถานการณ์ หรือประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง และสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของนักเรียน มาเป็นสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนได้ใช้ความรู้คณิตศาสตร์ประกอบการคิดร่วมกับศาสตร์อื่น ๆ อันจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือการหาวิธีแก้ปัญหา เพื่อหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียนได้รับความรู้ในลักษณะที่เห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหา ตลอดจนมองเห็นความสำคัญและคุณค่าของคณิตศาสตร์ในแง่ของการเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ที่สามารถนำไปใช้กับศาสตร์อื่น ๆ ได้

2. **ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย** หมายถึง นักเรียนได้แสดงการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และหลักการทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย มาสัมพันธ์กับความรู้ ปัญหาหรือสถานการณ์ที่พบ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาใหม่หรือแก้สถานการณ์ปัญหาอื่นที่พบได้ง่ายขึ้น แบ่งออกเป็นการเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับ

ชีวิตจริง ในงานวิจัยนี้พิจารณาความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน 3 ด้าน ดังนี้

2.1 **การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์** คือ นักเรียนระบุความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา แปลงความสัมพันธ์ของสมการพีชคณิต และกราฟเรขาคณิตในการแก้ปัญหาได้

2.2 **การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ** คือ นักเรียนระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา มีความสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกันอย่างไร แปลงสถานการณ์ปัญหามาเป็นสมการพีชคณิต หรือกราฟเรขาคณิต ในเรื่องภาคตัดกรวยได้

2.3 **การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง** คือ นักเรียนได้นำความรู้และกระบวนการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์มาสัมพันธ์กับเหตุการณ์ในชีวิตจริงหรือสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน โดยยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาอื่นๆ ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในชีวิตจริง

โดยพิจารณาจาก

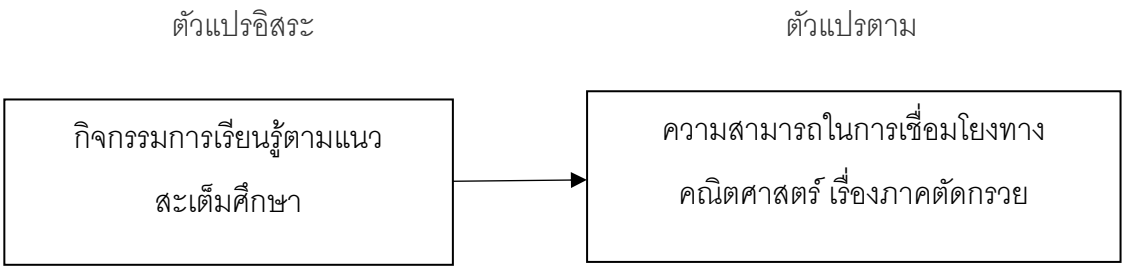
(1) คะแนนจากใบกิจกรรม 2 กิจกรรม ซึ่งแบ่งเป็นกิจกรรมรายบุคคลโดยแต่ละกิจกรรมมีคะแนน 20 คะแนน รวมเป็น 40 คะแนน

(2) คะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 60 คะแนน

3. **แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์** หมายถึง แบบทดสอบแบบอัตนัยที่วัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย โดยพิจารณาจากองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน จำนวน 3 ข้อ

4. **เกณฑ์** หมายถึง คะแนนขั้นต่ำที่ยอมรับว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย พิจารณาจากกิจกรรมรายบุคคลและคะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ แล้วนำคะแนนคิดเป็นร้อยละเทียบกับเกณฑ์ โดยผู้วิจัยใช้เกณฑ์ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ผ่านเกณฑ์ มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องตามลำดับดังนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา
    1.1 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา
    1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา
    1.3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
    1.4 ระดับการบูรณาการการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
    1.5 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
    1.6 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
    1.7 ประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
    2.1 ความหมายของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาตร์
    2.2 ความสำคัญของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
    2.3 ลักษณะของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาตร์
    2.4 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
    2.5 การประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    3.1 งานวิจัยภายในประเทศ
    3.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. สะเต็มศึกษา

1.1 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเป็นนวัตกรรมการเรียนรู้ที่บูรณการระหว่างสาขาวิชาซึ่งประกอบไปด้วย วิทยาศาตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสต์ และคณิตศาสตร์ จากการศึกษาประวัติความเป็นมาของสะเต็มศึกษาทั้งใน และต่างประเทศมีความเป็นมาดังนี้

Fioriello (2016, online) ได้กล่าวว่า สะเต็ม (STEM) เป็นคำย่อมาจาก วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยถูกเริ่มในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นครั้งแรกเมื่อปีคริสต์ศักราช 2001 โดย Dr.Judith A. Ramaley อดีตผู้อำนวยการฝ่ายการศึกษาและทรัพยากรมนุษย์ (National Science Foundation Education and Human Division) แห่งสหรัฐอเมริกาให้เหตุผลว่าจากจำนวนนักเรียนในสหรัฐอเมริกาที่เลือกเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นวิชาเอกมีจำนวนลดน้อยลงเป็นอย่างมาก โดยเลือกเรียนในสาขาอื่นที่ง่ายกว่า สาเหตุดังกล่าวอาจจะส่งผลให้ประเทศขาดแคลนทรัพยากรมนุษย์ เกิดปัญหาด้านเศรษฐกิจตามมา ดังนั้นประเทศสหรัฐอเมริกาจึงกำหนดนโยบายการศึกษาที่เน้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คำว่า STEM เป็นการปฏิรูปวิธีการสอน คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ รวมเทคโนโลยีเข้าเป็นหลักสูตร เรียกว่า Meta-discipline โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ใช้การเรียนรู้โดยวิธีปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) เรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) การสืบค้น (Discovery) และเน้นให้นักเรียนเรียนรู้แบบรุก (Active Learning) เพื่อจะหาคำตอบที่สืบค้น (Solution) จากนั้นเมื่อรัฐบาลในประเทศสหรัฐอเมริกาในยุคการนำของประธานาธิบดีบารัคโอบามา (Barack Obama)

National Research Council (2015, pp.4-5) ได้กล่าวว่า รัฐบาลภายในการนำของประธานาธิบดีบารัคโอบามา ต้องการให้นักเรียนอเมริกันมีพื้นฐานที่ดีในด้านการรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) จึงได้ระบุเป้าหมายของการศึกษา STEM ของสหรัฐอเมริกาว่า เพื่อเพิ่มการฝึกอบรมระดับสูงและตำแหน่งงานในสาขา STEM เพื่อขยายจำนวนแรงงานที่มีความรู้ความสามารถด้าน STEM และเพิ่มความรอบรู้ในสาขา STEM ประเทศสหรัฐอเมริกาจึงกำหนดเป้าหมายการศึกษาด้าน STEM ไว้ 3 ประการดังนี้

1. เพื่อเพิ่มจำนวนนักศึกษาที่มุ่งสู่ระดับปริญญา และตำแหน่งงานด้าน STEM ให้มากขึ้น และเพิ่มโอกาสการเข้าเรียนและเพิ่มแรงงานด้าน STEM ของสตรี และชนกลุ่มน้อย ดังนั้นการศึกษาระดับอนุบาลถึงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำเป็นต้องมีการสอน STEM

2. เพื่อเพิ่มจำนวนแรงงานที่มีความรู้ความสามารถและทักษะด้าน STEM ให้มากขึ้น โดยเฉพาะการมีส่วนร่วมของแรงงานสตรีและชนกลุ่มน้อยในกำลังแรงงานของประเทศภายใน 10 ปีข้างหน้า อาชีพใหม่ที่จะเพิ่มเข้ามา 20 รายการ ต้องการบุคคลที่มีความสามารถด้าน STEM ถึง 16 รายการ ในจำนวนนี้ 4 รายการต้องจบปริญญาตรีขึ้นไป

3. ต้องการให้นักเรียนทุกคน แม้ว่าบางคนจะไม่ได้เรียนด้าน STEM หรือมุ่งตำแหน่งงานด้าน STEM ต้องมีความรอบรู้เกี่ยวกับ STEM แม้ว่าบางคนคิดจะไม่เรียนเกี่ยวกับ STEM ในอนาคตก็ตาม

Obama (2010, p.6) จึงแถลงการออกนโยบายการศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการรณรงค์เพื่อยกระดับนวัตกรรมปฏิรูปการศึกษา (Educate to Innovate Campaign) ที่ส่งเสริมการเรียนที่บูรณาการทั้งสี่วิชาเข้าด้วยกัน เพื่อเน้นย้ำความสำคัญที่ต้องการให้นักเรียนอเมริกันมีพื้นฐานที่ดีในด้านความรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ โดยผ่านร่างกฎหมายที่ชื่อ America Competes Act (The American Creating Opportunities to Meaningfully Promote Excellence in Technology, Education, and Science Act) เมื่อวันที่ 4 มกราคม ค.ศ. 2011

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556, online) กล่าวว่าซึ่งในการนำนโยบายลงสู่การปฏิบัตินั้นพบว่ารัฐบาลได้ทุ่มงบประมาณด้าน STEM Education เป็นจำนวนมาก มีโรงเรียนต่าง ๆ ในเกือบ 40 รัฐ ที่ใช้ STEM Education มาเป็นช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งนวัตกรรมปฏิรูปการศึกษา Educate to Innovate Campaign เพื่อเร่งกระตุ้นให้ STEM Education เป็นรูปธรรมและประสบผลสำเร็จ มีการใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ เช่น การประกาศแผนการสร้างครูต้นแบบในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเรียกว่า STEM Master Teaching Corps ซึ่งนักการศึกษาเหล่านี้จะเป็นผู้นำในการศึกษาด้าน STEM Education จะเป็นผู้ริเริ่มจุดประกายความคิดให้นักเรียน และช่วยให้กลุ่มสังคมของพวกเขาเจริญเติบโตมากขึ้น

ผู้จัดการออนไลน์ (2556, online) กล่าวว่านอกจากประเทศสหรัฐอเมริกาแล้วในประเทศอื่น ๆ ต่างก็ตื่นตัวและให้ความสนใจกับ STEM Education เช่นกัน เช่น ประเทศอินเดีย จีน ออสเตรเลีย ฯลฯ โดยในปี 2558 ประเทศจีนจะผลิตบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีที่เกี่ยวข้องกับ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือ STEM Degree ประมาณ 3.5 ล้านคน ซึ่งไม่รวมปริญญาโท และปริญญาเอก สำหรับประเทศไทยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องคือ สถานบันสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ก็ได้ให้ความสำคัญและศึกษาแนวทางที่ใช้ STEM Education ในการเรียนการสอนต่อไป

สำหรับประเทศไทย มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556a, น.15) กล่าวว่า รัฐบาลจึงต้องเร่งพัฒนานักเรียนไทยทั้งประเทศให้มีความรู้ความสามารถและทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (Science Technology Engineering and Mathematics) หรือ“สะเต็ม” (STEM) ซึ่งเป็นแกนหลักของเศรษฐกิจและสังคมโลกในอนาคต เพื่อยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทยอย่างต่อเนื่องเพื่อเป็นกลไกลพัฒนากำลังคนของไทยให้มีความสามารถแข่งขันได้ในเวทีโลก (สำนักวิชาการ, 2561, น.2) รวมถึงการที่ต้องแข่งขันกันเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจการค้า เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตและแข่งขันในแรงงานตลาดกับนานาประเทศได้ ประเทศไทยจึงพัฒนาเยาวชนคนรุ่นใหม่ ด้วยการเปลี่ยนแปลงการศึกษาที่เน้นการบูรณาการการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้าด้วยกัน เพื่อให้นักเรียนสามารถนำไปแก้ปัญหาในชีวิตจริงและการประกอบอาชีพในอนาคต ที่เรียกกันว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) (ศูนย์สะเต็มแห่งชาติ, 2556a, น.12) ในช่วงศตวรรษที่ 20 สถานบันส่งเสริมการสอนวิทยาศตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ และประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในสถาการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ

สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี (2556, น.4-5) กล่าวว่า เมื่อวันที่ 14 ธันวาคม 2555 คณะกรรมการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้เห็นชอบให้นำเสนอนโยบายและแนวทางการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ หรือ สะเต็มศึกษา (STEM Education) เพื่อเตรียมคนรุ่นใหม่ให้

มีความสามารถที่จะสามารถประกอบอาชีพ สร้างเศรษฐกิจ และดำรงชีวิตในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community : AEC) (กิตติชัย สุธาสิโนบล, 2557, น.81-94) โดยในปี พ.ศ.2556 ได้มีความร่วมมือกันระหว่างสถานบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จัดสร้างศูนย์การเรียนรู้นำร่องใน 10 จังหวัด โดยจัดตั้งแต่ละจังหวัดมีโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการ จำนวน 3 โรงเรียน รวมทั้งสิ้น 30 โรงเรียน ให้มีการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม มีการวัดประเมินผลอย่างเป็นรูปธรรม และมีการนำผลที่ได้จากการประเมินไปใช้พร้อมขยายไปสู่การดำเนินการขั้นถัดไป อีกทั้งยังสร้างนักเรียนไทยรุ่นใหม่ให้มีความรู้ และทักษะที่จำเป็นสำหรับในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้สามารถแข่งกับประเทศอื่น ๆ ได้อย่างมั่นคงในด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และการประกอบอาชีพในอนาคต

จากความเป็นมาของสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษามีต้นกำเนิดมาจากสหรัฐอเมริกา เนื่องจากนักเรียนในประเทศประสบปัญหาเรื่องความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และวิศวกรรม ในเวลาต่อมาประเทศไทยรัฐบาลส่งเสริมการศึกษาด้านสะเต็มศึกษาขึ้นมาเพื่อต้องการให้คนไทยมีความสามารถในแรงงานตลาดกับนานาประเทศได้ เพื่อให้นักเรียนสามารถนำไปบูรณาการเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง และการประกอบอาชีพในอนาคต

1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาความหมายของสะเต็มศึกษามีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและนักวิชาการหลาย ๆ หน่วยงานได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ ดังนี้

สภาการศึกษาเสวนา (2559, น.36) ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือ การถ่ายทอดความรู้ และการนำกระบวนการคิดแบบวิศวกรรมมากำหนดแนวการคิดเชิงวิเคราะห์และใช้ปรับกระบวนการคิดของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยครูมีส่วนสำคัญในการถ่ายทอดความรู้ และมีส่วนร่วมในการประยุกต์และการปรับการเรียนการสอน

Fioriello (2016) ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือ การปฏิรูปวิธีการสอนคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ รวมเทคโนโลยีเข้าเป็นหลักสูตร เรียกว่า Meta-discipline โดยเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ใช้การเรียนรู้โดยวิธีปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) เรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

(Project-based Learning) การสืบค้น (Discovery) และเน้นให้นักเรียนเรียนรู้แบบรุก (Active Learning) เพื่อจะหาคำตอบที่สืบหา (Solution)

ศูนย์สะเต็มแห่งชาติ (2556b, น.13) ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556b, น.16) ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หรือสมการคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่ว่าจะฝึกให้นักเรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ โดยรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการเพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

พรพรรณ ไวทยางกูร (2557, น.4) ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือ นวัตกรรมการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน ให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพผ่านประสบการณ์ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) หรือ กิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning)

สุพรรณี ชาญประเสริฐ (2557, น.4) ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับนักเรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วยพฤติกรรมเหล่านี้ รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ และทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ

อนุศร หงษ์ขุนทด (2559, ออนไลน์) ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือ กระบวนการจัดการเรียนการสอนด้วยโดยมีวิธีการผสมผสานวิชาที่มีความสำคัญมาใช้สอนร่วมกันเพื่อให้นักเรียน

เกิดกระบวนการคิด และสามารถนำไปสร้างหรือพัฒนานวัตกรรมได้ โดยการนำเอา วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) คณิตศาสตร์ (Mathematics) มาผสมผสานกันในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งแนวคิดดังกล่าวมีความจำเป็นต่อนักเรียน ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง สืบเสาะหาความรู้และวิจัยด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้น รู้สึกสนุก พึงพอใจและอยากเข้ามามีส่วนในการทำกิจกรรมเพิ่มมากขึ้น

จากความหมายข้างต้นเรื่องความหมายของสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการกลุ่มสาระวิชาทั้งสี่ คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี(Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematic) โดยในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นให้นักเรียนใช้กระบวนการเชิงวิศวกรรมในการเชื่อมโยงความรู้แต่ละวิชาเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา สร้างนวัตกรรม โดยนักเรียนจะถูกกระตุ้นให้ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในชีวิตจริง เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เพื่อต่อยอดนำไปสู่แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

1.3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีนักวิชาการและนักการศึกษา ได้ให้ความจำกัดความ และกรอบแนวคิดของทฤษฎีต่าง ๆ ดังนี้

1.3.1 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist)

เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียน เชื่อว่านักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง จากการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น และสิ่งแวดล้อมอย่างกระตือรือร้น หากนักเรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน

ทวีป แซ่ฉิน (2556, น.11) กล่าวว่ากรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ได้แก่

1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เลือกตามความสนใจ จะทำให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการคิดทำและการเรียนรู้ต่อไป

2. เป็นการจัดสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกันอันจะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างองค์ความรู้ เช่น ความถนัด ความสามารถและประสบการณ์แตกต่างกัน ซึ่งจะเอื้อให้มีการช่วยเหลือกันและกัน การสร้างสรรค์ผลงานและความรู้ รวมทั้งพัฒนาทักษะทางสังคมด้วย

3. เป็นบรรยากาศที่มีความเป็นมิตร เป็นกันเองที่ทำให้นักเรียนรู้สึกอบอุ่น ปลอดภัย สบายใจ จะเอื้อให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความสุข

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม (2557, น.129-139) กล่าวว่ากรอบแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ได้แก่

1. นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง และนักเรียนแต่ละคนสร้างความรู้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันรวมทั้งอาจแตกต่างกับแนวทางของครู

2. ประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการสร้างความรู้ใหม่และนักเรียนแต่ละคนมีความรู้และประสบการณ์เดิมที่แตกต่างกัน

3. การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การมีประสบการณ์ตรง และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันของนักเรียนมีส่วนช่วยในการสร้างความรู้ใหม่

4. ครูมีบทบาทในการจัดบริบทการเรียนรู้ตั้งคำถามที่ท้าทายความสามารถกระตุ้นสนับสนุนให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ และให้ความช่วยเหลือนักเรียนในทุก ๆ ด้าน

1.3.2 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม

เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวนักเรียนจุดเน้นของการเรียนแบบมีส่วนร่วม คือ การให้นักเรียนมีส่วนร่วมทางด้านจิตใจ การได้รับประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ได้รับการฝึกฝนทักษะชีวิตต่าง ๆ การแสวงหาความรู้ การคิด การจัดการความรู้ การแสดงออก การสร้างความรู้ใหม่ และการทำงาน

จิราณี เมืองจันทร (2557, น.3) กล่าวว่ากรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ได้แก่

1. นักเรียนแต่ละคน มีส่วนร่วมทำให้เกิดการเรียนรู้ทั้งทางตรงและทางอ้อม อาศัยหลักการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ และการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพได้รับประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ได้รับการฝึกฝนทักษะการแสวงหาออก ทักษะการสร้างความรู้ใหม่ และทักษะการทำงานกลุ่ม

2. เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ตัดสินใจเลือกบทเรียนที่ต้องการเรียนรู้ในลักษณะกลุ่มหรือศึกษาด้วยตนเอง นักเรียนจะร่วมกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทุกขั้นตอนฝึกปฏิบัติการวางแผนการทำกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันและทำรายงานผลการเรียนรู้

3. นักเรียนได้รับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติ ทำกิจกรรมกลุ่ม ฝึกฝนทักษะการเรียนรู้ทักษะการบริหาร การจัดการ การเป็นผู้นำผู้ตาม และที่สำคัญเป็นการเรียนรู้ที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียน

4. ครูมีบทบาทกระตุ้นให้นักเรียนได้เล่าประสบการณ์ของตนเอง ผู้สอนอาจใช้ใบชี้แจงกำหนดกิจกรรมของนักเรียน ในการนำเสนอประสบการณ์ ในกรณีที่นักเรียนไม่มีประสบการณ์ในเรื่องที่จะสอนหรือมีน้อย ผู้สอนอาจจะยกกรณีตัวอย่าง หรือสถานการณ์ก็ได้

1.3.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ (Bruner)

บรูเนอร์ เชื่อว่ามนุษย์เลือกจะรับรู้สิ่งที่ตนเองสนใจ และการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการค้นพบด้วยตนเอง (Discovery Learning)

วารุณี หนองห้าง (2553, น.35) กล่าวว่ากรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ (Bruner) ได้แก่

1. ครูควรจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนค้นพบการเรียนรู้ด้วยตนเองซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ดี มีความหมายต่อผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี

2. ก่อนสอน ครูต้องมีการวิเคราะห์และจัดโครงสร้างเนื้อหาสาระให้เหมาะสมกับการเรียนรู้ของนักเรียน

3. ครูควรจัดความคิดรวบยอด เนื้อหาสาระ วิธีการสอนและกระบวนการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับขั้นพัฒนาการสติปัญญาของนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี

4. ครูควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างอิสระให้มาก เพื่อช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

5. ครูสร้างแรงจูงใจภายในให้แก่นักเรียน

6. ครูควรสอนความคิดรวบยอดให้แก่นักเรียน

1.3.4 ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful Verbal Learning)

เน้นความสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีความเข้าใจและมีความหมาย การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนได้เรียนรวมหรือเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนใหม่หรือข้อมูลใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นความคิดรวบยอด (Concept) หรือความรู้ที่ได้รับใหม่ ในโครงสร้างสติปัญญากับความรู้เดิมที่อยู่ในสมองของนักเรียนอยู่แล้ว

สุมาลี ชัยเจริญ (2557, น.92) กล่าวว่ากรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful Verbal Learning) ได้แก่

1. ครูควรมีการแนะนำบทเรียนก่อนการเรียนการสอน และก่อนที่จะสอนสิ่งใดใหม่มีการสำรวจความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเสียก่อนว่ามีพอที่จะทำความเข้าใจเรื่องที่จะเรียนใหม่หรือไม่ ถ้ายังไม่มีต้องจัดให้ก่อนสอนเรื่องใหม่

2. ครูควรสอนโดยไม่เน้นการท่องจำ แต่สอนให้เกิดการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ที่มีมาก่อนกับข้อมูลใหม่หรือความคิดรวบยอดใหม่ที่จะต้องเรียน

3. ครูควรใช้การสอนแบบจัดมโนมติล่วงหน้าเป็นเทคนิคที่ช่วยให้นักเรียนได้เรียนอย่างมีความหมายจากการสอนหรือการบรรยายของครู

4. ครูควรช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยการจัดเรียบเรียงข้อมูลข่าวสารที่ต้องการให้เรียนรู้ออกเป็นหมวดหมู่

5. ครูควรนำเสนอกรอบหลักการกว้าง ๆ ก่อนที่จะให้เรียนรู้ในเรื่องใหม่

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาข้างต้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายจะสนับสนุนการจัดกาเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในการศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จากความรู้และประสบการณ์เดิม และจากการเชื่อมโยงความรู้ที่มีอยู่เดิมกับความรู้ใหม่ เนื่องจากความในโลกของความเป็นจริงที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกัน เพื่อไปประยุกต์ในการดำเนินชีวิต และการทำงานร่วมกับผู้อื่น

1.4 ระดับการบูรณาการการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัย ผู้วิจัยพบว่าระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary), การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration), การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) และ การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration)

1.4.1 การบูรณาการภายในวิชา

เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาแต่ละวิชาแยกออกจากกัน โดยครูแต่ละคนมีหน้าที่รับผิดชอบตามรายวิชาของตัวเองในแต่ละวิชาของสะเต็มได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558, น.4)

1.4.2 การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ

เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลัก (Theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกันและมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้นๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้นๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชาต่างๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว เช่น ถ้าครูผู้สอนแต่ละวิชากำหนดร่วมกันว่าจะใช้อะไรเป็นหัวข้อหลัก ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558, น.4)

1.4.3 การบูรณาการแบบสหวิทยาการ

เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558, น.5)

1.4.4 การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา

เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ กับชีวิตจริง โดยให้นักเรียนประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูกำหนดกรอบหรือหัวข้อหลักของปัญหากว้างๆแล้วให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหา ทั้งนี้ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และความรู้เดิมของนักเรียน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558, น.5)

จากการศึกษาระดับการบรูณาการการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยกำหนดการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นแบบบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดโดยกำหนดกรอบหรือหัวข้อหลักของปัญหาแล้วให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อให้เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

1.5 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในการทำงานเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) ทั้งนี้หน่วยงานต่าง ๆ ทางการศึกษา ได้ระบุขั้นตอนแตกต่างกันดังนี้

Standards for Technological Literacy International Technology Education Association (ITEA) (2011, online) ได้กล่าวถึงหลักสูตรพัฒนาเด็กให้รู้วิศวกรรม และเทคโนโลยี (Engineering and techonological literacy) หรือ Engineering is Elementary (EiE) ได้แบ่งขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมออกเป็น 5 ขั้นตอน

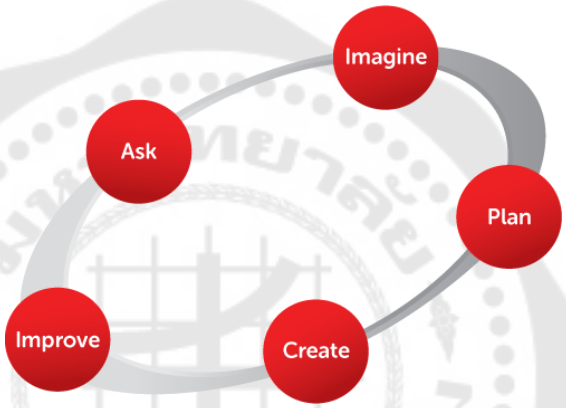
ขั้นที่ 1 ถาม : อะไรคือปัญหา

ขั้นที่ 2 จินตนาการ : อะไรคือวิธีแก้ปัญหาบ้าง เลือกวิธีที่ดีที่สุด

ขั้นที่ 3 วางแผน : เขียนแผนภาพ เลือกวัตถุดิบที่ต้องการ

ขั้นที่ 4 สร้าง : ออกแบบการสร้าง และทดสอบ

ขั้นที่ 5 พัฒนา : สามารถปรับปรุงสิ่งที่ออกแบบให้ดีขึ้นหรือไม่ ทดสอบอีกครั้ง



ภาพประกอบ 2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน

ที่มา : Engineering is Elementary (EiE). https://www.eie.org/

National Research Council (2012, p.204) ได้แบ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็น 6 ขั้นตอน ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนำมาใช้เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาซึ่งจะนำไปสู่วิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัดต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงาน หรือพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

ภาพประกอบ 3 แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). คู่มือการประกวดโครงงานสะเต็มศึกษาประจำปี 2561. หน้า 5.

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558, น.16-17)

1. ระบุปัญหา (Problem Identification)

ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหาผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าวในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้

2.1 การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีได้มีการแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

2.2 การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือกและหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้นโดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหาแล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไปคือการนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ นักเรียนต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

5. ทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบ และประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้นการทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

หลังจากการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

Billiar (2014, p.5) ได้ดำเนินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปตามเข็มนาฬิกาหมุนขวาไปตามหัวลูกศรเส้นทึบ และสามารถย้อนกลับได้ตามหัวลูกศรเส้นประ โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แบ่งได้เป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ความต้องการ

ระบุหัวข้อสำหรับนักเรียนที่ใช้สำหรับการเรียนรู้และระบุวัตถุประสงค์ทางการศึกษาหรือการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ขั้นที่ 2 ศึกษาวิจัย จัดลำดับ เป้าหมายและข้อจำกัด

ศึกษาเทคนิคและวิธีการสอนสำหรับใช้ในการสอนเนื้อหา วัตถุประสงค์การเรียนรู้ เป้าหมาย และข้อจำกัดของการดำเนินงาน

ขั้นที่ 3 หาวิธีการแก้ปัญหาที่จะเป็นไปได้

หาแนวคิดหรือหลักสูตรที่สามารถใช้สอนเนื้อหาได้

ขั้นที่ 4 เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนด

เลือกความคิดที่ตรงกับวัตถุประสงค์ทางการศึกษา บริบทในห้องเรียน และข้อจำกัดต่าง ๆ

ขั้นที่ 5 สร้างโมเดลหรือรูปแบบของการแก้ไขปัญหา

พัฒนาหลักสูตรการสอนให้ดีขึ้น

ขั้นที่ 6 ทดสอบและประเมินการใช้รูปแบบ

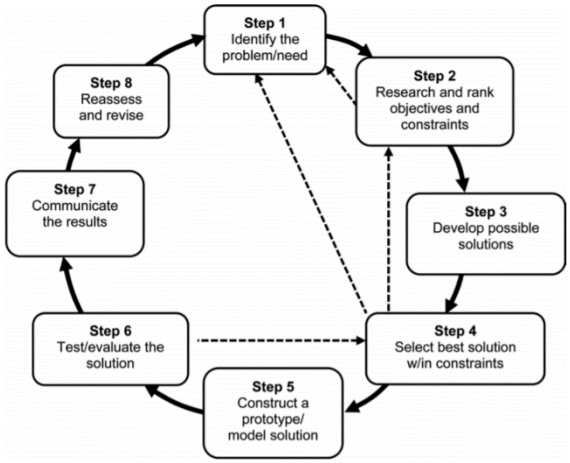
ทดสอบหลักสูตรการสอนและมีการประเมินการสอน

ขั้นที่ 7 นำเสนอผลการประเมิน

นำเสนอและอภิปรายสิ่งที่พบกับเพื่อนร่วมงาน ครู เพื่อรับฟังข้อเสนอแนะ

ขั้นที่ 8 ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบของการแก้ไขปัญหา

ปรับปรุงหลักสูตรการสอน และแก้ไขตามข้อเสนอแนะต่าง ๆ



ภาพประกอบ 4 แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 8 ขั้นตอน

ที่มา : Billiar, Hubelbank, Oliva and Camesano. (2014). Teaching STEM by design. Advance in Engineering Education. p. 5.

จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามุ่งเน้นในการนำความรู้ในแต่ละวิชามาเชื่อมโยงเพื่อแก้ปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม(Engineering design process) 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ระบุปัญหา 2. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา 3.ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5. ทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา 6. นำเสนอผลการแก้ปัญหา ในงานวิจัยผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยเน้นให้นักเรียนได้ค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง นำมาเชื่อมโยงประยุกต์ในการแก้ปัญหา

1.6 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

รูปแบบการจัดการเรียนการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีหลากหลายรูปแบบและหลายกระบวนการ ครูจึงมีหน้าที่เลือกวิธีนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับวัยเนื้อหา และจุดประสงค์ในการเรียนรู้ และผลที่ต้องการให้นักเรียนได้รับโดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีดังนี้

1.6.1 การใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ (Problem-Based learning: PBL)

เปรียบฟ้า ด้วงนุ่ม (2560, น.35) ได้กล่าวว่า การใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้เป็นวิธีการเรียนรู้วิธีหนึ่งที่มีรูปแบบการเรียนรู้โดยการนำปัญหามาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่จากการใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในโลกเป็นบริบทของการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา รวมทั้งความรู้ในสาขาต่าง ๆ มาเชื่อมโยงเข้ากับปัญหาเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งรูปแบบการเรียนรู้นี้ยังส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และเผชิญหน้ากับปัญหาด้วยตนเอง โดยมีครูผู้ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

ได้ระบุขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ได้เป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเตรียมความพร้อมของผู้เรียน

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นกำหนดปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

ขั้นตอนที่ 6 ขั้นนำเสนอผลงาน

ขั้นตอนที่ 7 ขั้นการประเมินผล

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2560, น.12) ได้กล่าวว่า การใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ และกระบวนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียน ประกอบด้วยการเลือกปัญหาที่นักเรียนต้องการแก้ปัญหา แก้ปัญหาด้วยวิธีของตนเอง และเรียนรู้ในการมีทักษะ การมีส่วนร่วมในการทำงานร่วมกับผู้อื่น ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่ท้าทายส่งเสริมให้นักเรียนกระตือรือร้นในการเรียน เหมาะสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา เนื่องจากเป็นการเรียนที่ศึกษาเพื่อตอบปัญหาที่เกิดขึ้นหลังจากการตั้งปัญหาในการเรียนรู้ เป็นการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เป็นกระบวนการสืบค้นเพื่อแก้ปัญหาสิ่งที่อยากรู้ สงสัย เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

Boud (2013, p.2) ได้กล่าวว่า การใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ (PBL) หมายถึง การแก้ปัญหาปลายเปิด โดยการวิเคราะห์ปัญหาเป็นการพัฒนาเพื่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนและมั่นใจในการแก้ปัญหาของนักเรียนในโลกปัจจุบัน พร้อมทั้งพัฒนาทักษะการคิด วิเคราะห์ และเพิ่มความรู้สึกพอใจที่ได้ร่วมมือกับการเรียนกับผู้อื่น

1.6.2 การใช้โครงงานเป็นฐานการเรียนรู้ (Project-Based learning)

ทิศนา แขมมณี (2551, น.12) กล่าวว่า การใช้โครงงานเป็นฐานการเรียนรู้เป็นการเรียนรู้ที่พัฒนาหลักการคิดของบลูมทั้ง 6 ขั้น ได้แก่ ความรู้ความจำ (Knowledge) ความเข้าใจ (Comprehension) การนำไปใช้ (Application) การวิเคราะห์ (Analysis) การสังเคราะห์ (Synthesis) การประเมินค่า (Evaluation) เป็นการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญในทุกขั้นการเรียนรู้ ตั้งแต่การวางแผนการเรียนรู้ การออกแบบการเรียนรู้ การสร้างสรรค์ประยุกต์ใช้ผลผลิต และการประเมินผลงาน โดยครูเป็นผู้มีบทบาทในการจัดการเรียนรู้

ลัดดา ภู่เกียรติ (2552, น.24) กล่าวว่า การใช้โครงงานเป็นฐานการเรียนรู้ ที่เกิดจากความสนใจใคร่รู้ของนักเรียนที่สนใจอยากจะค้นคว้าในสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหลาย ๆ สิ่งที่สงสัยหรืออยากจะรู้คำตอบให้ลึกซึ้งชัดเจนหรือต้องการเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ ให้มากขึ้นกว่าเดิม โดยใช้ทักษะกระบวนการแก้ปัญหาและปัญหาหลาย ๆ ด้าน มีวิธีการศึกษาอย่างเป็นระบบ และมี

ขั้นตอนอย่างต่อเนื่องมีการวางแผนการศึกษาอย่างละเอียดและลงมือปฏิบัติตามที่วางแผนไว้จนได้ข้อสรุปหรือผลการศึกษาหรือคำตอบเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ

สมพงษ์ พันธุรัตน์ (2557, น.45) กล่าวว่า การใช้โครงงานเป็นฐานการเรียนรู้ หมายถึง การกระทำกิจกรรมร่วมกัน ช่วยเหลือกันในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในกลุ่ม ด้วยวิธีการปฏิบัติจริงเพื่อการเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหาและนำไปสู่ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ แสวงหาข้อมูลและแนวทางในการแก้ปัญหาเหล่านั้น

จากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ในงานวิจัยนี้ได้ใช้การจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ ในการดำเนินกิจกรรมหลักของสะเต็มศึกษา เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนจากปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด จากนั้นเชื่อมโยงความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา ออกแบบ และทดสอบ เพื่อนำมาสู่การสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือวิธีการ

1.7 ประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีนักวิชาการและนักการศึกษาได้กล่าวถึงประโยชน์ต่าง ๆ ดังนี้

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม (2559, น.334) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่สอดคล้องกับปัญหาที่พบได้ในชีวิตจริง เป็นการส่งเสริมการสร้างประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมซึ่งประโยชน์ที่ได้จากการจัดการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสะเต็มศึกษาจะมีทักษะการคิดวิเคราะห์และสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ใช้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน

2. นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสะเต็มศึกษาจะเรียนสนุกและมองเห็นอาชีพการงานที่สนใจจะทำ หลังจากที่สำเร็จการศึกษาแล้ว

3. นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสะเต็มศึกษาได้ผลการประเมินทางการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ควรจะดีขึ้น

4. ประเทศไทยจะมีกำลังคนด้านสะเต็มที่ช่วยยกระดับรายได้ของชาติให้สูงกว่าระดับรายได้ปานกลางในอนาคต

Lantz (2009, p.8) ได้สรุปผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. นักเรียนมีความเชื่อมั่นในตนเองสามารถสร้างแรงกระตุ้นในการพัฒนาตนเอง มีแรงจูงใจในการพัฒนาความรู้มากขึ้น

2. นักเรียนสามารถเข้าใจความคิดเป็นเหตุเป็นผล ผ่านกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์

3. นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อกำหนดกรอบหรือขอบเขตที่ต้องการศึกษา เพื่อเป็นพื้นฐานในการออกแบบทางวิศวกรรมในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ได้

4. นักเรียนมีความเข้าใจและสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม

5. นักเรียนสามารถแก้ปัญหา ตั้งคำถาม ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา หาข้อสรุปโดยใช้ทักษะความรู้ทางคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์

6. นักเรียนสามารถออกแบบ ทดลอง และประดิษฐ์ จากการเชื่อมโยงความรู้ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาตร์ และเทคโนโลยี เพื่อนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงและการสร้างนวัตกรรม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557a, ออนไลน์) ได้สรุปประโยชน์ที่ได้ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. นักเรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์และสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ใช้วิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นพื้นฐาน

2. นักเรียนเข้าใจสาระวิชาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ขึ้น

3. ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้และเชื่อมโยงกันระหว่างกลุ่มสาระวิชา

4. หน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนมีส่วนร่วมสนับสนุนการจัดกิจกรรมของครูและบุคลากรทางการศึกษา

5. สร้างคนด้านสะเต็มของประเทศไทย เพื่อเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจของชาติ

ประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ สามารถเชื่อมโยงความรู้

ต่างสาขาวิชา เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงผ่านกระบวนการแก้ปัญหา ปลูกฝังให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร รวมไปถึงทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังให้ผู้เรียนสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ และทำให้ผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ดีขึ้น

2. ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

2.1 ความหมายของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาตร์

การเชื่อมโยงเป็นหนึ่งในทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ จากการศึกษาความหมายของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีนักวิชาการและนักการศึกษาให้ความหมายของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

Gloria. (1997, online) ให้ความหมายของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาใน 2 ลักษณะ แบ่งออกเป็น

1. เน้นการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์กับประสบการณ์ของนักเรียน เช่น การสอนเรื่องการลบ โดยอาศัยพื้นฐานหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียนในเรื่องการบวก โดยครูยกตัวอย่างโจทย์ เพื่อให้นักเรียนมีข้อสรุปว่าการลบคือการดำเนินการที่กลับกันของการบวก

2. เน้นการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์ เช่น การเชื่อมโยงเนื้อหาเรื่องขนาดของรูปทรงเรขาคณิตกับเนื้อหาเรื่องพื้นที่ เศษส่วน หรือ ความน่าจะเป็น

Bossé (2010, pp.262-276) ให้ความหมายของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นการผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกันให้รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น

1. การเชื่อมโยงภายในวิชา เป็นการนำเนื้อหาสาระในวิชาเดียวกันมาสัมพันธ์กัน เพื่อให้นักเรียนได้ประยุกต์ความรู้ และทักษะไปใช้ในชีวิตจริง เช่นการเรียนในเนื้อหา พีชคณิต และเรขาคณิต ให้นักเรียนเห็นถึงความสัมพันธ์ในวิชาซึ่ง เป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

2. การเชื่อมโยงระหว่างระหว่างวิชา เป็นการนำเนื้อหาสาระตั้งแต่ 2 วิชาขึ้นไป ภายใต้เนื้อหาที่มีความเกี่ยวข้องกันนำมาสัมพันธ์กัน เช่น วิชาคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ เป็นต้น

โพธิ์ทิพย์ วัชระสวัสดิ์ (2547, น.8) ให้ความหมายของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นการเชื่อมโยงเป็นกระบวนการสร้างความสัมพันธ์ของคน สิ่งของ หรือแนวคิด ซึ่งการเชื่อมโยงแนวคิดเป็นการนำความคิดรวบยอด ประสบการณ์ ความรู้ต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 เหตุการณ์ นำมาสัมพันธ์กัน

อเนก พุทธิเดช (2548, น.22) ให้ความหมายของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นการเชื่อมโยงเป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่นำความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่เดิม และประสบการณ์ที่มีมาผสมผสานหรือสัมพันธ์ ทำให้เกิดความรู้ใหม่หรือทำให้เข้าใจความรู้ใหม่ได้ดีขึ้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551, น.13) ให้ความหมายของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นกระบวนการในการนำความรู้ เนื้อหาและหลักการทางคณิตศาสตร์มาคิดวิเคราะห์ ในการหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างความรู้ เนื้อหา และหลักการทางคณิตศาสตร์กับงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนหรือสมบูรณ์ขึ้น

อัมพร ม้าคนอง (2554, น.60) ให้ความหมายของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า นักเรียนได้แสดงการสัมพันธ์ระหว่างความรู้คณิตศาสตร์ ที่เรียนมากับสถานการณ์อื่น ๆ ที่นักเรียนพบเจอในชีวิตจริง การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทำให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้น

จากความหมายของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หมายถึง นักเรียนได้แสดงการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และหลักการทางคณิตศาสตร์ ที่เคยเรียน มาสัมพันธ์กับความรู้ ปัญหาหรือสถานการณ์ที่พบ เพื่อช่วยให้นักเรียนแก้สถานการณ์ปัญหาอื่นที่พบได้ง่ายขึ้น แบ่งออกเป็นการเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์ กับชีวิตจริง

2.2 ความสำคัญของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาความรู้สำคัญของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ มีนักวิชาการ และนักการศึกษาให้ความสำคัญของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

Diane (1991, pp.30-44) กล่าวถึงความสำคัญของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่าความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง เนื่องจากสิ่งที่เกิดในชีวิตจริงไม่ได้จำกัดว่าเกี่ยวข้องกับสาขาวิชาใดวิชาหนึ่ง เราจำเป็นต้องใช้ความรู้และทักษะจากหลาย ๆ วิชามาร่วมกันแก้ปัญหา

Blaskopf (2001, p.625) กล่าวถึงความสำคัญของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า ตัวอย่างของการเชื่อมโยงช่วยให้นักเรียนตระหนักว่าคณิตศาสตร์เป็นจริง มีความหมายและมีประโยชน์สำหรับทุกคน การเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจและเห็นคุณค่าในวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น

Housinger (2002, p.394) กล่าวถึงความสำคัญของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า เมื่อนักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้ใหม่และความรู้ที่เคยเรียนมา จะทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ความคิดรวบยอด การเชื่อมโยงจะทำให้นักเรียนแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถอ้างเหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้คล่องแคล่วขึ้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560, น.93) กล่าวถึงความสำคัญของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า นักเรียนสามารถนำคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิตจริง เช่น การค้าขาย การคำนวณเงินทอน การคำนวณระยะทาง และการลงทุน เป็นต้น

อัมพร ม้าคนอง (2554, น.60) กล่าวถึงความสำคัญของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่ามีความจำเป็นและสำคัญต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย (Meaningful learning) เนื่องจากจะช่วยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง มองคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ สามารถนำไปใช้กับศาสตร์

อื่น ๆ ได้ อีกทั้งการเชื่อมโยงทางจะคณิตศาสตร์ยังช่วยให้นักเรียนเข้าใจคณิตศาสตร์ในห้องเรียนได้ดีขึ้น

จากการศึกษาความสำคัญของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะหนึ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย (Meaningful learning) ช่วยให้นักเรียนได้รับความรู้ในลักษณะที่เห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหา สามารถนำไปประยุกต์ในการเรียนสาขาวิชาอื่น ๆ ตลอดจนนำไปเชื่อมโยงในชีวิตจริง อีกทั้งความสามารถในการเชื่อมโยงทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหา และสามารถทำการอ้างเหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น

2.3 ลักษณะของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาตร์

จากการศึกษาลักษณะของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาตร์ มีนักการศึกษาและนักวิชาการได้ระบุลักษณะของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (1991, p.102) กล่าวถึงลักษณะของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า ประกอบด้วย 2 ลักษณะคือ

1. การเชื่อมโยงภายในวิชา เป็นการนำเนื้อหาภายในวิชาเดียวกันไปสัมพันธ์กันให้นักเรียนได้นำทักษะไปใช้ในชีวิตจริงและประยุกต์ความรู้ ทำให้ช่วยนักเรียนมีความเข้าใจถึงความแตกต่างของเนื้อหาวิชารวมทั้ง เรขาคณิต พีชคณิต ซึ่งจะทำให้การเรียนของนักเรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย

2. การเชื่อมโยงระหว่างวิชา เป็นการเชื่อมโยงระหว่างศาสตร์ต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไป ภายใต้หัวข้อเรื่องที่มีความเกี่ยวข้องกันให้มาสัมพันธ์กัน เช่น วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาวิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ เป็นต้น เป็นการเรียนรู้โดยใช้ความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในวิชาต่าง ๆ ตั้งแต่ 1 วิชาขึ้นไป จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยาวนานขึ้น และตรงกับชีวิตจริง

Kennedy (1994, p.21) กล่าวถึงลักษณะของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า นักเรียนจะต้องเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็น รูปภาพ แผนภาพ สัญลักษณ์ และมโนมติ เข้ากับกระบวนการต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และจะต้องเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน

1. การเชื่อมโยงควรสร้างให้เกิดขึ้นสม่ำเสมอในระหว่างการสอน ให้นักเรียนทำสิ่งที่เป็นรูปธรรมและแปลงการกระทำนั้นมาเป็นรูปภาพ แผนผัง กราฟ และสัญลักษณ์ ตัวอย่างเช่น ครูสอนการเชื่อมโยงนักเรียนเกรด 3 โดยเชื่อมระหว่างคุกกี้ กับการเขียนเศษส่วน นักเรียนในห้องก็จะได้เชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงด้วยปัญหาคุ้กกี้

2. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และชีวิตจริงอีกมากมาย ครูสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ ศิลปะ สังคม งานคหกรรม และกิจกรรมในสาขาวิชาต่าง ๆ

อัมพร ม้าคนอง (2547, น.44) กล่าวว่า การเชื่อมโยงอาจทำได้หลายลักษณะ แต่ส่วนมากที่ทำในห้องเรียนมีด้วยกัน 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ เป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระองค์ความรู้หรือกระบวนการภายในคณิตศาสตร์ เช่น การเชื่อมโยงความรู้เรื่องระบบพิกัดฉาก คู่ลำดับ กราฟ เส้นจำนวน ความสัมพันธ์ และฟังก์ชัน

2. การเชื่อมโยงความรู้ระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ เป็นการเชื่อมโยงความรู้หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกัน เช่น การเชื่อมโยงการเคลื่อนที่รอบวงโคจรของดวงดาวกับวงรี และความรู้เรื่องการแบ่งตัวของแบคทีเรีย เป็นต้น

3. การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง เป็นการเชื่อมโยงความรู้หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์กับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตจริง เช่น การใช้ความรู้เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสอธิบายว่าการเดินทางลัดเป็นการเดินระยะทางที่สั้นกว่าการเดินตามเส้นทางปกติ

จากการศึกษาลักษณะของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่าลักษณะของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนี้พิจารณาความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน 3 ลักษณะ ดังนี้

1. การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ คือ นักเรียนได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง เนื้อหา และหลักการทางคณิตศาสตร์ กับสถานการณ์ปัญหา โดยระบุความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา แปลงความสัมพันธ์ของสมการพีชคณิตและกราฟเรขาคณิตในการแก้ปัญหาได้

2. การเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ คือ นักเรียนได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา และหลักการทางคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น ๆ โดยนักเรียนสามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา มีความสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกันอย่างไร แปลงสถานการณ์ปัญหามาเป็นสมการพีชคณิต หรือกราฟเรขาคณิตในเรื่องภาคตัดกรวยได้

3. การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง คือ นักเรียนได้นำความรู้และกระบวนการต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์มาสัมพันธ์กับเหตุการณ์ในชีวิตจริงหรือสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน โดยยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาอื่นๆ ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในชีวิตจริง

2.4 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาแนวทางการพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ มีนักการศึกษาและนักวิชาการ ระบุแนวทางการพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

Miller (1991, pp.516-521) กล่าวถึงแนวทางการพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ว่า การพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยให้ครูพัฒนาด้านความคิดรวบยอด กระบวนการและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. แสดงความรู้ในเรื่องความคิดรวบยอด และกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2. นำเสนอคณิตศาสตร์ในลักษณะการเชื่อมโยงกระบวนการและคณิตศาสตร์ร่วมกัน

3. เน้นให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และเป็นการเชื่อมโยงในชีวิตจริง

4. ร่วมทำกิจกรรมกับนักเรียน โดยสนับสนุนความเข้าใจในความคิดรวบยอด กระบวนการ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์

5. ร่วมกันอภิปรายคณิตศาสตร์ โดยอธิบายความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอด กระบวนการ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ของนักเรียน

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000, p.360) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้นักเรียนได้พัฒนาทักษะ และกระบวนการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์นั้น ผู้สอนอาจตั้งสถานการณ์ปัญหาหรือจัดกิจกรรมสอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอ เพื่อให้นักเรียนได้เห็นการนำความรู้ เนื้อหาสาระและกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการ เรียนรู้เนื้อหาใหม่ หรือนำความรู้ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาควรมีลักษณะเป็นดังนี้ 5 ข้อ

1. การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ
2. การเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์กับหัวข้อที่เกี่ยวข้อง
3. การใช้ปัญหาในชีวิตจริงเป็นเนื้อหาในการพัฒนาวิชาคณิตศาสตร์
4.การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาใหม่ในวิชาคณิตศาสตร์
5. การพัฒนา และเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ตามสภาพจริงผ่านการเชื่อมโยงมากกว่าที่จะแสดงวิธีแก้ปัญหาอย่างง่าย ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560, น.93) กล่าวถึงแนวทางการพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ว่า ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ต้องการให้นักเรียนมีความรู้ และมีพื้นฐานในการนำไปศึกษาต่อนั้นจำเป็นต้องบูรณาการเนื้อหาต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์เจ้าด้วยกัน เช่น การให้ความรู้เรื่องเซต และการให้คำจำกัดความหรือบทนิยามในเรื่องต่าง ๆ เช่น บทนิยามเรื่องฟังก์ชัน

อัมพร ม้าคนอง (2554, น.60) กล่าวถึงแนวทางการพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ว่า นักเรียนต้องมีความรู้ และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในเรื่องที่จะนำไปเชื่อมโยงได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะทำให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้ มีประสบการณ์ในการมองเห็นความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ของสิ่งของที่จะเชื่อมโยงและมีทักษะในการเชื่อมโยงหรือสร้างความสัมพันธ์ในทางคณิตศาสตร์ การพัฒนาทางทักษะการเชื่อมโยงจึงไม่ควรแยกเนื้อหาที่สัมพันธ์กันออกจากกันแต่ควรสอนร่วมกันไป เรขาคณิต พีชคณิต และลำดับการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนมองเห็นความสัมพันธ์

ของเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกัน และสามารถเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ อันจะทำให้เข้าใจภาพรวมของคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น ผู้สอนต้องตระหนักถึงประเด็นนี้ และพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน

จากข้างต้นสรุปได้ว่า เรื่องแนวทางการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า คือการจัดการเรียนการสอนของครูที่จะกระตุ้นให้นักเรียนได้นำความรู้เดิมหรือความรู้พื้นฐานที่มีอยู่ไปใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ รวมทั้งจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาสอดแทรกในการจัดการเรียนอยู่เสมอ เนื่องจากหากนักเรียนมีความรู้และความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ที่ดีแล้ว นักเรียนจะสามารถนำความรู้ที่มีไปเชื่อมโยงได้เป็นอย่างดี และมีประสบการณ์ในการมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่จะเชื่อมโยง

2.5 การประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาการประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ มีนักการศึกษาและนักวิชาการ ระบุการประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ดังนี้

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000, pp.1-2) กล่าวถึงมาตรฐานการเชื่อมโยง (Connections) ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (เกรด 9 - 12) ดังนี้

1. สามารถเข้าใจถึงวิธีการที่จะสร้างแนวคิดต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ โดยสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้เพื่อให้ได้ความรู้ใหม่ได้

2. ตระหนักถึงความสำคัญของการเชื่อมโยงและสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ต่าง ๆ ตลอดจนแนวคิดต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ได้

3. ขยายความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ ตลอดจนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปช่วยในการพิจารณายุทธวิธีต่าง ๆ ได้

4. สามารถระลึกความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาแล้วและสามารถนำความรู้เหล่านั้นมาใช้เชื่อมโยงในการเรียนคณิตศาสตร์และวิชาอื่น ๆ ได้

พร้อมพรรณ อุดมสิน และ อัมพร ม้าคนอง (2547, น.147-148) กล่าวถึงการประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า การประเมินความสามารถในการเชื่อมโยง

ความรู้ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ควรให้นักเรียนมีความสามารถดังนี้

1. สามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์ หรือ คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้

2. สามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริง

การมีความรู้และความเข้าใจคณิตศาสตร์อย่างดีนั้นต้องประกอบด้วยการมีความรู้ในเนื้อหาและการนำความรู้ไปใช้ได้ ดังนั้นการบูรณาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ระหว่างคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ หรือระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ จะช่วยให้นักเรียนมีความชัดเจนในแนวคิดและเกิดความรู้ที่ยาวนานในสิ่งที่เรียน

จากจุดเด่นในการเรียนการสอนที่ปรับเปลี่ยนจากการสอนความรู้และทักษะในการคำนวณไปสู่การเน้นพัฒนาหลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานในการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่ต้องเผชิญหรือในชีวิตจริง ดังนั้นนักเรียนจะต้องได้รับประสบการณ์ที่หลากหลายที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจได้ด้วยประสบการณ์ในการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างคณิตศาสตร์สาขาต่างๆ หรือการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงซึ่งเป็นศาสตร์อื่นๆ จึงจะทำให้คณิตศาสตร์มีความหมายกับนักเรียนมากขึ้น

ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สามารถประเมินผลได้จากการเรียนการสอนในห้อง หรือการทำกิจกรรม เช่น การทำงานภาคปฏิบัติของนักเรียน การตอบคำถาม และการทำโครงงานคณิตศาสตร์

Connor-Greene (2000, pp.44-46) กล่าวถึงการประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนว่า เป็นการประเมินเพื่อสังเกตว่านักเรียนสามารถทำสิ่งต่อไปนี้ได้หรือไม่

1. สามารถมองปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ในภาพรวมก่อนจากนั้น วิเคราะห์เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่โจทย์กำหนดให้ว่าตรงกับสาระเนื้อหา

คณิตศาสตร์ในเรื่องใด มีความสัมพันธ์หรือเชื่อมโยงกันในเรื่องใดและสามารถนำไปเชื่อมโยงกับเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่น ๆ นอกเหนือจากที่โจทย์กำหนดให้ได้หรือไม่

2. สร้างแนวคิดใหม่หรือแนวทางการแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์จากการเชื่อมโยงความรู้ที่เป็นพื้นฐานแนวคิดของคณิตศาสตร์ในเรื่องต่าง ๆ ได้

3. สำรวจปัญหาและอธิบายผลที่ได้จากการเชื่อมโยงเนื้อหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้การอ้างเหตุผลได้

4. ประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ความเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในการหาความสัมพันธ์ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือปัญหาในชีวิตประจำวัน

5. ตระหนักในคุณค่าของคณิตศาสตร์ว่าสามารถนำไปประยุกต์ในชีวิตประจำวัน สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เข้ากับชีวิตประจำวันได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551, น.13) กล่าวถึงการประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ สามารถประเมินได้จากการแสดงออกของนักเรียนตามขั้นตอนของทักษะดังนี้

1. เชื่อมโยงสถานการณ์จริงกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

2. เปรียบเทียบความรู้ของแต่ละสาระ

3. หาข้อสรุปจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

4. เชื่อมโยงความรู้ในแต่ละสาระทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ความรู้ใหม่

5. สรุปสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ

อัมพร ม้าคนอง (2554, น.60) กล่าวถึงการประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงนั้นส่วนใหญ่ประเมินการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับคณิตศาสตร์ และระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน ซึ่งมักจะเกี่ยวข้องกับการนำความรู้ไปใช้แก้ไขปัญหาในชีวิตจริง ตัวอย่างการประเมินความสามารถในการเชื่อมโยง ดังนี้

1. ให้นักเรียนยกตัวอย่างการวัดความยาว การวัดพื้นที่ การวัดปริมาตร การวัดน้ำหนัก ที่ตนใช้ในชีวิตประจำวันมาอย่างละ 2 ตัวอย่าง พร้อมทั้งระบุหน่วยของการวัดของทุกตัวอย่าง

2. ครูให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มโดยใช้แผนที่ประเทศไทยและอุปกรณ์อื่น เช่น ไม้บรรทัด ดินสอ ในการใช้ความรู้เรื่องทิศ อัตราส่วน มาตราส่วน หาทิศและระยะทางที่จังหวัดสำคัญต่าง ๆ อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร รวมทั้งคำนวณเวลาในการเดินทาง โดยให้นักเรียนกำหนดความเร็วในการเดินทางตามความเหมาะสม

จากการศึกษาการประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ข้างต้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แนวทางการประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของสมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM, 2000) โดยมีการปรับเพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะของงานวิจัย ดังนี้

1. การระบุความรู้ที่จำเป็นต้องใช้แก้ปัญหาที่พบ คือ นักเรียนทำความเข้าใจวิเคราะห์ได้ว่าสถานการณ์ที่เป็นปัญหานั้นมีความสัมพันธ์หรือมีความเกี่ยวข้องกับความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เรื่องใดบ้าง

2. การระบุขั้นตอนการแก้ปัญหาที่พบ คือ นักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจในลักษณะในของการนำความรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนพบ

3. การระบุตัวอย่างหรือสถานการณ์อื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกับปัญหาที่พบ คือ นักเรียนเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ทางคณิตศาสตร์กับสิ่งที่สามารถเกิดได้ในชีวิตจริง

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับ สะเต็มศึกษา ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิคศาสตร์ ทั้งในและต่างประเทศ ดังนี้

3.1 งานวิจัยภายในประเทศ

บุญญิสา แซหล่อ (2550) ได้ศึกษาการบูรณาการแบบเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์ในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และพีชคณิต โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงสำหรับ

นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 และศึกษาผลของการใช้การบูรณาการด้านความสามารถในการเชื่อมโยง ความลึกในการเข้าใจเนื้อหา และความสามารถในการเชื่อมโยงที่มีผลต่อความลึกในการเข้าใจเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการบูรณาการด้านความสามารถในการเชื่อมโยงโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง มีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ .01

กฤษณา ไสยาศร (2551)ได้ทำการทดลองจัดกิจรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบบูรณาการ เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนในกลุ่มทดลองมีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนการทดลอง และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เกศินี เพ็ชรรุ่ง (2556) ได้ทำการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์ หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองและความสามารถในการเชื่อมโยงสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กฤษดา นรินทร์ (2556) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวยที่เน้นการเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์สู่สถานการณ์ในโลกจริง ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องภาคตัดกรวย ของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน 2) ความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ในโลกจริง เรื่องภาคตัดกรวยของกลุ่มทดลองหลังเรียนโดยใช้กิจกรรมทดลองสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผ่านเกณฑ์ที่กำหนด3) เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ด้านการตระหนักเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ต่อชีวิตจริงของกลุ่มทดลองหลังเรียนโดยใช้กิจกรรมทดลองสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จำรัส อินทลาภาพร (2558) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา ผลการศึกษาพบว่า 1) สะเต็มศึกษา (STEM Education) ในบริบทของต่างประเทศและประเทศไทยมี ความหมายแตกต่างกัน ดังนั้นในการนำแนวคิด

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามาใช้ใน ประเทศไทยครูควรศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง โดยเฉพาะสาระสำคัญในสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยีที่มีความแตกต่างกัน 2) สะเต็มศึกษามีความสำคัญต่อผู้สอนและผู้เรียน 3) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ มีระดับของ การบูรณาการแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการแบบสอดแทรก (Infusion Integration) การบูรณาการแบบคู่ขนาน (Parallel Integration) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration) การบูรณาการแบบข้ามวิชา (Transdisciplinary Integration) ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ครูควรศึกษาและทำความเข้าใจระดับของการบูรณา การทั้ง 4 ระดับดังกล่าวให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง นอกจากนี้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนของครูทั้ง 3 สาระ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี ควรวางแผนในการจัดการ เรียนรู้ร่วมกัน 4) การวัดและประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นการประเมินผู้เรียนตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ครูควรใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลายและวัดหลายครั้ง

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว (2558) ได้พัฒนาหลักสูตรตามแนวสะเต็มศึกษาเรื่องอ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและจากผลการทดลองใช้หลักสูตรตามเกณฑ์ดังต่อไปนี้คือ 1) ผลการประเมินหลักสูตรโดยผู้เชี่ยวชาญก่อนการทดลองใช้หลักสูตรพบว่าหลักสูตรตามแนวทาง สะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และองค์ประกอบของหลักสูตรมีความสอดคล้องกันทุกองค์ประกอบ 2) ผลการประเมินหลักสูตรจากการทดลองใช้หลักสูตรพบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนทดลองใช้หลักสูตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 65) 3) คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและคะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนหลังทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนทดลองใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรอยู่ในระดับมาก 5) ครูมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม (2559)ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสาคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสาคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เปรียบฟ้า ด้วงนุ่ม (2560) ได้สร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่องพาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ศึกษาความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และศึกษาเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่องพาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา มีความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของคะแนนรวม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 65 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 และมีเจตคติต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่องพาราโบลา อยู่ในเกณฑ์ดี

3.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Carol (2011) ได้พัฒนาการใช้สะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนหญิง เกรด 6 – 12 ที่มีความสนใจและถนัดในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในมลรัฐไอโอวา ผลการวิจัยพบว่า การสอนของครูคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ส่งผลต่อการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียน รวมทั้งการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษานอกหลักสูตรทำให้นักเรียนมีความสนใจ และถนัดในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษาที่ครูจัดขึ้นมีส่วนช่วยกระตุ้นให้นักเรียนหันมาสนใจการเรียน วิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มากขึ้น นอกจากนี้

การจัดสภาพแวดล้อมทางการเรียนโดยผู้สอน ผู้บริหาร และผู้ปกครอง ก็มีส่วนสำคัญในการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

Adnan (2009) กล่าวว่า วิชาคณิตศาสตร์ในการเรียนการสอน จะเน้นความสำคัญเกี่ยวกับการเชื่อมโยงในชีวิตประจำวัน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสำรวจครูคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 62 คน ในเรื่องความเข้าใจและการประยุกต์นำคณิตศาสตร์ไปใช้การเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ การสร้างการเชื่อมโยงในการสอน ผลการวิจัยพบว่าการสร้างความเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวันเป็นสิ่งสำคัญ และสนับสนุนสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวกับทำอย่างไรในการช่วยเหลือนักเรียนที่มีลักษณะแตกต่างกันในการเรียนคณิตศาสตร์

Harvey (2012) ได้ทำการศึกษากรณีศึกษาในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาที่เน้นการใช้บทเรียนตามแนวคิดการใช้ปัญหาเป็นฐานโดยเป็นการจัดการเรียนการสอนในบทเรียนวิชาพีชคณิตกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยบทเรียนที่ใช้สถานการณ์จริงของประเทศนิวซีแลนด์ แสดงให้เห็นว่าการเชื่อมโยงที่มีความหมายกับบริบทในชีวิตจริงสามารถพัฒนาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ การใช้การเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามบริบทเป็นสิ่งสำคัญสำหรับส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ และทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างความรู้คณิตศาสตร์กับชีวิตจริงอีกด้วย

Stohlmann (2012) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาว่าเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านต่างๆ ผ่านการทำกิจกรรม (activity based) หรือการทำโครงงาน (project based) พบว่าช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร นอกจากนี้ผู้เรียนยังได้ความรู้แบบองค์รวมที่สามารถนำไปเชื่อมโยงหรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยสะเต็มศึกษามีความสำคัญต่อความสำเร็จในอนาคตของนักเรียน

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2014) ได้จัดเนื้อหาเกี่ยวกับปริมาตร มุมและสามเหลี่ยมผ่านการเชื่อมโยงจากกิจกรรมสะเต็มโดยเน้นแนวคิดด้านวิศวกรรม และการออกแบบสนับสนุนนักเรียนในการออกความคิดเห็นทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อประสบการณ์ชีวิตประจำวัน โดยเชื่อมโยงกับประสบการณ์ของนักเรียนงานเหล่านี้สนับสนุนการใช้เหตุผล และใช้การนำเสนอของนักเรียนแต่ละคนที่แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกัน

เพื่อให้ได้ประสบการณ์ในการเรียนรู้คณิตศาสตร์มากขึ้น ผลการวิจัยพบว่า การเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนดีขึ้นและเรียนอย่างลึกซึ้งจดจำได้ดีขึ้น และเรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสามารถที่ดียิ่งขึ้น

จากเอกสารและงานวิจัยดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการเรียนรู้เนื้อหาสาระในเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับชีวิตจริงจะช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงกับเรื่องใกล้ตัว ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียน เกิดความเข้าใจในเรื่องที่เรียนรู้อย่างชัดเจน ลึกซึ้ง ครอบคลุม ซึ่งเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมายต่อผู้เรียน สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิต และแก้ปัญหาได้จริง นอกจากนั้นปรากฏการณ์รอบตัวไม่ได้เป็นผลความรู้จากศาสตร์ใดศาสตร์หนึ่ง แต่ต้องประยุกต์ความรู้ที่เชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นหนึ่งในทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มีความสำคัญ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ความมุ่งหมายของการวิจัยนี้ เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2. การกำหนดกรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาตามขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน

3. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

6. สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 45 คน โดยได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

การกำหนดกรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาตามขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดกรอบแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จำนวน 6 แผน แผนละ 100 นาที โดยเป็นกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นให้นักเรียนบูรณาการเชื่อมโยงความรู้ 3 สาขาวิชา ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนในการสอนเพื่อบูรณาการ 3 สาขาวิชาดังกล่าว ภายใต้หัวข้อเรื่องภาคตัดกรวย เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานเพื่อสนองความต้องการ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วย 6 ขั้นตอนซึ่งสอดคล้องวิธีการสอนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา : นักเรียนร่วมกันศึกษา สถานการณ์ปัญหา วิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ เป็นการทำความเข้าใจปัญหาภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา : นักเรียนสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยการค้นหาและรวบรวมข้อมูลทั้งทางด้าน คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ โดยการสืบค้น สำรวจจากสื่อแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยี

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา : นักเรียนต้องเขียนร่วมกันร่างต้นแบบกำหนดขั้นตอนการทำงาน เลือกวัสดุในการออกแบบชิ้นงาน หรือใช้ Geogebra เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด ในส่วนขั้นนี้นักเรียนนำเอาความรู้ เนื้อหาสาระแต่ละวิชา ทั้งคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา : นักเรียนดำเนินการงานตามลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ในขั้นที่ 3

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา : นักเรียนร่วมกันทดสอบ ปรับปรุง และแก้ไขชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำมากขึ้น

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน : นักเรียนนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาทั้งหมด 6 กิจกรรม ตามเนื้อหาสาระย่อย ดังนี้ เนื้อหาเรื่องวงกลมได้แก่กิจกรรม The Moon และ A Lost Cellphone เนื้อหาเรื่องวงรีได้แก่กิจกรรม Lithotripsy เนื้อหาเรื่องพาราโบลาได้แก่กิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง และเนื้อหาไฮเพอร์โบลาได้แก่กิจกรรม LORAN และ Comet ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาตามแผนภาพดังนี้

ภาพประกอบ 5 กรอบแนวคิดของของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาตามขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน

การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ (3) แบบสังเกตพฤติกรรมการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และ (4) แบบสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการดังนี้

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จำนวน 6 แผน แผนละ 100 นาที ซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ โดยเนื้อหาตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เรื่องภาคตัดกรวย ซึ่งประกอบไปด้วยเนื้อหาย่อย ได้แก่ วงกลม วงรี พาราโบลา และไฮเพอร์โบลา

ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทำแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 เรื่องภาคตัดกรวย เนื้อหาตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ตัวอย่างเกณฑ์การวัดผล ประเมินผล และกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวสะเต็มศึกษา

2. กำหนดกรอบแนวคิดและเนื้อหาที่เกี่ยวข้องในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา และกำหนดจุดประสงค์ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในแต่ละกิจกรรม

3. จัดทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จำนวน 8 แผน ซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แล้วเลือกมาทั้งหมด 6 แผน ได้แก่

ตาราง 1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
The Moon	2
Lithotripsy	2
เครื่องยิงปิงปอง	2
Comet	2
The Lost Cell phone	2
LORAN	2

4. นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ และนำให้คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ตรวจสอบจนผ่านการพิจารณา

5. นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล เพื่อนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

6. ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในส่วนของเนื้อหา ความกระชับ ภาษาให้เหมาะสม ต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

7. นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองสอนกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) จำนวน 40 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของภาษาและเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

8. นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์เพื่อตรวจสอบอีกครั้งก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 3 ข้อ คะแนนเต็ม 20 คะแนน เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค ซึ่งผู้วิจัยปรับปรุงมาจากเกณฑ์การให้คะแนนของ บุญญิสา แซ่หล่อ (2550, น.54) ดังนี้

2.1 ความรู้ และความสามารถที่ใช้ในการเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์

1. สามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้การแก้ปัญหา

ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบ หัวข้อ 2.1.1

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	สามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้การแก้ปัญหา ถูกต้องสมบูรณ์
2	สามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้การแก้ปัญหา ถูกเป็นส่วนใหญ่แต่ตอบผิดบางเรื่อง
1	สามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้การแก้ปัญหา บางส่วนแต่ตอบถูกเป็นส่วนน้อย
0	ไม่ตอบคำถาม คำตอบไม่เกี่ยวกับคำถาม หรือไม่มีคำตอบที่ถูก

2. สามารถแปลงความสัมพันธ์ของสมการพีชคณิตและกราฟเรขาคณิตในเรื่องภาคตัดกรวยได้

ตาราง 3 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบ หัวข้อ 2.1.2

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
4	สามารถเขียนกราฟและส่วนประกอบของเรขาคณิตภาคตัดกรวยได้ถูกต้องทั้งหมด และสามารถแปลงเป็นสมการของเรขาคณิตภาคตัดกรวยได้ถูกต้อง
2	สามารถเขียนกราฟและส่วนประกอบของเรขาคณิตภาคตัดกรวยได้ถูกต้อง หรือสามารถแปลงเป็นสมการของเรขาคณิตภาคตัดกรวยได้ถูกต้อง อย่างใดอย่างหนึ่ง
0	ไม่ตอบคำถาม คำตอบไม่เกี่ยวกับคำถาม หรือไม่มีคำตอบที่ถูก

2.2 ความรู้ และความสามารถที่ใช้ในการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

1. สามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา

ตาราง 4 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบ หัวข้อ 2.2.1

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	สามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องใช้การแก้ปัญหา ถูกต้องสมบูรณ์
2	สามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องใช้การแก้ปัญหา ถูกเป็นส่วนใหญ่แต่ตอบผิดบางเรื่อง
1	สามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องใช้การแก้ปัญหา บางส่วนแต่ตอบถูกเป็นส่วนน้อย
0	ไม่ตอบคำถาม คำตอบไม่เกี่ยวกับคำถาม หรือไม่มีคำตอบที่ถูก

2. สามารถแปลงสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ ให้อยู่ในรูปสมการพีชคณิตหรือกราฟเรขาคณิตได้

ตาราง 5 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบ หัวข้อ 2.2.2

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
4	สามารถเขียนกราฟและส่วนประกอบของเรขาคณิตภาคตัดกรวยได้ถูกต้อง และสามารถแปลงเป็นสมการของเรขาคณิตภาคตัดกรวยได้ถูกต้อง
2	สามารถเขียนกราฟและส่วนประกอบของเรขาคณิตภาคตัดกรวยได้ถูกต้อง หรือสามารถแปลงเป็นสมการของเรขาคณิตภาคตัดกรวยได้ถูกต้อง อย่างใดอย่างหนึ่ง
0	ไม่ตอบคำถาม คำตอบไม่เกี่ยวกับคำถาม หรือไม่มีคำตอบที่ถูก

2.3 ความรู้ และความสามารถที่ใช้ในการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

1. สามารถยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้อง

2. สามารถอธิบายเหตุผลนำความรู้นั้นไปใช้ได้

ตาราง 6 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบ หัวข้อ 2.3

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
6	สามารถยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้อง และสามารถอธิบายเหตุผลนำความรู้นั้นไปใช้ได้ ถูกต้อง
4	สามารถยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้อง และสามารถอธิบายเหตุผลนำความรู้นั้นไปใช้ได้ ถูกต้องบางส่วน
2	สามารถยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้อง แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลนำความรู้นั้นไปใช้ได้
0	ไม่ตอบคำถาม คำตอบไม่เกี่ยวกับคำถาม หรือไม่มีคำตอบที่ถูก

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

1. ศึกษาแนวคิดการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ

2. ศึกษาเนื้อหาและผลการเรียนรู้จากตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เรื่อง ภาคตัดกรวย

3. วิเคราะห์เนื้อหา ความคิดรวบยอด และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหาที่ใช้ในการทดลองเพื่อใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

4. สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ เป็นแบบทดสอบ อัตนัย 6 ข้อ โดยให้ครอบคลุมเนื้อหาตามมาตรฐานการเรียนรู้

และตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เรื่องภาคตัดกรวย

5. นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข

6. นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ได้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบในเรื่องความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ซึ่งจะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์มากกว่า 0.5 แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข โดยกำหนดระดับการให้คะแนนสำหรับแต่ละข้อในแบบทดสอบ ดังนี้

คะแนน +1	หมายถึง	สอดคล้อง
คะแนน 0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
คะแนน -1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

7. นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพศิรินทร์ จำนวน 5 คน เพื่อทดสอบด้านภาษาและประเมินเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ

8. นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) กรุงเทพมหานคร ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน แล้วนำมาตรวจให้คะแนนโดยยึดเกณฑ์การให้คะแนนตามที่ได้สร้างไว้

9. นำแบบทดสอบวัดความสามาถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ที่ได้มาวิเคราะห์รายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยมีเกณฑ์ว่าค่าความยากง่าย (p) ต้องอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่า 0.20 ขึ้นไป แล้วคัดเลือกแบบทดสอบวัดความสามาถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ที่มีค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ดังกล่าว จำนวน 3 ข้อ

10. นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ มาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยคำนวณจากสูตรแอลฟาของครอนบราค

11. นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3. แบบสังเกตพฤติกรรมการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

แบบสังเกตเป็นแบบตรวจสอบรายการ (observation checklist) ที่ประกอบด้วยพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงระหว่างทำกิจกรรม จำนวน 1 ฉบับ ซึ่งผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในกลุ่มตามที่ได้คัดเลือกไว้ในระหว่างการทำกิจกรรม โดยแบบสังเกตพฤติกรรมในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แบบตรวจสอบรายการ ที่ปรับปรุงมาจาก สกล ตั้งเก้าสกุล (2560, น.179) เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์พัฒนาหาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ขั้นตอนการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

1. วิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างรายการแสดงพฤติกรรมของนักเรียน

2. สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แต่ละองค์ประกอบ

3. นำแบบสังเกตพฤติกรรมการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

4. ปรับแบบสังเกตพฤติกรรมการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ให้เหมาะสมเพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

4. แบบสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

เป็นแนวคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์นักเรียน เพื่อให้ได้รายละเอียดที่ชัดเจนยิ่งขึ้นเกี่ยวกับความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยสัมภาษณ์นักเรียนในกลุ่มตามที่ได้คัดเลือกไว้ในช่วงก่อนและหลังการทำกิจกรรม ที่ปรับปรุงมาจาก สกล ตั้งเก้าสกุล (2560, น.180) เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ขั้นตอนการสร้างแบบสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

1. วิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างประเด็นคำถาม

2. สร้างแบบสัมภาษณ์ เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แต่ละองค์ประกอบ

3. นำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

4. นำแบบสัมภาษณ์ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบแผนการวิจัย

แบบแผนการวิจัยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบกลุ่มเดียว มีการทดสอบหลังการทดลอง (One – group Posttest Only Design) ซึ่งเป็นแบบแผนการวิจัยที่เลือกใช้กลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว ให้ตัวแปรอิสระกับกลุ่มตัวอย่างแล้วทำการทดสอบหลังเรียนจากนั้นพิจารณาผลการทดลอง

ตาราง 7 แบบแผนการวิจัย One – Group Posttest-Only Design

ตัวแปรอิสระ	ทดสอบ
X	T

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย

X แทน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

T แทน การทดสอบหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

การดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยใช้เวลาในการดำเนินการทดลองทั้งหมด 13 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยแบ่งเป็นเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จำนวน 12 คาบเรียน เวลาในทดสอบหลังเรียน 1 คาบเรียน ซึ่งรายละเอียดการดำเนินการทดลองมีดังนี้

1. ผู้วิจัยชี้แจงให้ผู้เรียนกลุ่มทดลองทราบถึงการเรียนรู้โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อที่ผู้เรียนจะปฏิบัติตนได้ถูกต้อง

2. ผู้วิจัยสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 4 คน ก่อนทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

3. ผู้วิจัยจัดกิจกรรมเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นทั้งหมด 6 แผน ในแต่ละคาบเรียนผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้สอน และผู้สังเกตการณ์ โดยมีนิสิตปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 2 คน ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยวิจัย ช่วยบันทึกพฤติกรรมการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายขณะลงมือทำกิจกรรมในกลุ่มย่อยเพื่อสังเกตพฤติกรรมการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

4. เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จากนั้นให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ (Posttest) และสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติมภายหลังการทดลอง เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หลังเรียน

สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบไปด้วย แบบทดสอบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ แบบสังเกตพฤติกรรมการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ตาราง 8 สรุปการดำเนินการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ครั้งที่	การดำเนินการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูล	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย		
		CT	CI	CO
ก่อนการทดลอง				
1	สัมภาษณ์ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์		✓	
ระหว่างการทดลอง				
2	จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา กิจกรรมที่ 1			✓
3	จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา กิจกรรมที่ 2			✓
4	จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา กิจกรรมที่ 3			✓
5	จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา กิจกรรมที่ 4			✓
6	จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา กิจกรรมที่ 5			✓
7	จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา กิจกรรมที่ 6			✓
หลังการทดลอง				
8	ทดสอบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	✓	✓	

สัญลักษณ์ ✓ หมายถึง ผู้วิจัยใช้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยต่อไปนี้

CT แทน แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

CI แทน แบบสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

CO แทน แบบสังเกตพฤติกรรมการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2. ทดสอบสมมติฐานที่ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ผ่านเกณฑ์ มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งใช้การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าสัดส่วนประชากร โดยใช้สถิติทดสอบ Z (Z – Test for Population Proportion)

3. นำแบบสังเกตพฤติกรรมเพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างการทดลองและบทสัมภาษณ์นักเรียนในกลุ่มเป้าหมาย 4 คน ก่อนและหลังการทดลอง โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach)

3. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน คือ การทดสอบ Z (Z-Test for Population Proportion)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ คือ เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมนำมาวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ดังนี้

การศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย

ในการศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. **ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ**

1.1 **ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน**

ผู้วิจัยนำคะแนนจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษารายบุคคล และแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ไปหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อศึกษาหาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตาราง 9

ตาราง 9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนที่ได้จากใบกิจกรรมรายบุคคล และคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

แหล่งที่มาของคะแนน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต $(\bar{X})$	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตคิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็ม	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
1. ใบกิจกรรมรายบุคคล	40	33.31	83.28	3.12
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	60	31.93	53.22	11.69
รวม	100	65.24	65.24	12.57

จากตาราง 9 พบว่า คะแนนรวมของใบกิจกรรมรายบุคคลของนักเรียนที่ได้มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 33.31 ซึ่งมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.12 และคะแนนรวมของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ได้มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 31.93 ซึ่งมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 11.69 ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนรวมจากใบกิจกรรมรายบุคคล และแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 65.24 ซึ่งมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 12.57

ผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละองค์ประกอบ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตาราง 10

ตาราง 10 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของแต่ละองค์ประกอบ

แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	คะแนนเต็ม (20 คะแนน)	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต $(\bar{X})$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
1.การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์	7	3.07	1.88
2.การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ	7	3.20	1.75
3.การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง	6	4.60	2.00
คะแนนรวม	20	10.87	4.08

จากตาราง 10 พบว่า จากแบบทดสอบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ในด้านการเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.07 ซึ่งมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.86 ในด้านการเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.20 ซึ่งมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.75 ในด้านการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ซึ่งมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.0 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของคะแนนรวมเท่ากับ 10.87 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.08 เมื่อพิจารณาทั้ง 3 ด้าน พบว่าความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตสูงที่สุด

1.2 การทดสอบสมมติฐานของการวิจัย

เพื่อทดสอบสมมติฐานของการวิจัยที่ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ผู้วิจัยนำคะแนนรวมจากการทำใบกิจกรรมรายบุคคลและแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ไปหาจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ที่ผ่านเกณฑ์ หลังจากนั้นทดสอบสมมติฐานของการวิจัยซึ่งใช้การ

ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าสัดส่วนประชากร โดยใช้สถิติทดสอบ Z ผลการทดสอบสมมติฐานของการวิจัยแสดงดังตาราง 11

ตาราง 11 ผลการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนนักเรียน (คน)	จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ (คน)	ค่าสถิติทดสอบ Z	ค่าวิกฤต
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	45	35	2.438	2.326

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 11 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ผ่านเกณฑ์มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .01

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ในการศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยและผู้ช่วยสังเกตการณ์จำนวน 2 คน ในกลุ่มตัวอย่างจะมีนักเรียนเป้าหมายรวมอยู่ด้วยจำนวน 4 คน ได้แก่ A B C D โดยที่ A เป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง B และ C เป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ปานกลาง D เป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ซึ่งนักเรียนเป้าหมายเป็นนักเรียนที่คละความสามารถและมีความสามารถในการแสดงออกในการพูดและอธิบายแนวคิดของตัวเอง แบ่งเป็น 1) ใบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของนักเรียน 2) แบบสังเกตพฤติกรรมการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และ 3) การสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาตร์

2.1 ใบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของนักเรียน

ในแต่ละช่วงของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยและผู้ช่วยสังเกตการณ์ได้เลือกคาบเรียนที่นักเรียนแสดงความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย มาอธิบายโดยแบ่งเป็นช่วงตามคาบ โดยมีรายละเอียดของผลการวิเคราะห์สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

ช่วงที่ 1 ผู้วิจัยเลือกกิจกรรมที่ 1 – 2 มาอธิปรายว่า นักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ว่าเป็นอย่างไร ในช่วงแรกของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

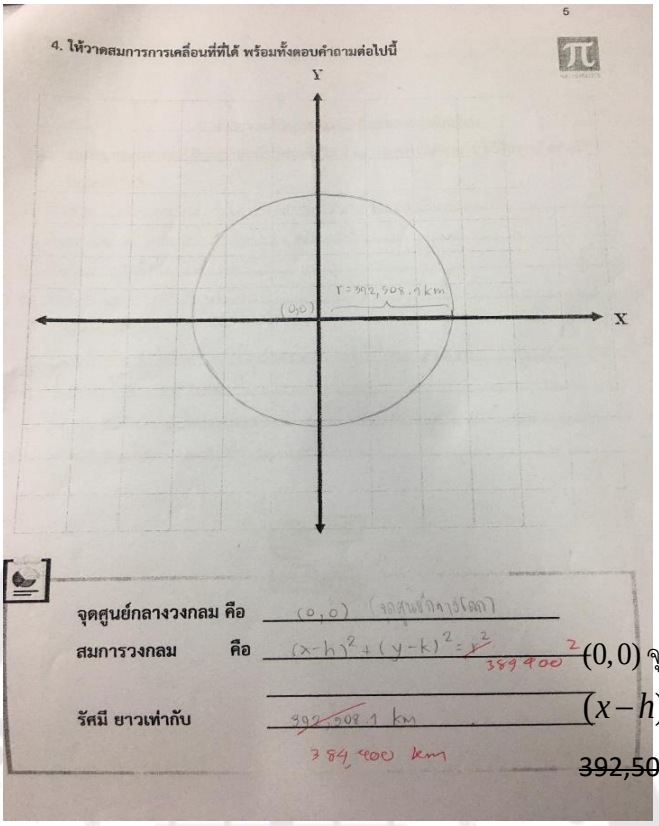
ช่วงที่ 2 ผู้วิจัยเลือกกิจกรรมที่ 3 – 4 มาอภิปรายว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ว่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร จากช่วงที่ 1

ช่วงที่ 3 ผู้วิจัยเลือกกิจกรรมที่ 5 – 6 มาอภิปรายว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ว่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร ภายหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยพิจารณาจาก 3 องค์ประกอบ 1) การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ 2) การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และ 3) การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง ดังนี้

1. การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์

สำหรับการอธิบายรายละเอียดของการเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ในช่วงที่ 1 สองกิจกรรมแรกคือ The Moon และ Lithotripsy นักเรียนส่วนใหญ่แปลงความสัมพันธ์ของสมการพีชคณิตกับกราฟเรขาคณิต ถูกต้องได้เพียงเล็กน้อย เช่นในภาพประกอบ 6 และ 7



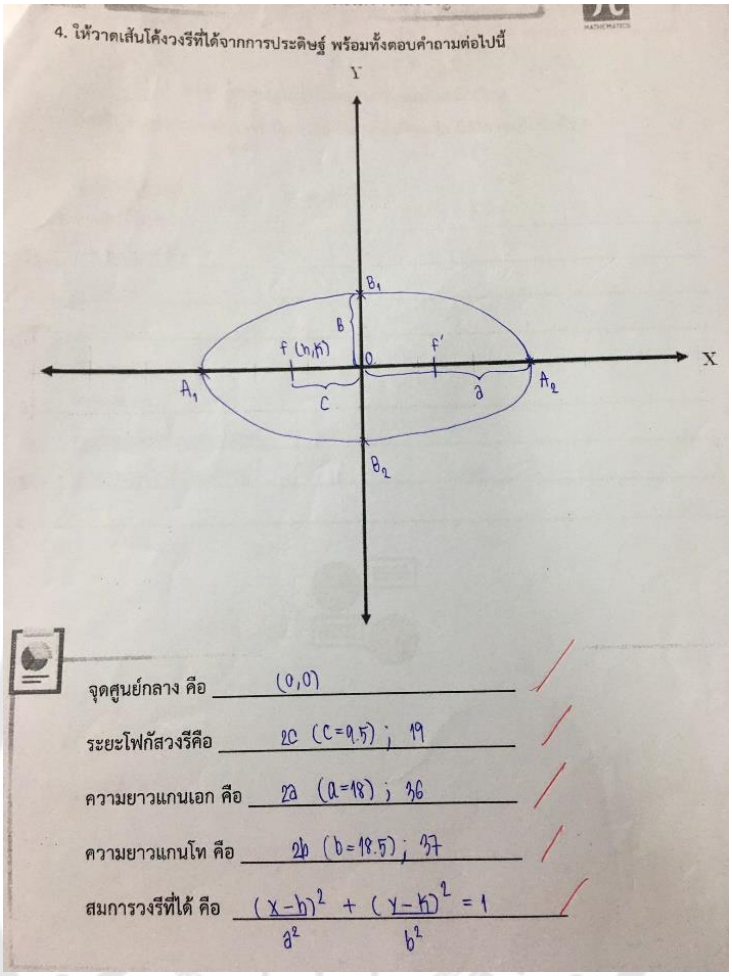
$(0,0)$ จุดศูนย์กลางโลก

$(x-h)^2+(y-k)^2=$ ~~r^2~~ $384{,}400^2$

~~392,509.1 km~~ 384,400 km

ภาพประกอบ 6 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม The Moon

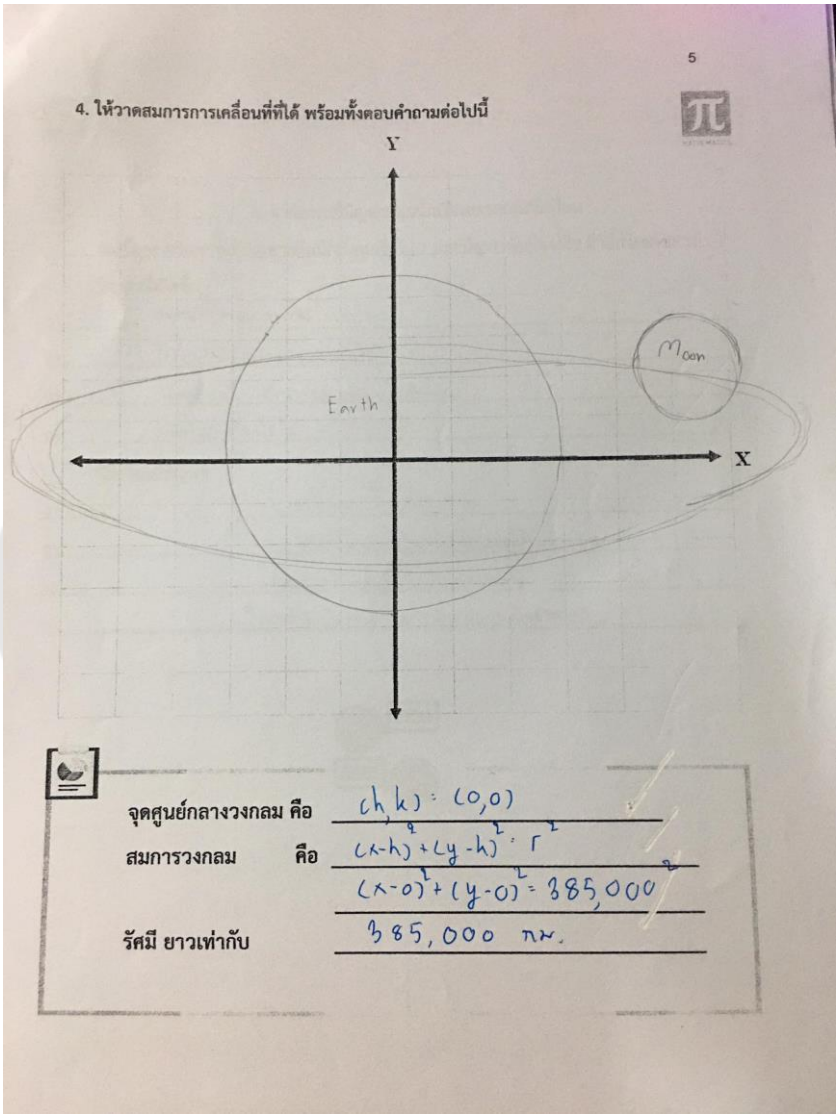
จากภาพประกอบที่ 6 กิจกรรม The Moon นักเรียนยังแปลงความสัมพันธ์ของสมการวงโคจรของดวงจันทร์กับกราฟวงกลมแสดงถึงวงโคจรของดวงจันทร์ เนื่องจากไม่ได้แทนค่าจุดศูนย์กลางของวงกลม (h,k) และขนาดของรัศมีวงกลม ดังแสดงให้เห็น



ภาพประกอบ 7 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Lithotripsy

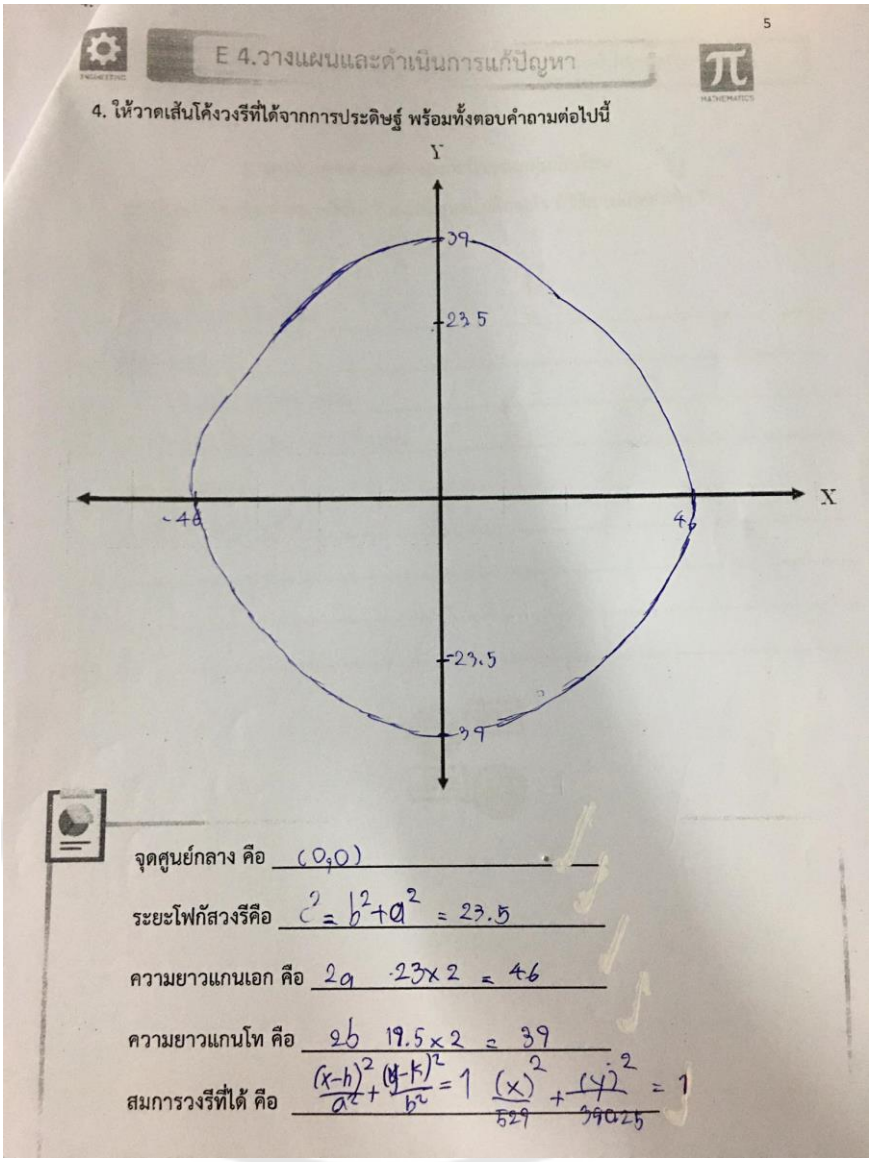
จากภาพประกอบที่ 7 ในกิจกรรม Lithotripsy นักเรียนส่วนใหญ่แปลงความสัมพันธ์ของสมการวงรีกับกราฟวงรียังไม่ถูกต้อง ไม่ได้แทนค่าจุดศูนย์กลางของวงรี (h,k) และค่า a และ b ในสมการวงรี

สำหรับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้ง 4 คนพิจารณาจากร่องรอยการเขียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังแปลงความสัมพันธ์ของสมการพีชคณิตกับกราฟเรขาคณิต ไม่ถูกต้อง ดังภาพประกอบที่ 8 – 9



ภาพประกอบ 8 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม The Moon กลุ่มตัวอย่าง

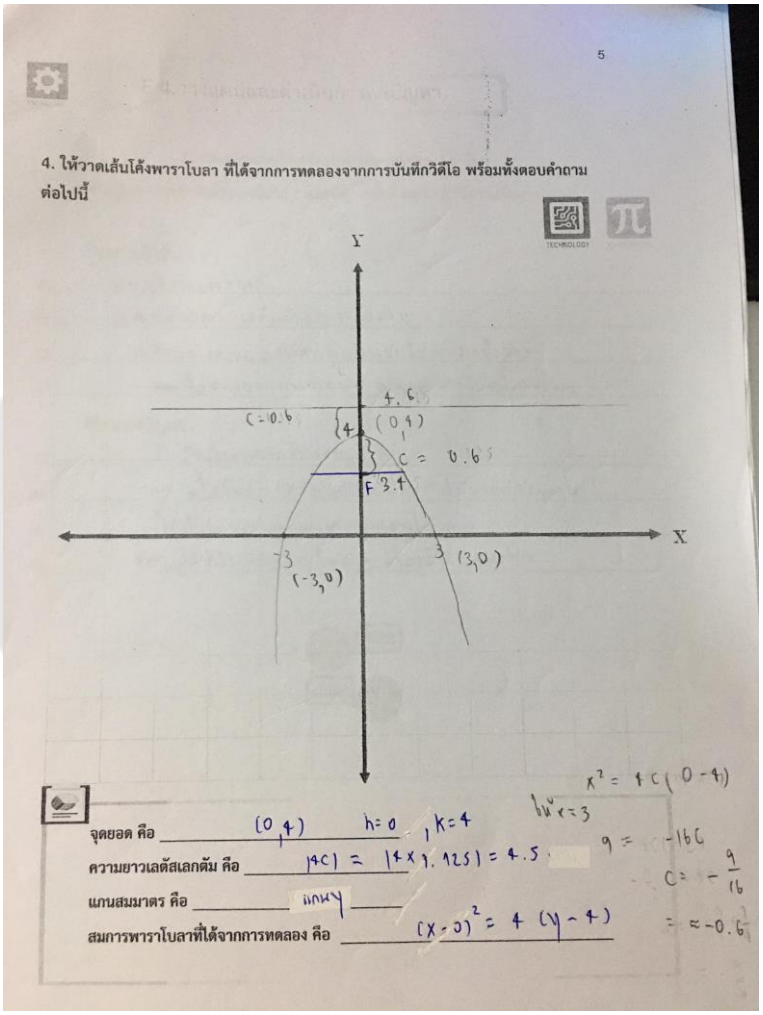
จากภาพประกอบที่ 8 กิจกรรม The Moon นักเรียนไม่สามารถเขียนวงโคจรของดวงจันทร์รอบโลกได้



ภาพประกอบ 9 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Lithotripsy กลุ่มตัวอย่าง

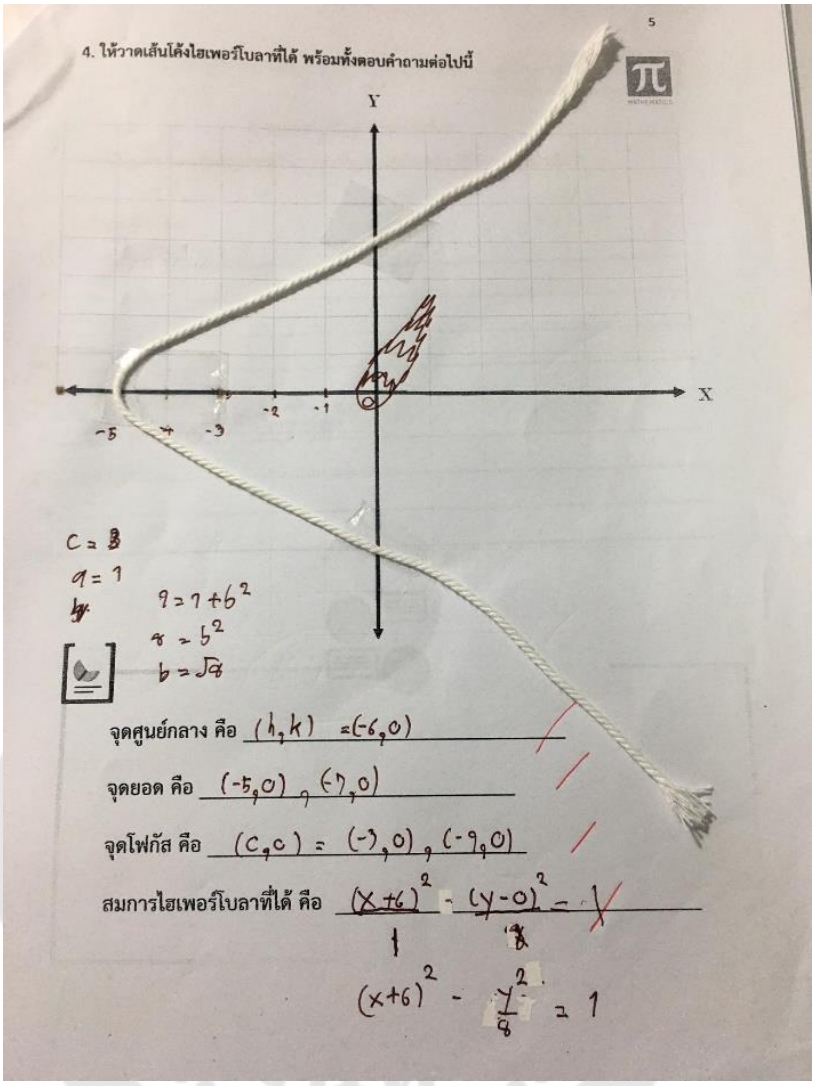
จากภาพประกอบที่ 9 กิจกรรม Lithotripsy นักเรียนหาความสัมพันธ์สมการวงรี และเขียนกราฟวงรียังไม่ถูกต้อง

หลังจากผ่านกิจกรรมที่ 1 The Moon กิจกรรมที่ 2 Lithotripsy แล้วนักเรียนทำกิจกรรมที่ 3 เครื่องยิงปิงปอง และกิจกรรมที่ 4 Comet ปรากฏว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถแปลงความสัมพันธ์ของสมการพีชคณิต กับกราฟเรขาคณิต ได้ถูกต้องมากขึ้น ดังแสดงให้เห็นในภาพประกอบ 10 และ 11



ภาพประกอบ 10 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง

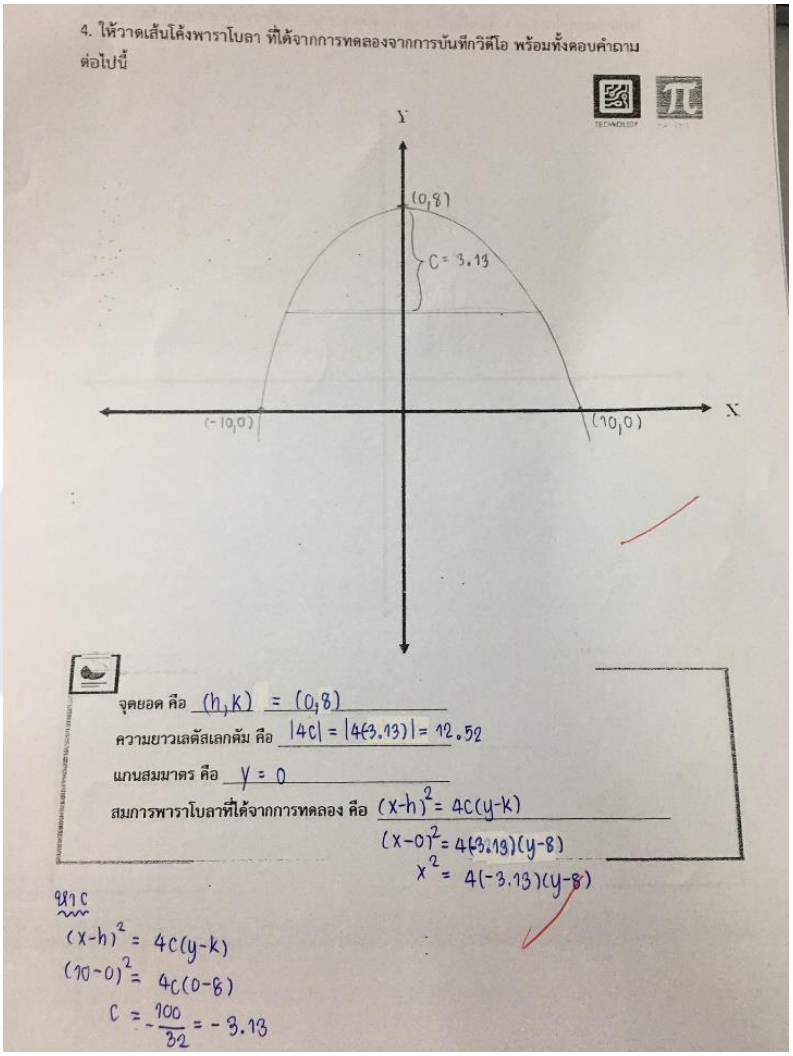
จากภาพประกอบที่ 10 กิจกรรมเครื่องยิงปิงปอง นักเรียนมีการแทนค่าจุดยอดของพาราโบลา (h,k) และมีร่องรอยการทดแสดงขั้นตอนในการหาระยะโฟกัสของพาราโบลา (c)



ภาพประกอบ 11 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Comet

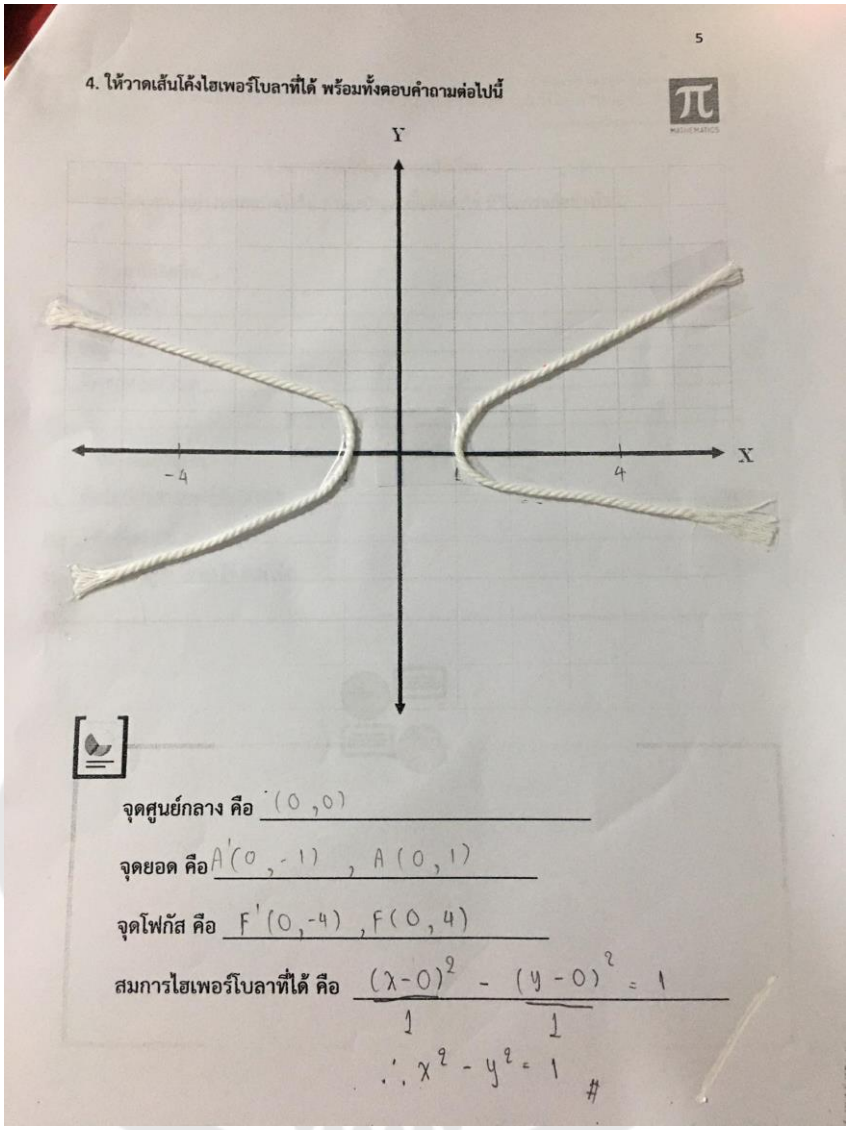
จากภาพประกอบที่ 11 กิจกรรม Comet นักเรียนมีการแทนค่าจุดยอดของไฮเพอร์โบลา (h,k) และมีร่องรอยการทดแสดงขั้นตอนในการหาสมการของไฮเพอร์โบลา จากระยะโฟกัสของไฮเพอร์โบลา (c)

สำหรับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้ง 4 คนพิจารณาจากร่องรอยการเขียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนแปลงความสัมพันธ์ของสมการพีชคณิตกับกราฟเรขาคณิต ได้ดีขึ้น ดังภาพประกอบที่ 12 – 13



ภาพประกอบ 12 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรมเครื่องยิงปิงปอง กลุ่มตัวอย่าง

จากภาพประกอบที่ 12 กิจกรรมเครื่องยิงปิงปอง นักเรียนสามารถเขียนกราฟการเคลื่อนที่ลูกปิงปอง แสดงการแทนค่าจุดยอด (h, k) มีร่องรอยการทดแสดงขั้นตอนในการหาระยะโฟกัสของพาราโบลาและนำไปสร้างสมการการเคลื่อนที่ได้

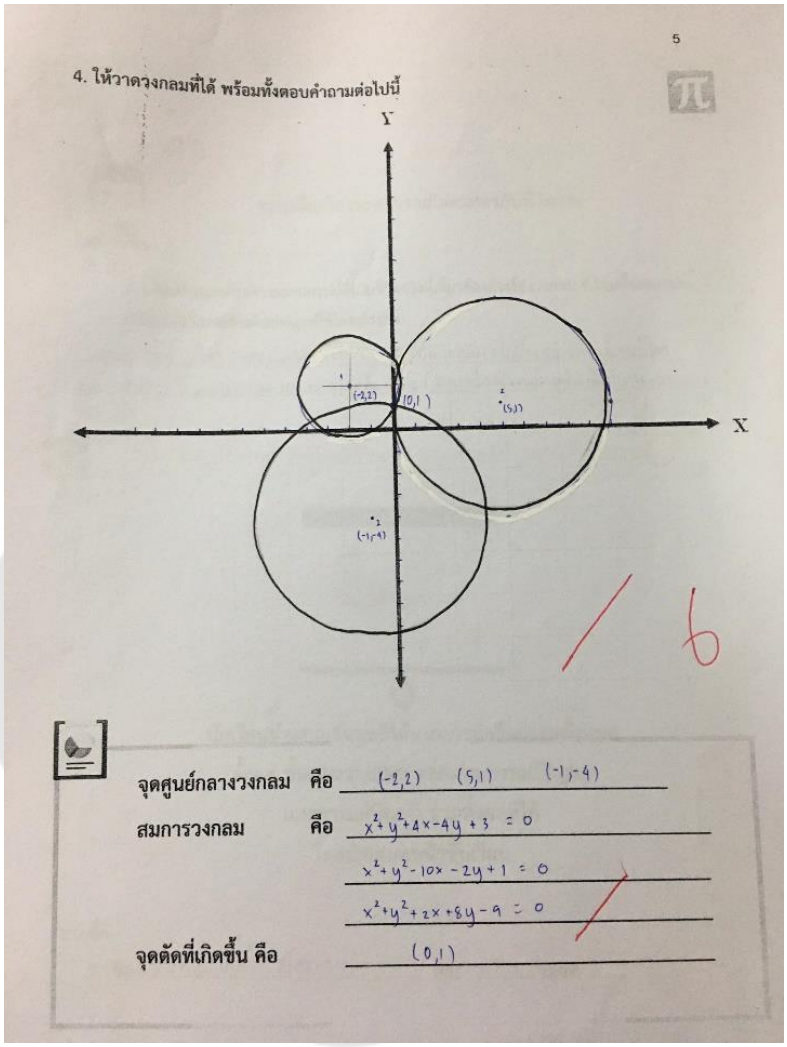


ภาพประกอบ 13 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Comet กลุ่มตัวอย่าง

จากภาพประกอบที่ 13 กิจกรรม Comet นักเรียนหาความสัมพันธ์สมการและเขียนกราฟการเคลื่อนที่ของดาวหางได้

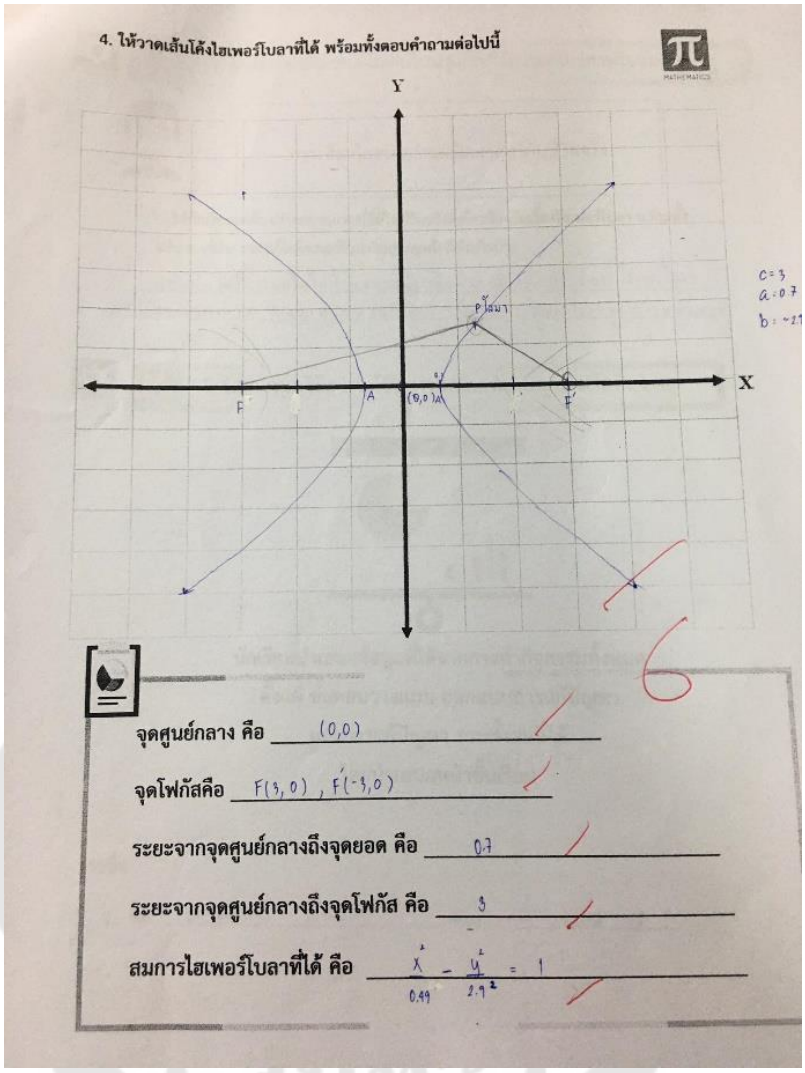
หลังจากผ่านกิจกรรมที่ 1 The Moon กิจกรรมที่ 2 Lithotripsy กิจกรรมที่ 3 เครื่องยิงปิงปอง และกิจกรรมที่ 4 Comet โดยที่กิจกรรมที่ 1 – 4 เป็นกิจกรรมที่ทำกันเป็นกลุ่มซึ่งทั้ง 4 กิจกรรมที่ผ่านมานั้นเป็นกิจกรรมที่มีขั้นตอนและใช้อุปกรณ์ในการประดิษฐ์ ประโยชน์ที่ได้คือนักเรียนมีการแบ่งหน้าที่ มีการแลกเปลี่ยนความคิดกันภายในกลุ่ม ส่วนกิจกรรมที่ 5 A Lost Cell

Phone และกิจกรรมที่ 6 Loran เป็นกิจกรรมที่มีรายละเอียดของขั้นตอนไม่ซับซ้อนและอุปกรณ์ที่ใช้ไม่มากเหมาะที่จะเป็นกิจกรรมรายบุคคล ดังแสดงให้เห็นในภาพประกอบที่ 14 และ 15



ภาพประกอบ 14 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone

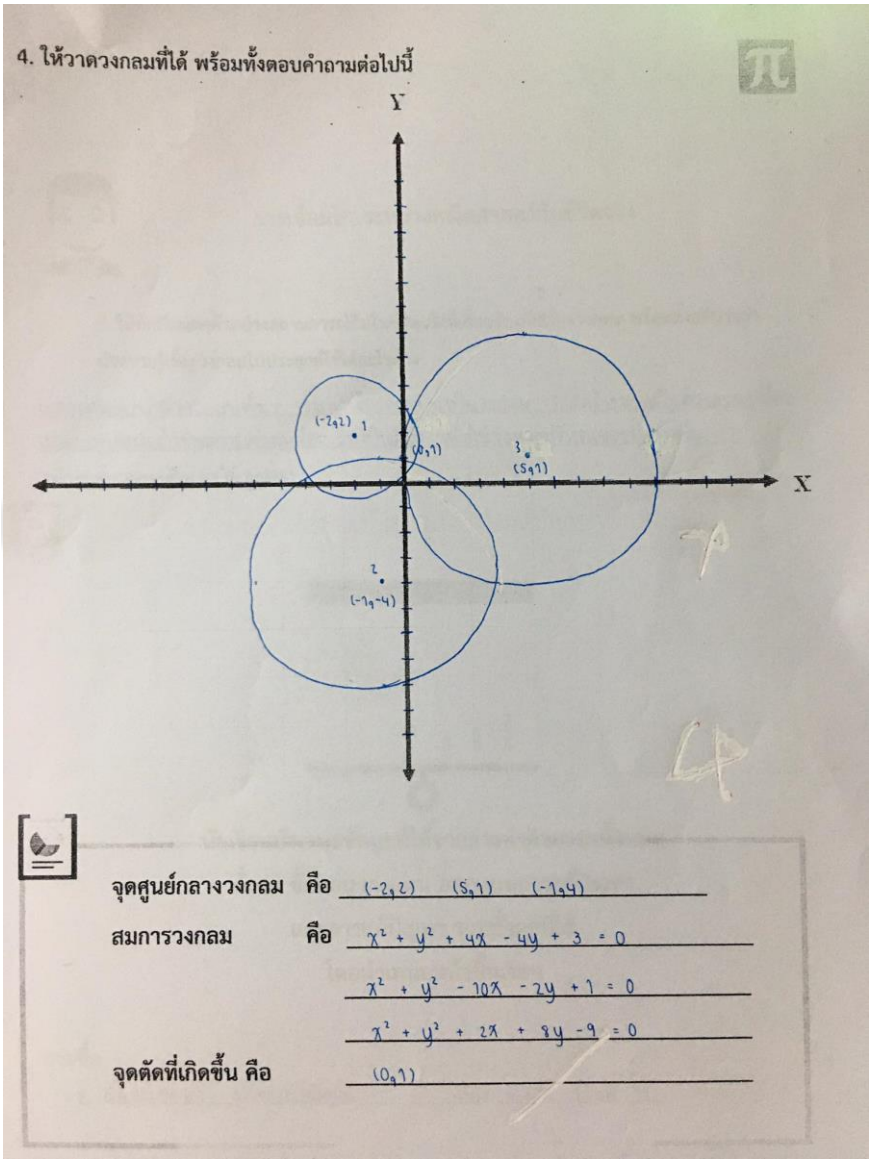
จากภาพประกอบที่ 14 กิจกรรม A Lost Cell Phone จะพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้ดี จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากแปลงความสัมพันธ์ของสมการพีชคณิต กับกราฟเรขาคณิตได้ถูกต้อง มีค่าแทนค่าจุดศูนย์กลางของวงกลม (h,k) ทั้งสามวง หาขนาดของรัศมีวงกลม แต่ละวง และหาจุดตัดของวงกลมทั้งสามวงได้ถูกต้อง



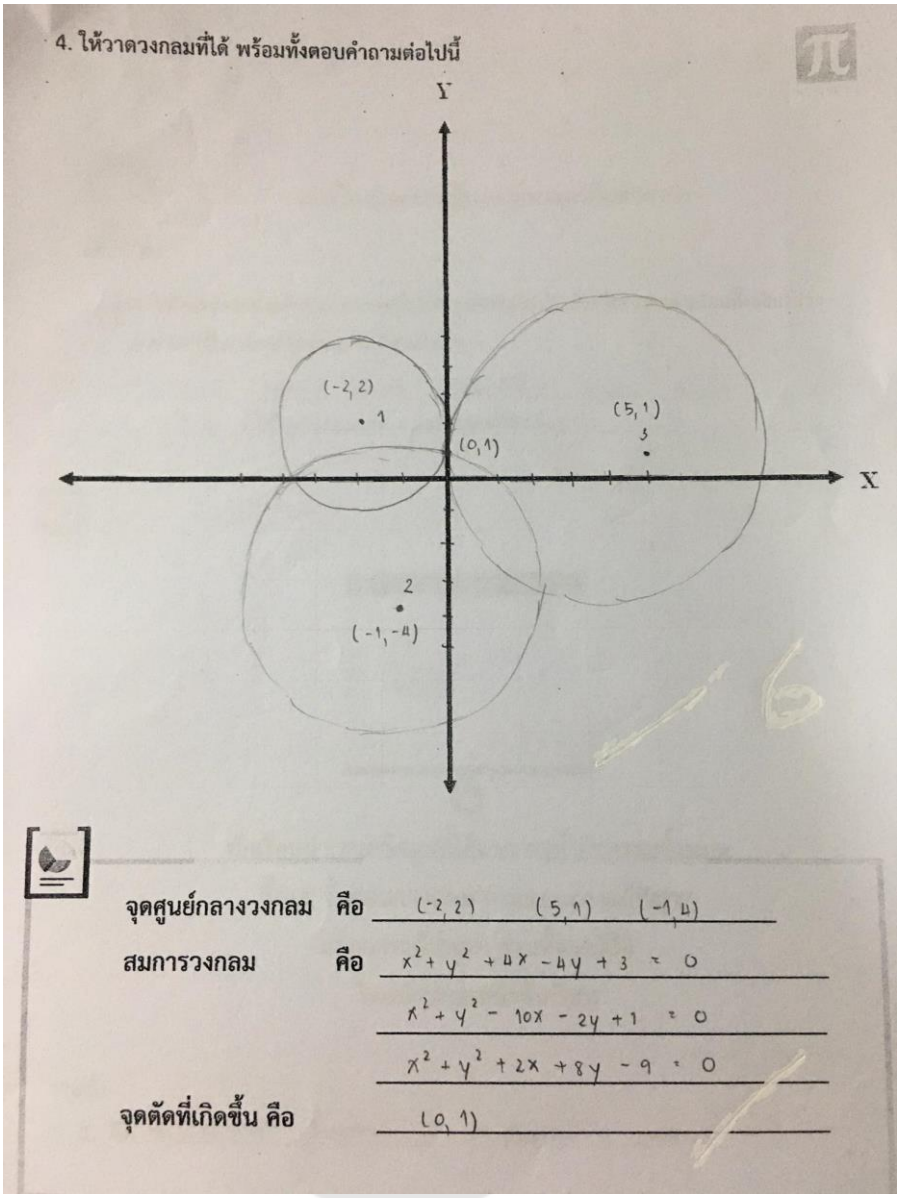
ภาพประกอบ 15 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Loran

จากภาพประกอบที่ 15 กิจกรรม Loran นักเรียนส่วนมากแปลงความสัมพันธ์ของสมการพีชคณิต กับกราฟเรขาคณิตได้ถูกต้อง มีค่าแทนค่าจุดยอดของไฮเพอร์โบลา (h,k) จุดโฟกัส และใช้สมบัติของไฮเพอร์โบลาเพื่อหาค่าตำแหน่งของปลาโลมาและสร้างสมการไฮเพอร์โบลาได้ถูกต้อง

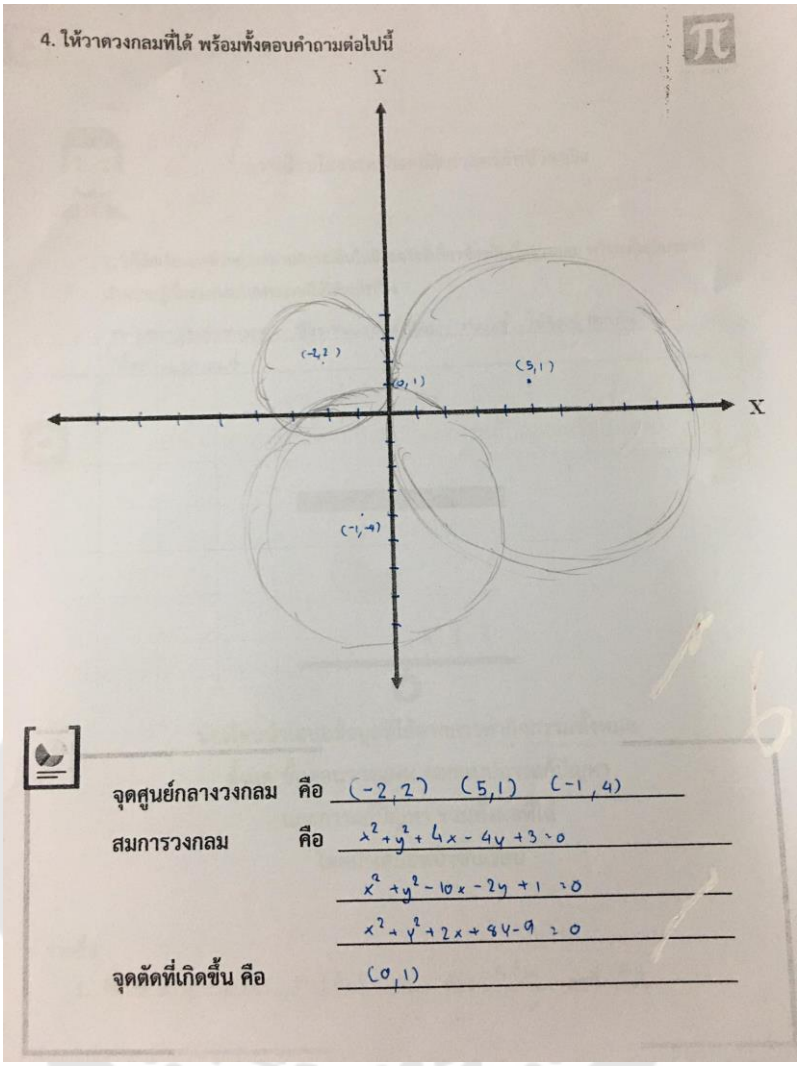
สำหรับนักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คนพิจารณาจากร่องรอยการเขียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนแปลงความสัมพันธ์ของสมการพีชคณิตกับกราฟเรขาคณิต ได้ดีขึ้น จากร่องรอยได้เห็นพัฒนาการในการแปลงความสัมพันธ์ของสมการพีชคณิตกับกราฟเรขาคณิตได้ถูกต้องมากขึ้นเมื่อเทียบกับกิจกรรมในช่วงแรกดังแสดงให้เห็นในภาพประกอบที่ 16 – 23



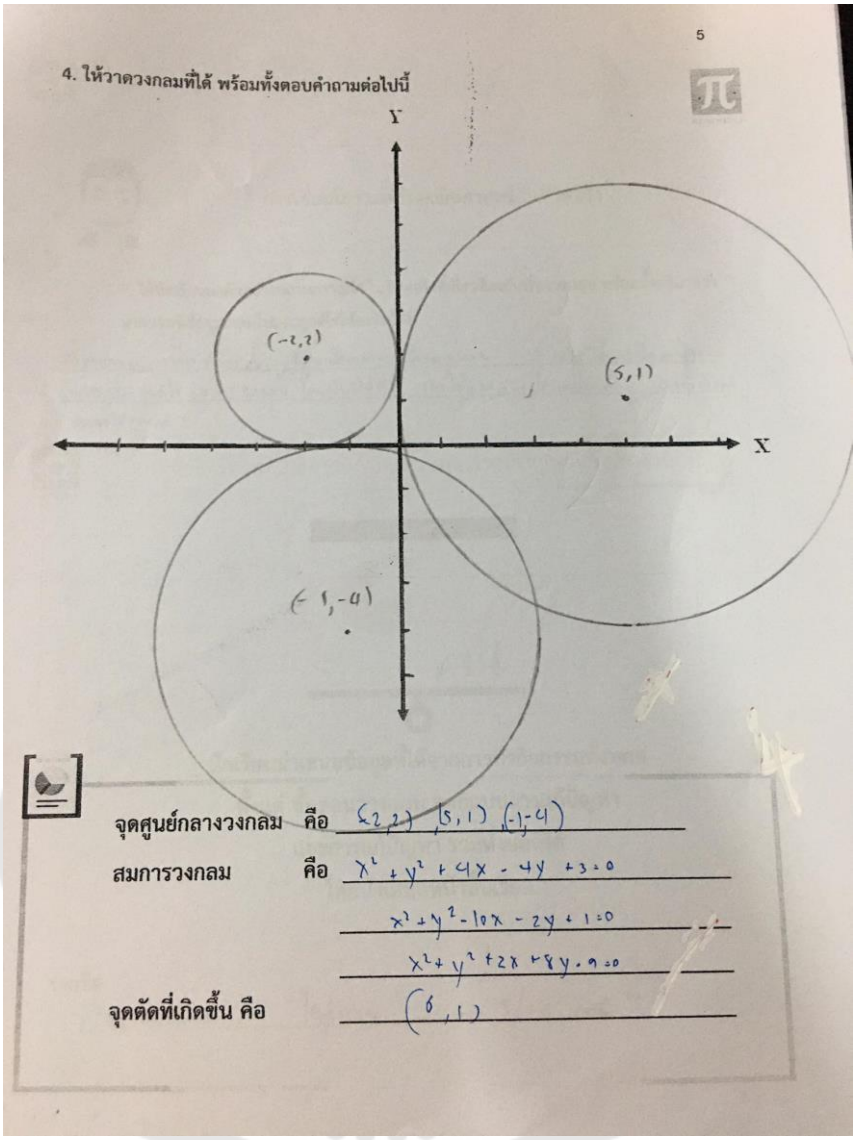
ภาพประกอบ 16 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ A



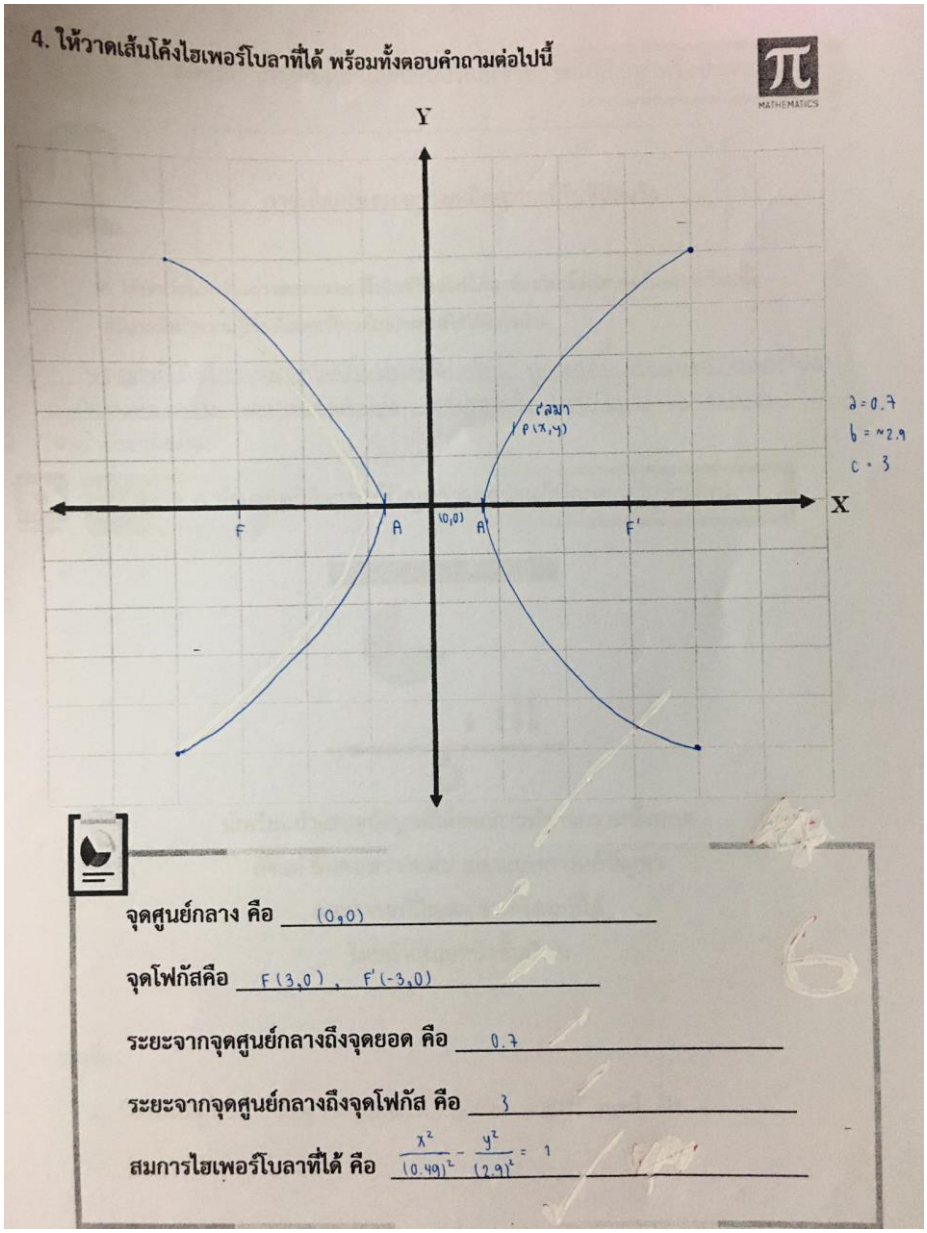
ภาพประกอบ 17 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ B



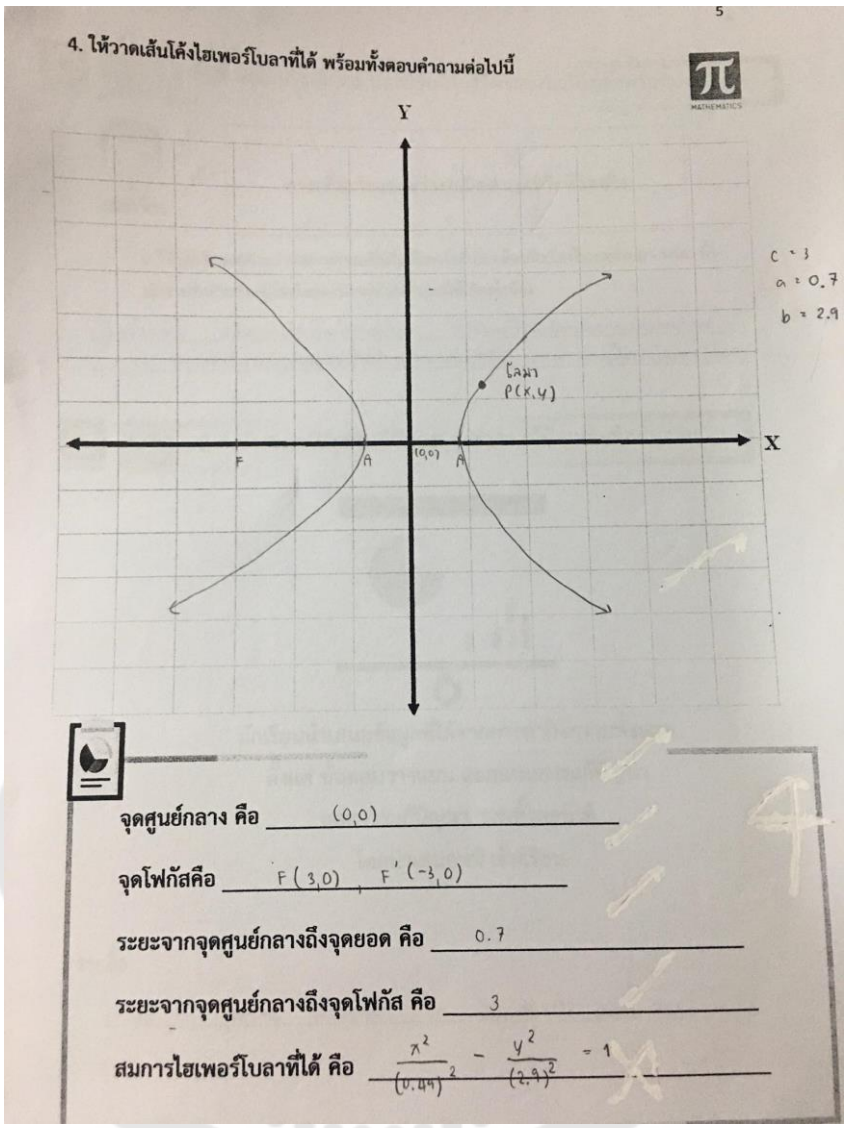
ภาพประกอบ 18 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ C



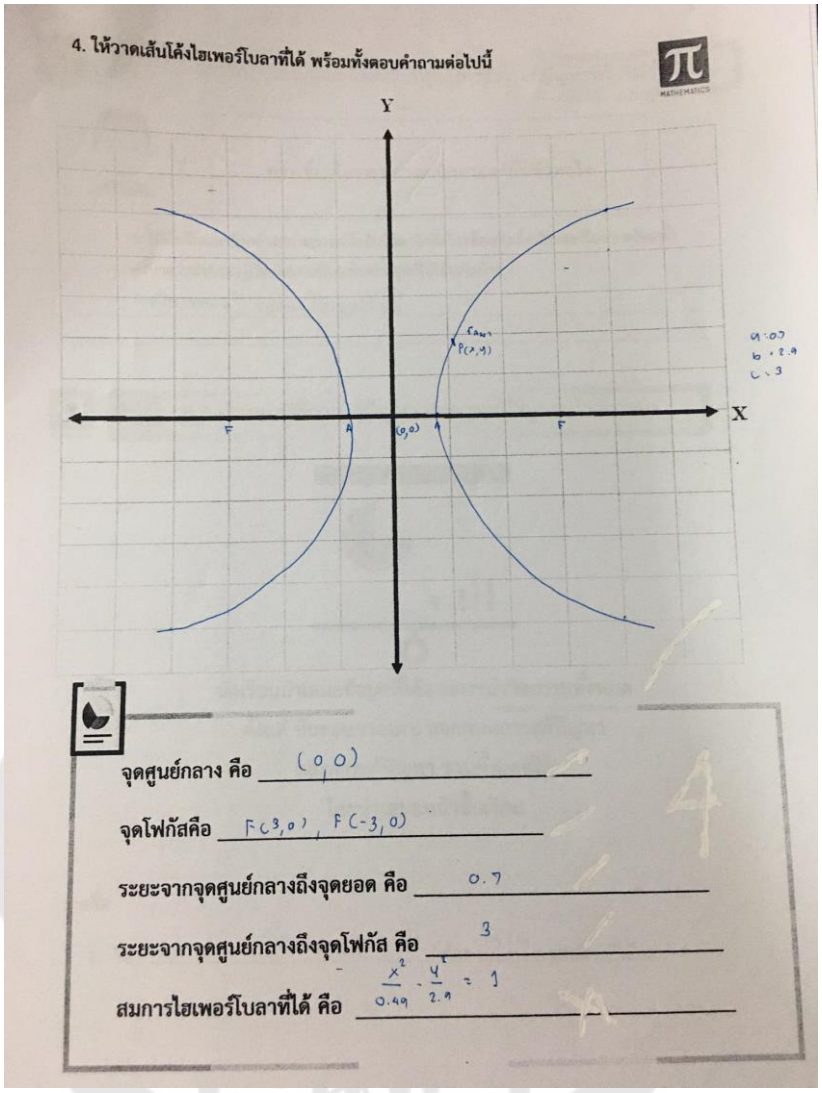
ภาพประกอบ 19 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ D



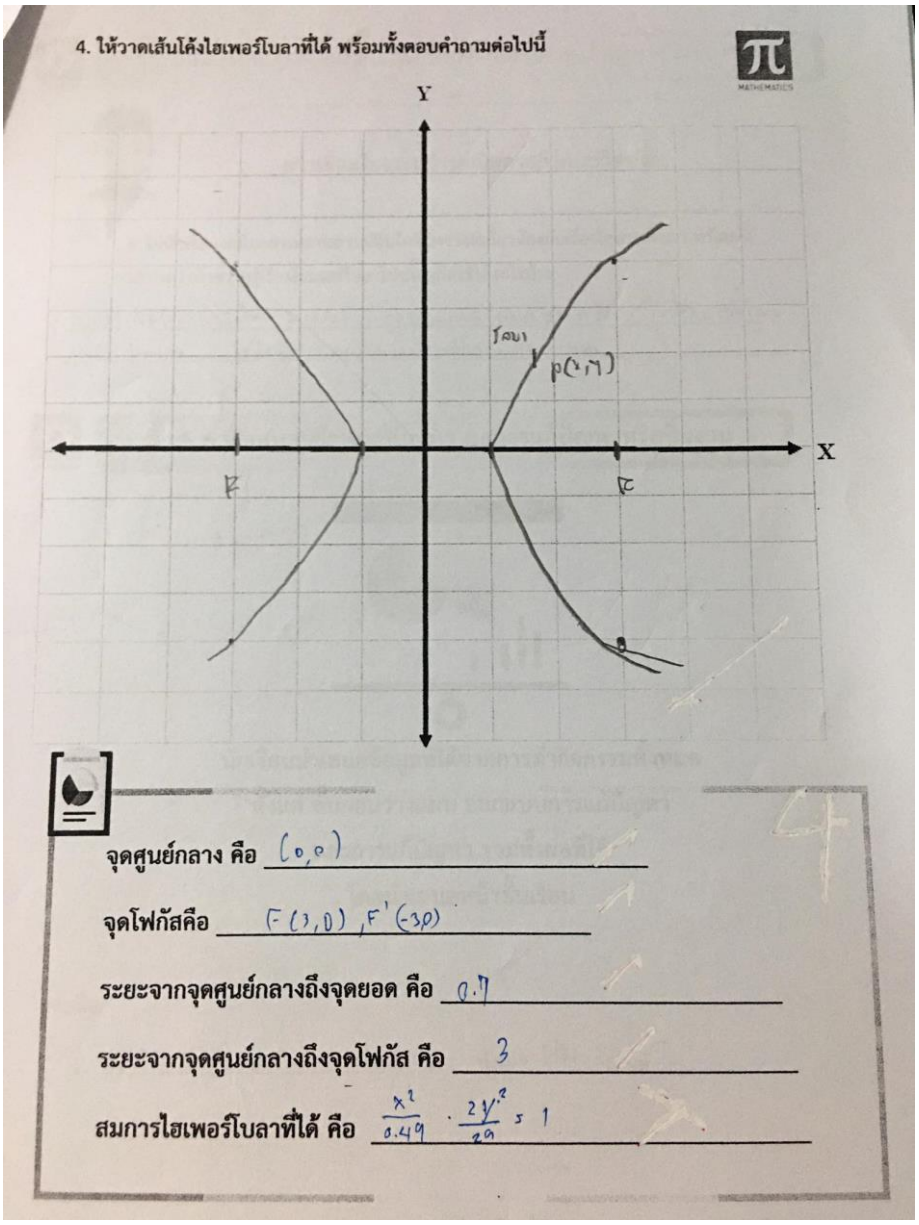
ภาพประกอบ 20 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Loran ของ A



ภาพประกอบ 21 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Loran ของ B



ภาพประกอบ 22 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Loran ของ C

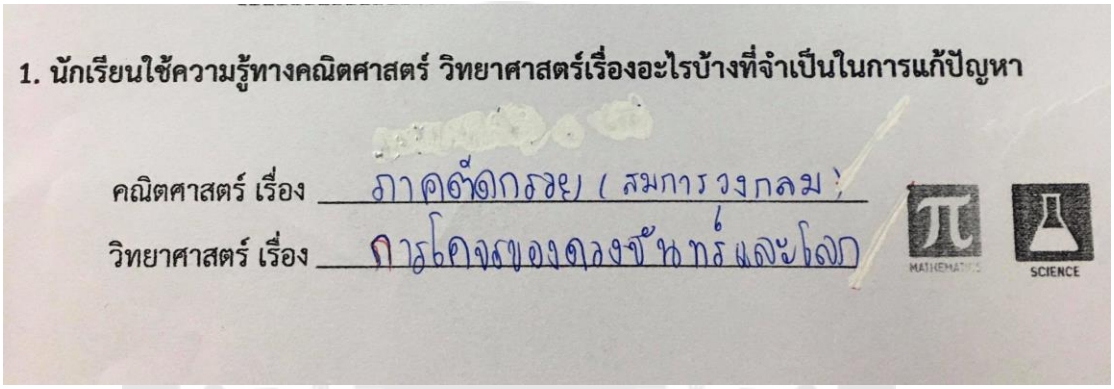


ภาพประกอบ 23 การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กิจกรรม Loran ของ D

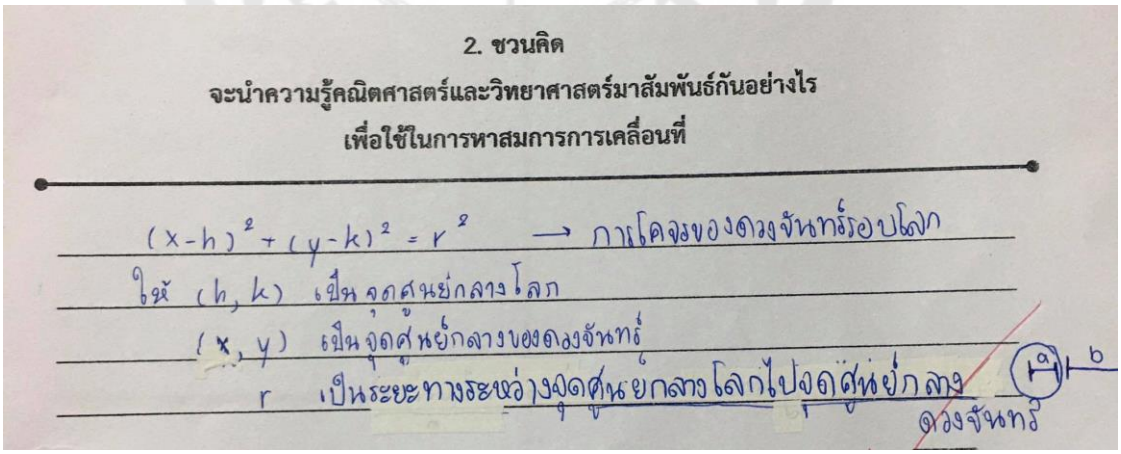
หลังจากผ่านทุกกิจกรรมแล้วแสดงให้เห็นว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีพัฒนาการความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ในประเด็นการเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ในทางที่ดีขึ้น

2. การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

สำหรับการอธิบายรายละเอียดของการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ นักเรียนสามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา มีความสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกันอย่างไร ในช่วง 2 กิจกรรมแรก ดังแสดงให้เห็นในภาพประกอบ 24 – 27



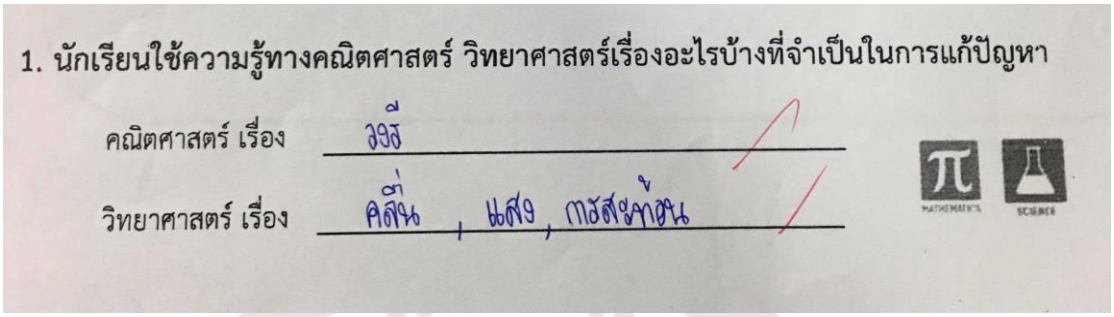
ภาพประกอบ 24 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม The Moon



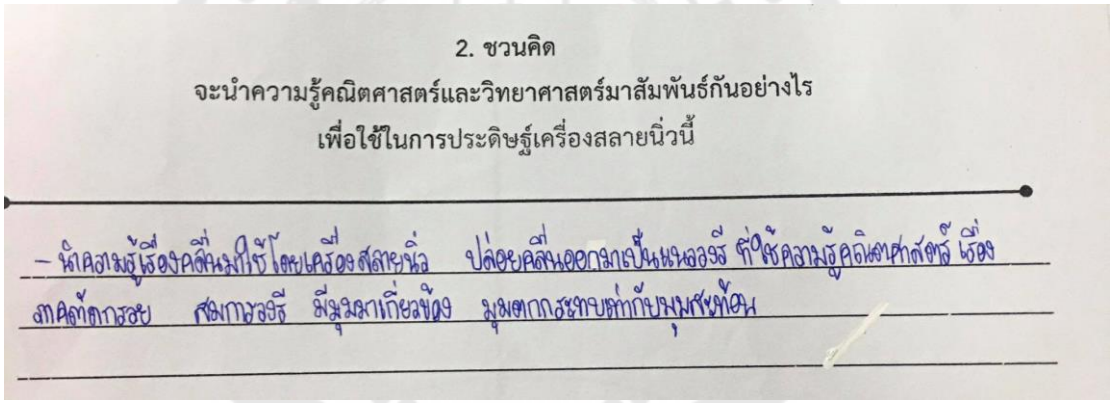
ภาพประกอบ 25 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม The Moon

จากภาพประกอบที่ 24 – 25 กิจกรรม The Moon จะเห็นว่านักเรียนระบุความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง นักเรียนยังระบุได้ไม่ตรงประเด็นเท่าที่ควร เนื่องจากไม่เกี่ยวข้องกับการ

โคจรของโลก การหาความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ นักเรียนยังเขียนคำอธิบายได้ยังไม่ชัดเจน เนื่องจากไม่ได้อธิบายว่าวงกลมและการเคลื่อนที่ของดวงจันทร์เกี่ยวข้องกันอย่างไร



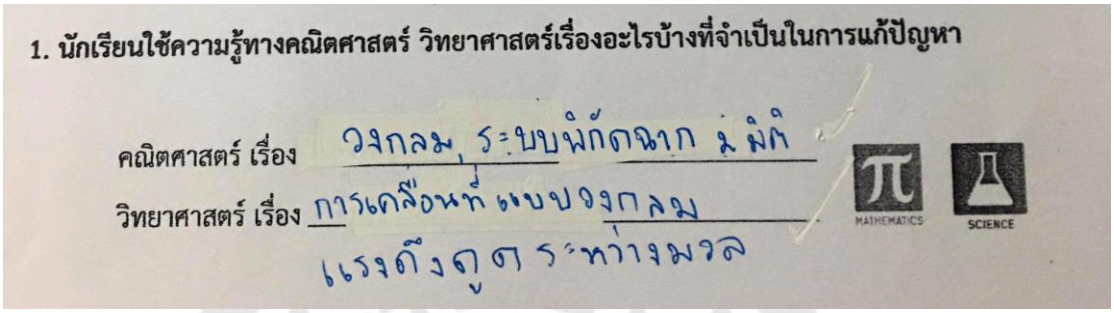
ภาพประกอบ 26 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม Lithotripsy



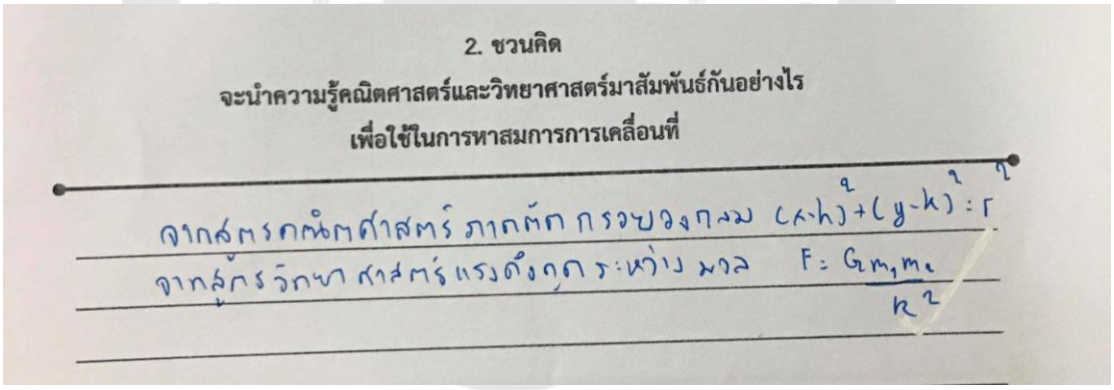
ภาพประกอบ 27 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม Lithotripsy

จากภาพประกอบที่ 26 – 27 กิจกรรม Lithotripsy จะเห็นว่านักเรียนระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง นักเรียนระบุได้ถูกต้อง การหาความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ เพื่อไปประดิษฐ์เครื่องสลายนิ่ว นักเรียนยังเขียนคำอธิบายได้ยังไม่ถูกต้อง เช่น ปล่อยคลื่นออกมาเป็นวงรี นักเรียนสามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ได้เล็กน้อยหรือยังไม่ตรงประเด็น และอธิบายความสัมพันธ์คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ยังไม่ชัดเจนเท่าที่ควร

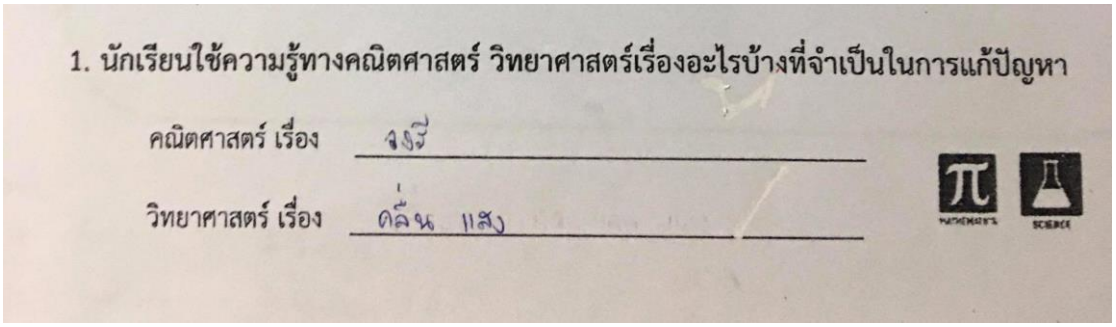
สำหรับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้ง 4 คนพิจารณาจากร่องรอยการเขียนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยังแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ยังไม่สมเหตุสมผล ดังภาพประกอบที่ 28 – 31



ภาพประกอบ 28 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม The Moon กลุ่มเป้าหมาย



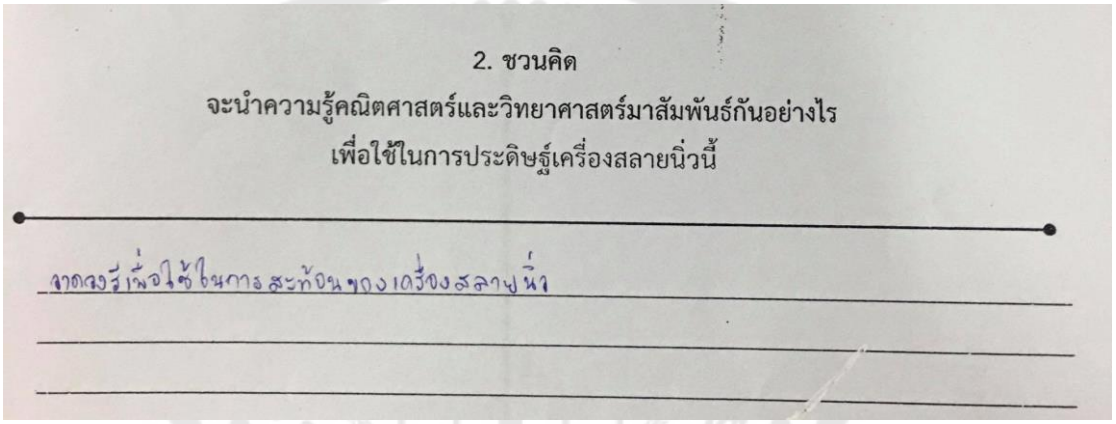
ภาพประกอบ 29 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม The Moon กลุ่มเป้าหมาย


1. นักเรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์เรื่องอะไรบ้างที่จำเป็นในการแก้ปัญหา

คณิตศาสตร์ เรื่อง จงรี

วิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่น แสง

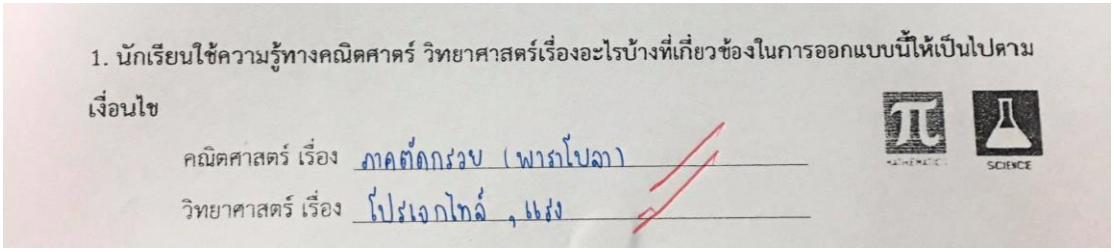
ภาพประกอบ 30 ระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม Lithotripsy กลุ่มเป้าหมาย


2. ชวนคิด

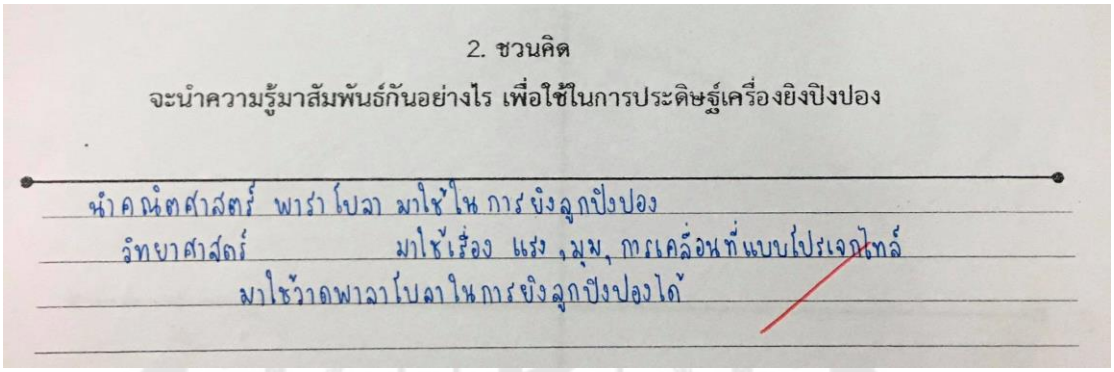
จะนำความรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มาสัมพันธ์กันอย่างไร เพื่อใช้ในการประดิษฐ์เครื่องสลายนิ่วนี้

ภาพประกอบ 31 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม Lithotripsy กลุ่มเป้าหมาย

หลังจากผ่านกิจกรรมที่ 1 The Moon กิจกรรมที่ 2 Lithotripsy แล้วนักเรียนทำกิจกรรมที่ 3 เครื่องยิงปิงปอง และกิจกรรมที่ 4 Comet ปรากฏว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และหาความสัมพันธ์ระหว่าง คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ดังแสดงให้เห็นในภาพประกอบ 32 – 35

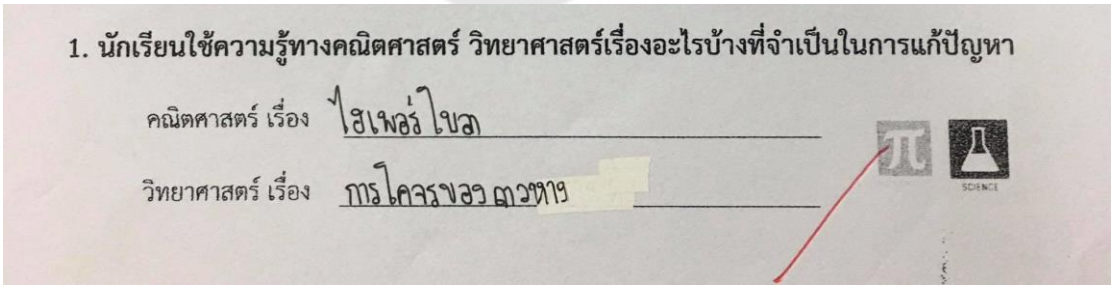


ภาพประกอบ 32 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง

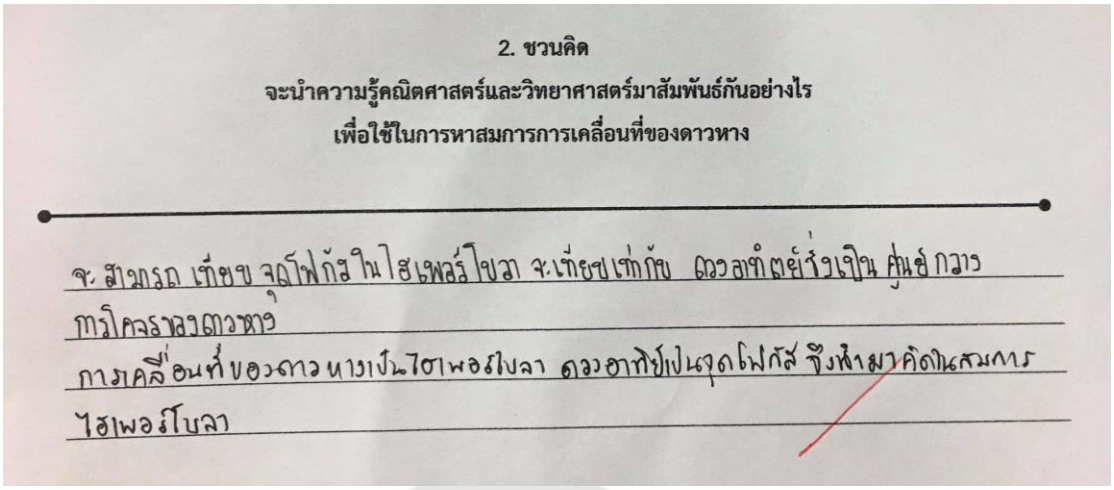


ภาพประกอบ 33 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง

จากภาพประกอบที่ 32 – 33 กิจกรรมเครื่องยิงปิงปอง นักเรียนมีการนำความรู้ไปประดิษฐ์เครื่องยิงปิงปองและสามารถอธิบายถึงสมการการเคลื่อนที่ของลูกปิงปองได้



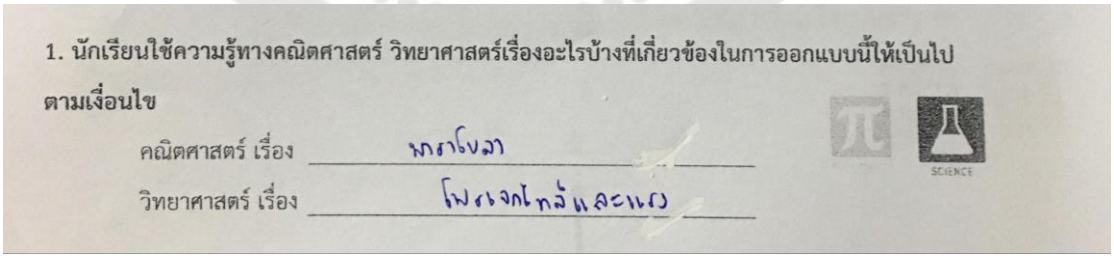
ภาพประกอบ 34 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม Comet



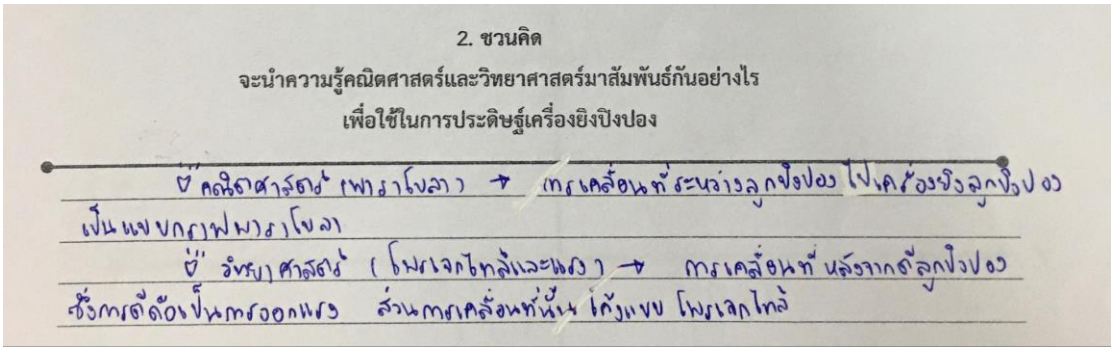
ภาพประกอบ 35 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม Comet

จากภาพประกอบที่ 34 – 35 กิจกรรม Comet นักเรียนสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของดาวหางได้โดยใช้สมการไฮเพอร์โบลา

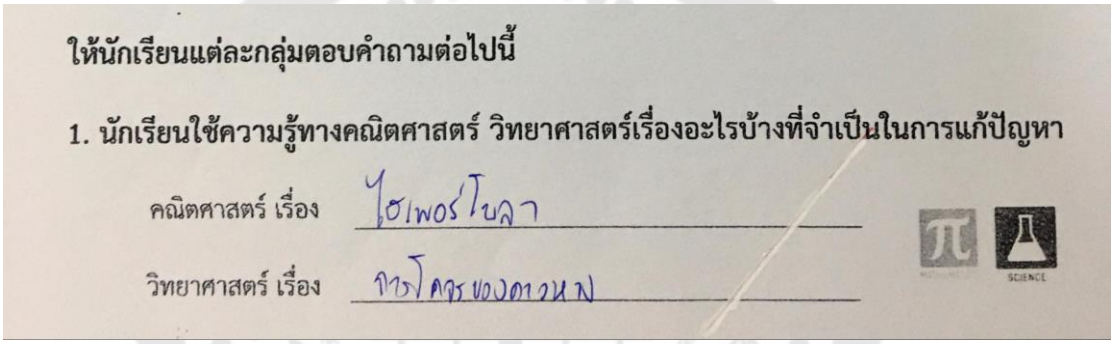
สำหรับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้ง 4 คนพิจารณาจากร่องรอยการเขียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง และแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง ดังภาพประกอบที่ 36 – 39



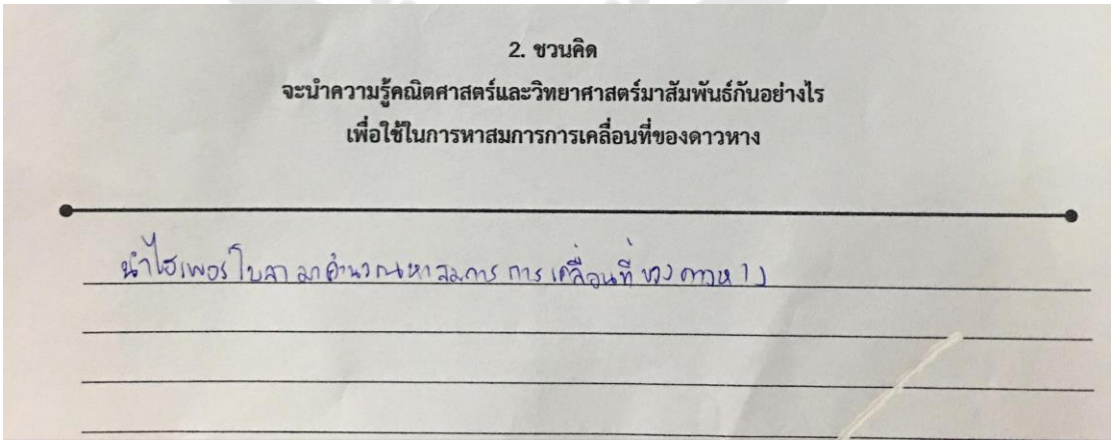
ภาพประกอบ 36 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง กลุ่มเป้าหมาย



ภาพประกอบ 37 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง กลุ่มเป้าหมาย

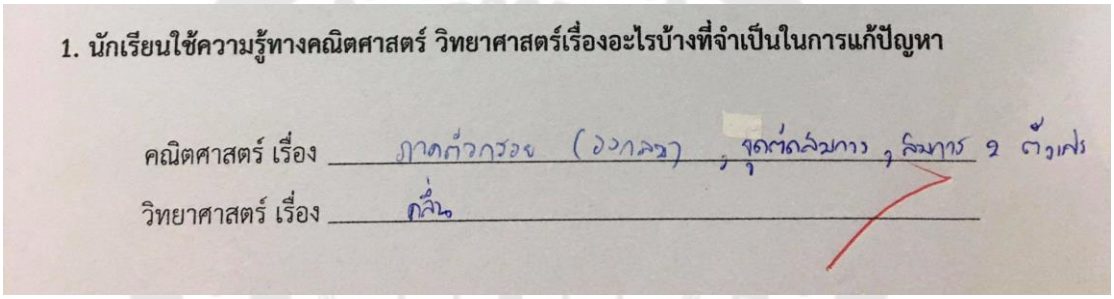


ภาพประกอบ 38 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม Comet กลุ่มเป้าหมาย

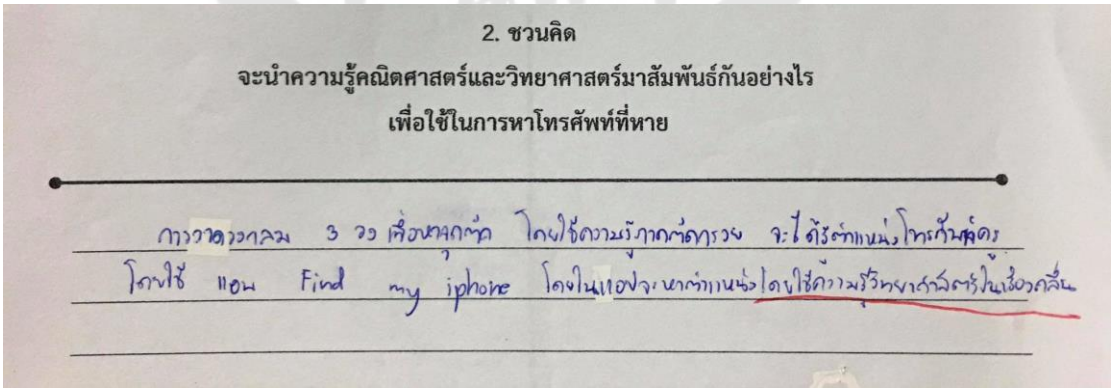


ภาพประกอบ 39 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม Comet กลุ่มเป้าหมาย

หลังจากผ่านกิจกรรมที่ 1 The Moon กิจกรรมที่ 2 Lithotripsy กิจกรรมที่ 3 เครื่องยิงปิงปอง และกิจกรรมที่ 4 Comet โดยที่กิจกรรมที่ 1 – 4 เป็นกิจกรรมที่ทำกันเป็นกลุ่มซึ่งทั้ง 4 กิจกรรมที่ผ่านมานั้นเป็นกิจกรรมที่มีขั้นตอนและใช้อุปกรณ์ในการประดิษฐ์ ประโยชน์ที่ได้คือนักเรียนมีการแบ่งหน้าที่ มีการแลกเปลี่ยนพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดกันภายในกลุ่ม ส่วนกิจกรรมที่ 5 A Lost Cell Phone และกิจกรรมที่ 6 Loran เป็นกิจกรรมที่มีรายละเอียดของขั้นตอนไม่ซับซ้อนและอุปกรณ์ที่ใช้ไม่มากเหมาะที่จะเป็นกิจกรรมรายบุคคล เมื่อพิจารณาจากใบกิจกรรมนักเรียน จะพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้ดี ดังแสดงให้เห็นในภาพประกอบที่ 40 – 43

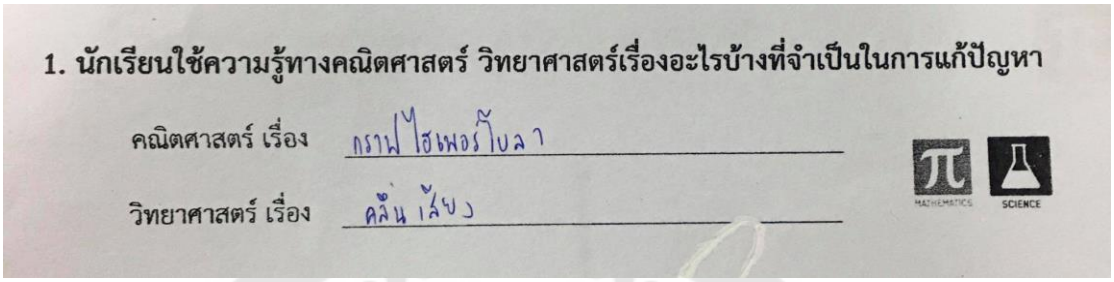


ภาพประกอบ 40 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม A Lost Cell Phone



ภาพประกอบ 41 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone

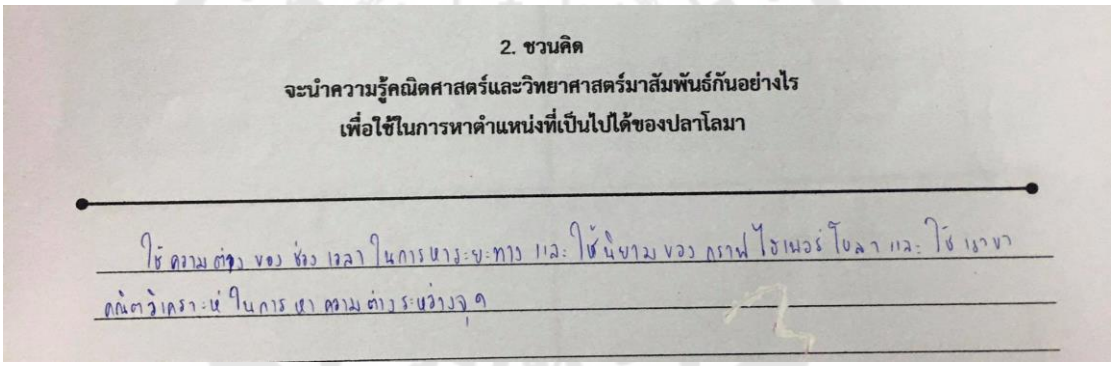
จากภาพประกอบที่ 40 – 41 กิจกรรม A Lost Cell Phone นักเรียนนำความรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มาสัมพันธ์กันไปสร้างสมการวงกลมเพื่อหาจุดตัดวงกลมทั้ง 3 วง สำหรับในการหาโทรศัพท์ที่หายไป


1. นักเรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์เรื่องอะไรบ้างที่จำเป็นในการแก้ปัญหา

คณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟไฮเพอร์โบลา

วิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นเสียง

ภาพประกอบ 42 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม Loran


2. ชวนคิด

จะนำความรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มาสัมพันธ์กันอย่างไร

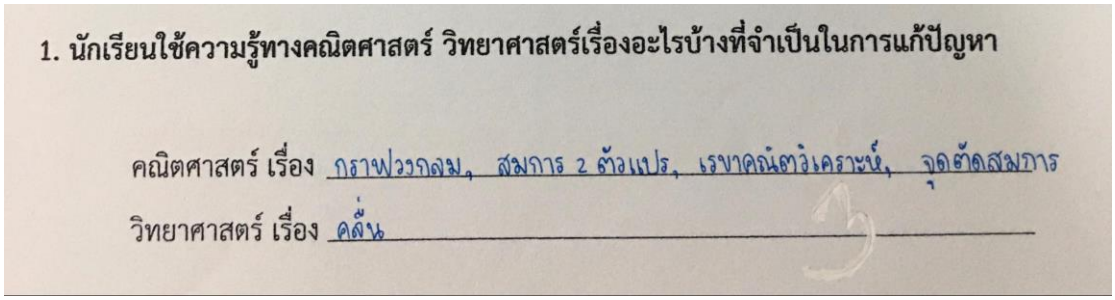
เพื่อใช้ในการหาตำแหน่งที่เป็นไปได้ของปลาโลมา

ใช้ความต่างของช่วงเวลาในการเดินทางและใช้นิยามของกราฟไฮเพอร์โบลาและใช้เงื่อนไขคณิตวิเคราะห์ในการหาความต่างระหว่างจุด

ภาพประกอบ 43 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม Loran

จากภาพประกอบที่ 42 – 43 กิจกรรม Loran นักเรียนนำความรู้ระหว่างคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ นัมาสัมพันธ์กันไปสร้างสมการไฮเพอร์โบลาเพื่อใช้ในการหาตำแหน่งของปลาโลมา

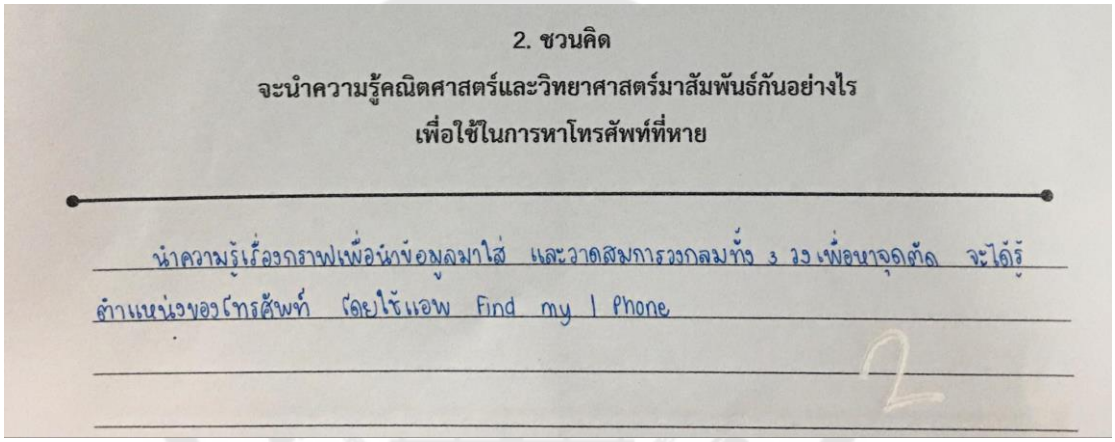
สำหรับนักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คนพิจารณาจากร่องรอยการเขียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง และแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง ดังภาพประกอบที่ 44 – 47


1. นักเรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์เรื่องอะไรบ้างที่จำเป็นในการแก้ปัญหา

คณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟวงกลม, สมการ 2 ตัวแปร, เรขาคณิตวิเคราะห์, จุดตัดสมการ

วิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่น

ภาพประกอบ 44 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ A

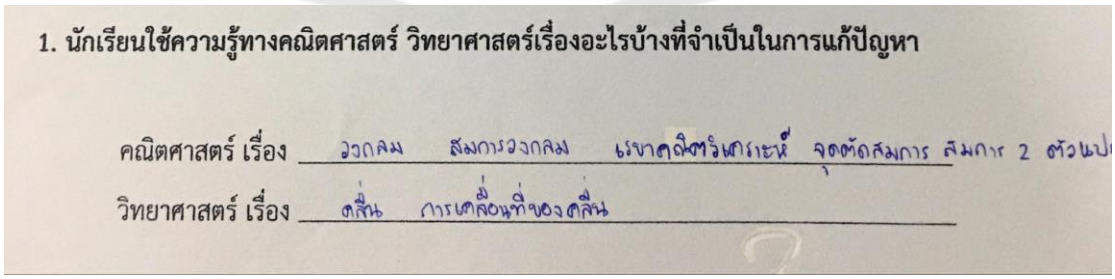

2. ชวนคิด

จะนำความรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มาสัมพันธ์กันอย่างไร

เพื่อใช้ในการหาโทรศัพท์ที่หาย

นำความรู้เรื่องกราฟเพื่อนำข้อมูลมาใส่ และวาดสมการวงกลมทั้ง 3 วง เพื่อหาจุดตัด จะได้รู้ตำแหน่งของโทรศัพท์ โดยใช้แอพ Find my I Phone

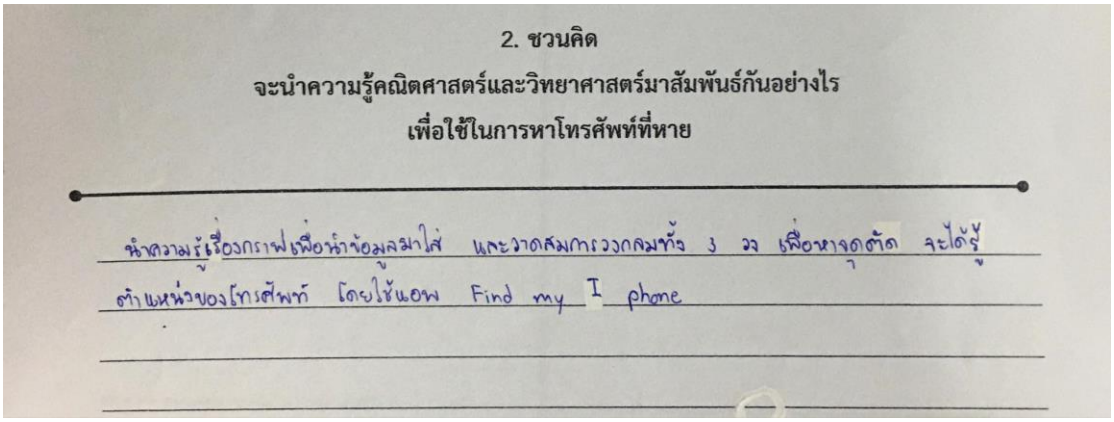
ภาพประกอบ 45 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ A


1. นักเรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์เรื่องอะไรบ้างที่จำเป็นในการแก้ปัญหา

คณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม สมการวงกลม เรขาคณิตวิเคราะห์ จุดตัดสมการ สมการ 2 ตัวแป

วิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่น การเคลื่อนที่ของคลื่น

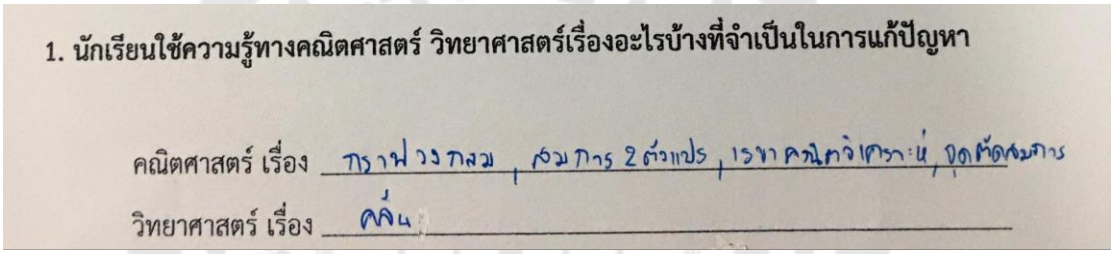
ภาพประกอบ 46 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ B


2. ชวนคิด

จะนำความรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มาสัมพันธ์กันอย่างไร
เพื่อใช้ในการหาโทรศัพท์ที่หาย

นำความรู้เรื่องกราฟเพื่อนำข้อมูลมาใส่ และวาดสมการวงกลมทั้ง 3 วง เพื่อหาจุดตัด จะได้รู้ตำแหน่งของโทรศัพท์ โดยใช้แอพ Find my I phone

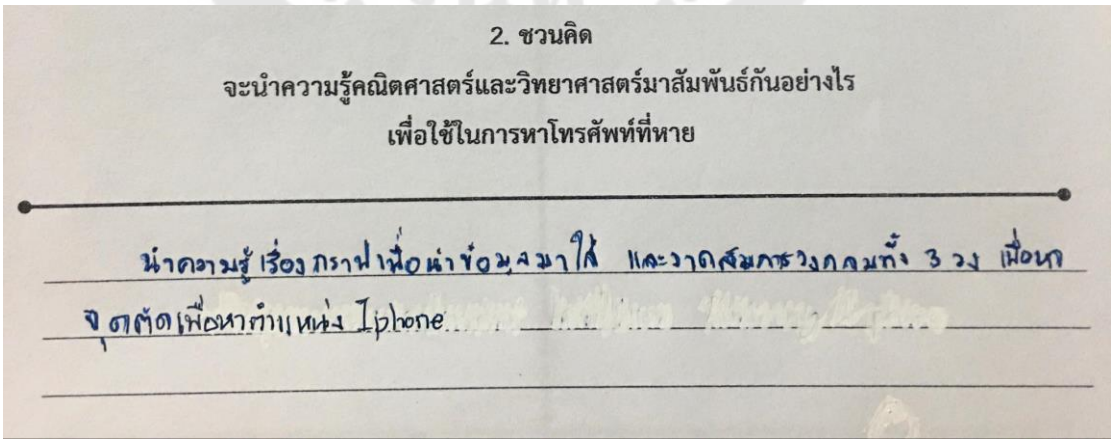
ภาพประกอบ 47 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ B


1. นักเรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์เรื่องอะไรบ้างที่จำเป็นในการแก้ปัญหา

คณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟวงกลม, สมการ 2 ตัวแปร, เรขาคณิตวิเคราะห์, จุดตัดสมการ

วิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่น

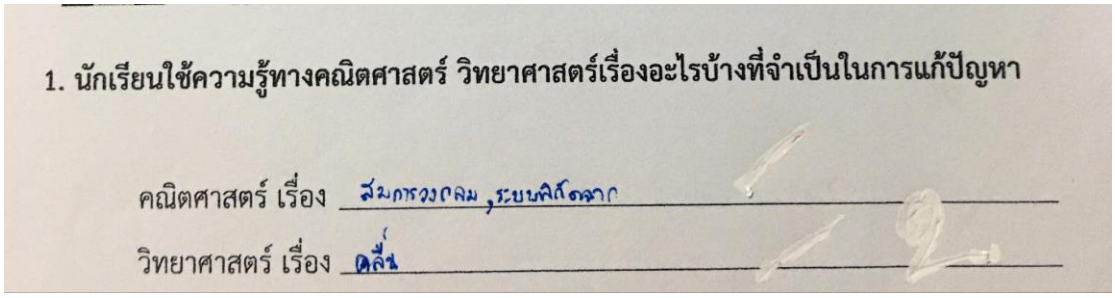
ภาพประกอบ 48 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ C


2. ชวนคิด

จะนำความรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มาสัมพันธ์กันอย่างไร
เพื่อใช้ในการหาโทรศัพท์ที่หาย

นำความรู้ เรื่อง กราฟเพื่อนำข้อมูลมาใส่ และวาดสมการวงกลมทั้ง 3 วง เพื่อหาจุดตัดเพื่อหาตำแหน่ง Iphone

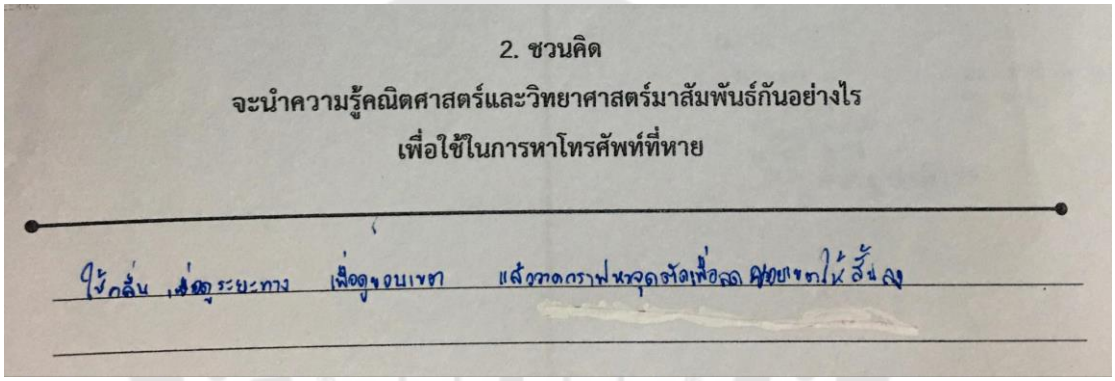
ภาพประกอบ 49 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ C


1. นักเรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์เรื่องอะไรบ้างที่จำเป็นในการแก้ปัญหา

คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการวงกลม, ระยะห่างจาก

วิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่น

ภาพประกอบ 50 การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ D


2. ชวนคิด

จะนำความรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มาสัมพันธ์กันอย่างไร

เพื่อใช้ในการหาโทรศัพท์ที่หาย

ใช้คลื่น เช่น ระยะทาง เพื่อดูจุดเข้า แล้วทำกราฟหาจุดตัดเพื่อลดขอบเขตให้สั้นลง

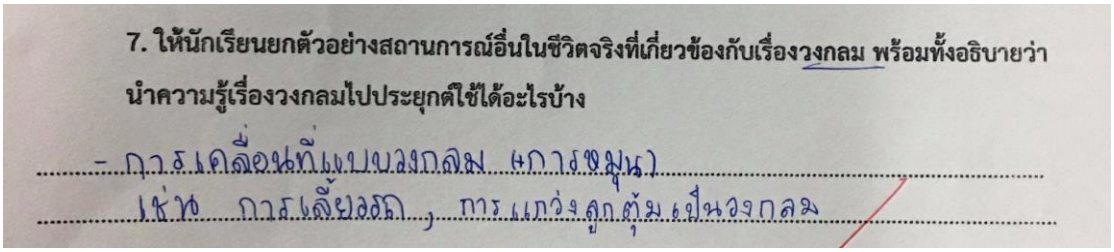
ภาพประกอบ 51 การหาความสัมพันธ์ความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ D

หลังจากผ่านทุกกิจกรรมแล้วแสดงให้เห็นว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีพัฒนาการความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ในประเด็นการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้ถูกต้องมากขึ้น

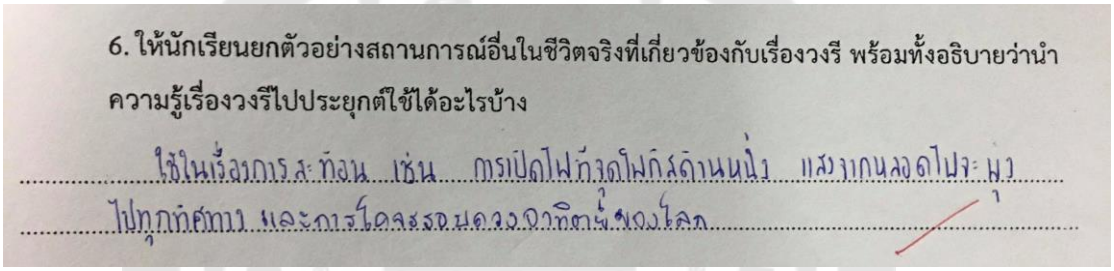
3. การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

สำหรับการอธิบายรายละเอียดของการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาอื่น ๆ ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในชีวิตจริง ในช่วงกิจกรรมกลุ่ม 4 กิจกรรมแรกคือ The Moon Lithotripsy เครื่องยิงปิงปอง และ Comet นักเรียน

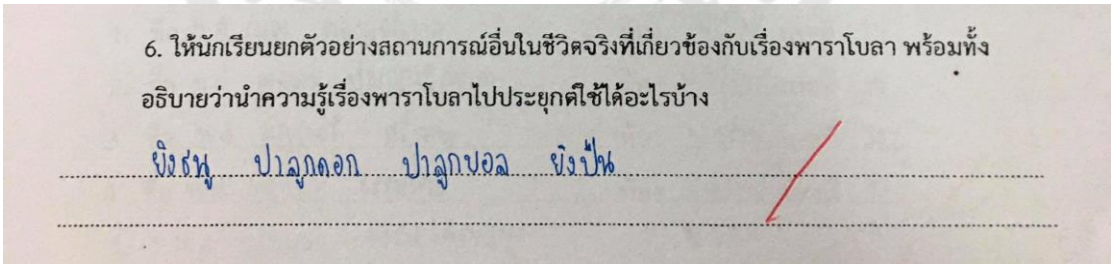
สามารถสามารถยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาอื่น ๆ ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในชีวิตจริง หรือนำความรู้เรื่องไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ ดังแสดงให้เห็นในภาพประกอบ 52 – 55



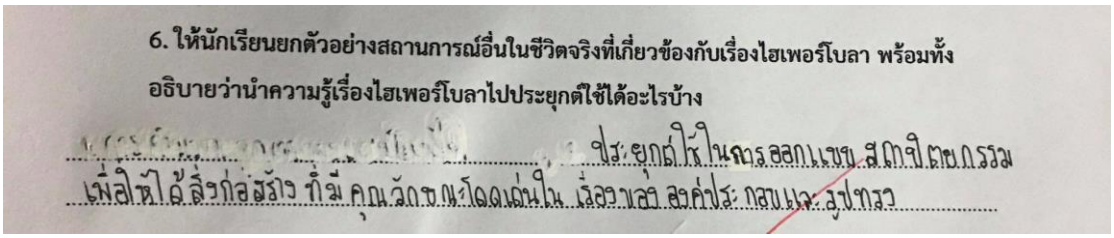
ภาพประกอบ 52 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม The Moon



ภาพประกอบ 53 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Lithotripsy

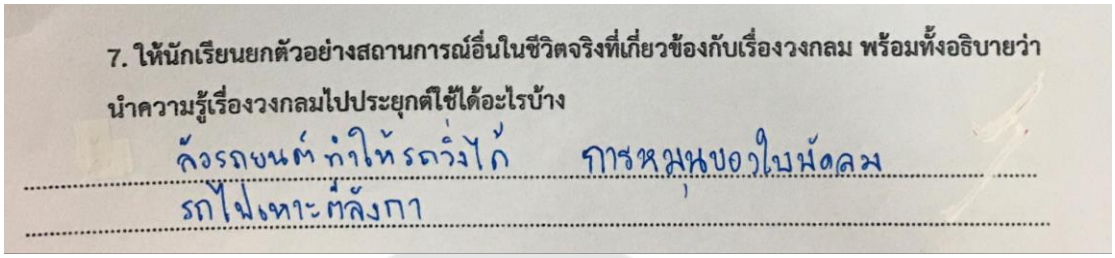


ภาพประกอบ 54 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง



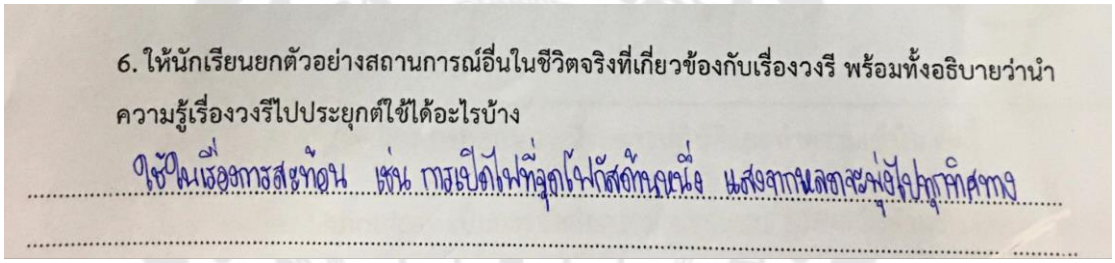
ภาพประกอบ 55 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Comet

สำหรับนักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คนพิจารณาจากร่องรอยการเขียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถสามารถยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาอื่น ๆ ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในชีวิตจริง หรือนำความรู้เรื่องไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ ดังภาพประกอบที่ 56 – 59


7. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องวงกลม พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องวงกลมไปประยุกต์ใช้ได้อะไรบ้าง

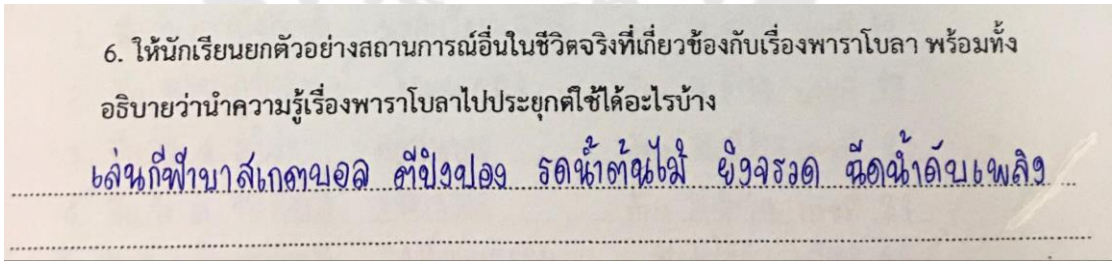
ล้อรถยนต์ ทำให้รถวิ่งได้ การหมุนของใบพัดลม รถไฟเหาะตีลังกา

ภาพประกอบ 56 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม The Moon กลุ่มเป้าหมาย


6. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องวงรี พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องวงรีไปประยุกต์ใช้ได้อะไรบ้าง

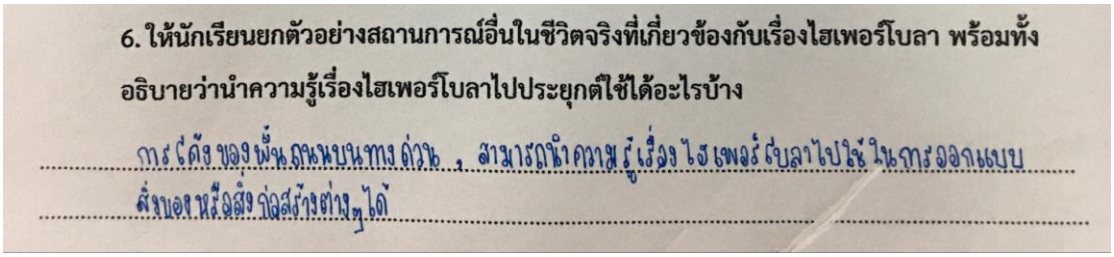
ใช้ในเรื่องการสะท้อน เช่น การเปิดไฟที่จุดโฟกัสด้านหนึ่ง แสงจากหลอดจะพุ่งไปยังจุดโฟกัสอีกจุด

ภาพประกอบ 57 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Lithotripsy กลุ่มเป้าหมาย


6. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องพาราโบลา พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องพาราโบลาไปประยุกต์ใช้ได้อะไรบ้าง

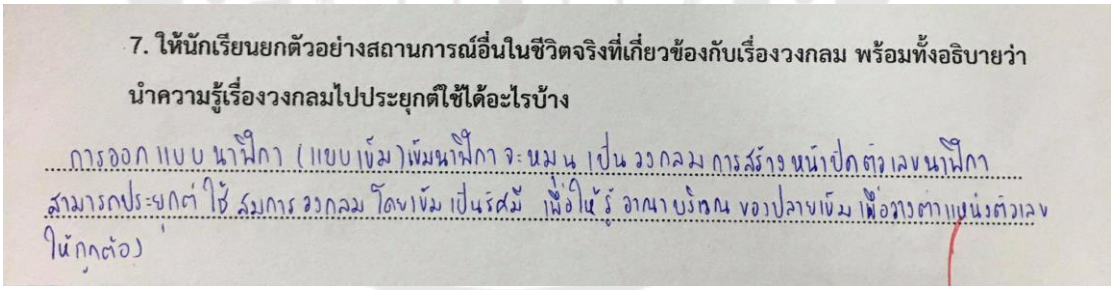
เล่นกีฬาบาสเกตบอล ตีปิงปอง รดน้ำต้นไม้ ยิงจรวด ฉีดน้ำดับเพลิง

ภาพประกอบ 58 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง กลุ่มเป้าหมาย

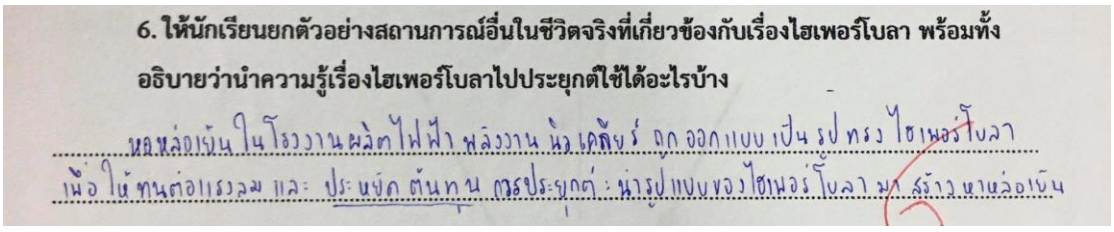


ภาพประกอบ 59 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Comet กลุ่มเป้าหมาย

หลังจากผ่านกิจกรรมที่ 1 The Moon กิจกรรมที่ 2 Lithotripsy กิจกรรมที่ 3 เครื่องยิงปิงปอง และกิจกรรมที่ 4 Comet โดยที่กิจกรรมที่ 1 – 4 เป็นกิจกรรมที่ทำกันเป็นกลุ่มซึ่งทั้ง 4 กิจกรรมที่ผ่านมา มีการแลกเปลี่ยนพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดกันภายในกลุ่ม ส่วนกิจกรรมที่ 5 A Lost Cell Phone และกิจกรรมที่ 6 Loran เป็นกิจกรรมรายบุคคล เมื่อพิจารณาจากใบกิจกรรมนักเรียน จะพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงได้ดีมาก มีการเขียนอธิบายรายละเอียดได้ชัดเจนมากขึ้น ดังแสดงให้เห็นในภาพประกอบที่ 60 และ 61

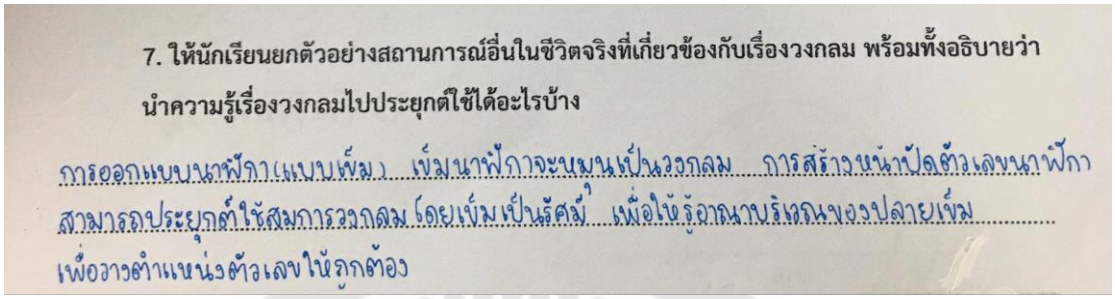


ภาพประกอบ 60 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม A Lost Cell Phone



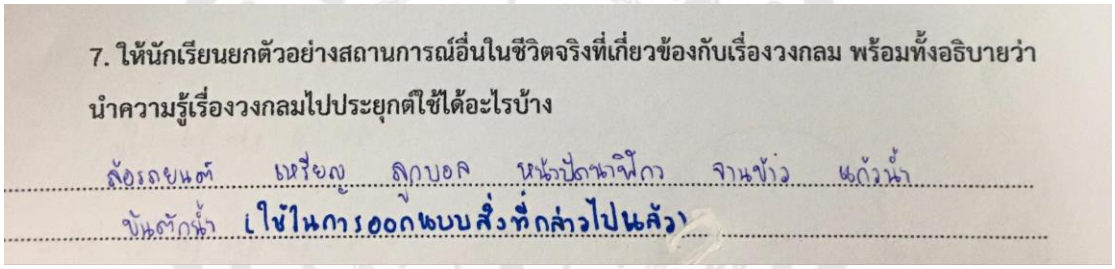
ภาพประกอบ 61 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Loran

สำหรับนักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คนจากร่องรอยการเขียนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้โดยการเขียนคำอธิบายเกี่ยวกับรายละเอียดดังกล่าว ดังภาพประกอบที่ 62 – 69


7. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องวงกลม พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องวงกลมไปประยุกต์ใช้ได้อะไรบ้าง

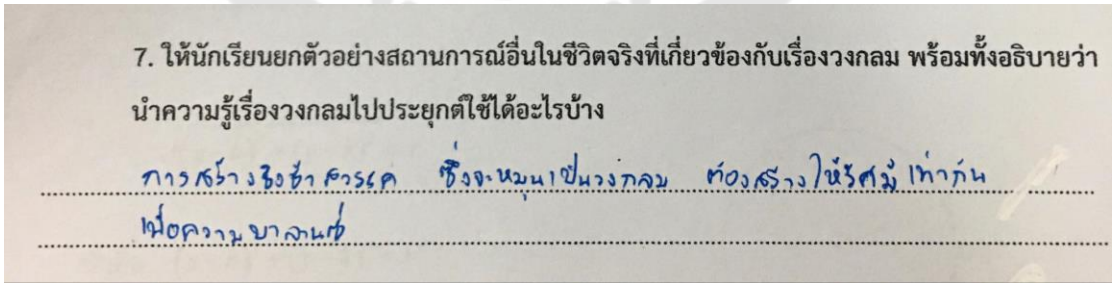
การออกแบบนาฬิกา(แบบเข็ม) เข็มนาฬิกาจะหมุนเป็นวงกลม การสร้างหน้าปัดตัวเลขนาฬิกาสามารถประยุกต์ใช้สมการวงกลม โดยเข็มเป็นรัศมี เพื่อให้รู้องศาบริเวณของปลายเข็มเพื่อวางตำแหน่งตัวเลขให้ถูกต้อง

ภาพประกอบ 62 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ A


7. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องวงกลม พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องวงกลมไปประยุกต์ใช้ได้อะไรบ้าง

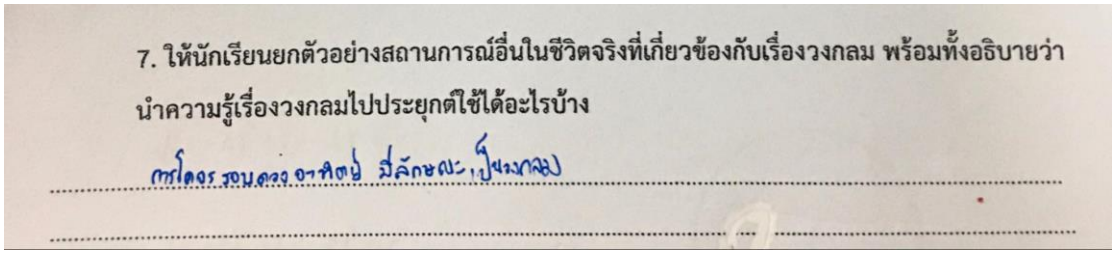
ล้อรถยนต์ เหรียญ ลูกบอล หน้าปัดนาฬิกา จานข้าว แก้วน้ำ ขันตักน้ำ ใช้ในการออกแบบสิ่งที่กล่าวไปนั้นเอง

ภาพประกอบ 63 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ B


7. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องวงกลม พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องวงกลมไปประยุกต์ใช้ได้อะไรบ้าง

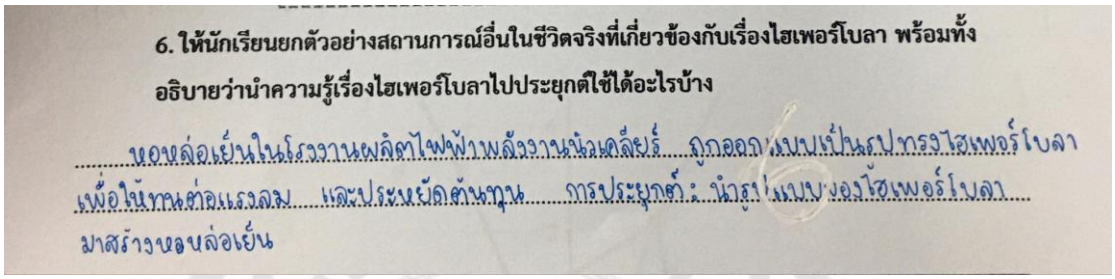
การสร้างรูปร่างคาร์ดิออย ซึ่งจะหมุนเป็นวงกลม ต้องสร้างให้รัศมีเท่ากันเพื่อความสมดุล

ภาพประกอบ 64 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ C


7. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องวงกลม พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องวงกลมไปประยุกต์ใช้ได้อะไรบ้าง

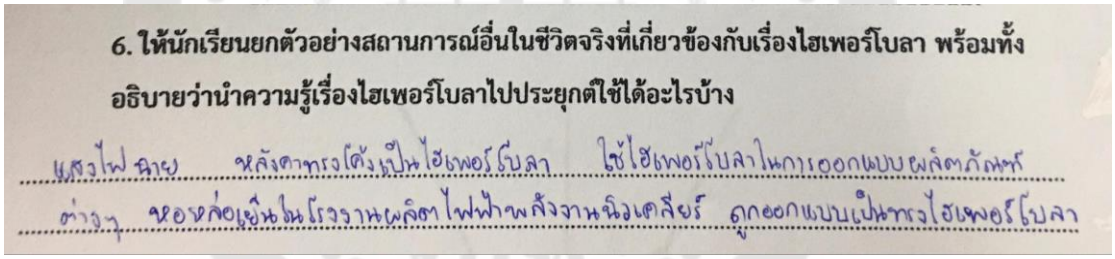
การโคจรของดาวเคราะห์ มีลักษณะเป็นวงกลม

ภาพประกอบ 65 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม A Lost Cell Phone ของ D


6. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องไฮเพอร์โบลา พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องไฮเพอร์โบลาไปประยุกต์ใช้ได้อะไรบ้าง

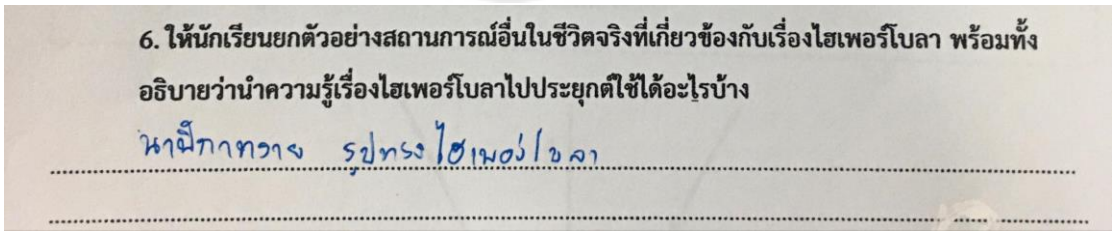
หอหล่อเย็นในโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ ถูกออกแบบเป็นรูปทรงไฮเพอร์โบลา เพื่อให้ทนต่อแรงลม และประหยัดต้นทุน การประยุกต์: นำรูปแบบของไฮเพอร์โบลา มาสร้างหอหล่อเย็น

ภาพประกอบ 66 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Loran ของ A


6. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องไฮเพอร์โบลา พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องไฮเพอร์โบลาไปประยุกต์ใช้ได้อะไรบ้าง

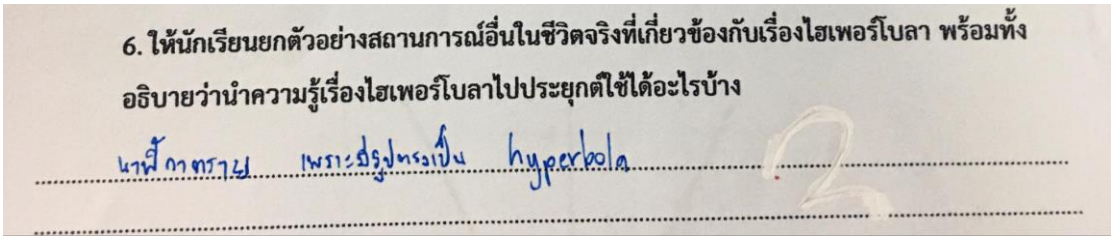
แสงไฟฉาย หลังคาทรงโค้งเป็นไฮเพอร์โบลา ใช้ไฮเพอร์โบลาในการออกแบบผลิตภัณฑ์ต่างๆ หอหล่อเย็นในโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ ถูกออกแบบเป็นทรงไฮเพอร์โบลา

ภาพประกอบ 67 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Loran ของ B


6. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องไฮเพอร์โบลา พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องไฮเพอร์โบลาไปประยุกต์ใช้ได้อะไรบ้าง

นาฬิกาทราย รูปทรงไฮเพอร์โบลา

ภาพประกอบ 68 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Loran ของ C


6. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องไฮเพอร์โบลา พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องไฮเพอร์โบลาไปประยุกต์ใช้ได้อะไรบ้าง

นาฬิกาทราย เพราะมีรูปทรงเป็น hyperbola

ภาพประกอบ 69 การยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง กิจกรรม Loran ของ D

หลังจากผ่านทุกกิจกรรมแล้วแสดงให้เห็นว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ในประเด็นการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงในทางที่ดีขึ้น

2.2 พฤติกรรมการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนในการแสดงออกด้านพฤติกรรมการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 4 คน จากกิจกรรมกลุ่มทั้ง 4 กิจกรรม ดังนี้ 0 : ไม่แสดงพฤติกรรม 1 : แสดงพฤติกรรม

สำหรับการประเมินค่าเฉลี่ยสำหรับพฤติกรรมที่สังเกตได้ใช้หลักเกณฑ์ดังนี้

0.01 – 0.25 ไม่แสดงพฤติกรรม

0.26 – 0.50 แสดงพฤติกรรมบางครั้ง

0.51 – 0.75 แสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง

0.76 – 1.00 แสดงพฤติกรรมทุกครั้ง

ตาราง 12 แสดงความถี่ของพฤติกรรมแต่ละพฤติกรรมที่ต้องการสังเกตและการแปลความ

พฤติกรรมที่ต้องการสังเกต	ค่าเฉลี่ยของพฤติกรรม	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลความ
1. การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์			
1) อธิบายความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้	0.937	0.242	แสดงพฤติกรรมทุกครั้ง
2) อธิบายความสัมพันธ์ของความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้	0.937	0.242	แสดงพฤติกรรมทุกครั้ง
3) อธิบายความสัมพันธ์ของสมการภาคตัดกรวยกับกราฟภาคตัดกรวยได้	0.875	0.331	แสดงพฤติกรรมทุกครั้ง
2. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ			
1) อธิบายความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้	0.875	0.331	แสดงพฤติกรรมทุกครั้ง
2) อธิบายความสัมพันธ์ของความรู้คณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ได้	0.688	0.464	แสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง
3) อธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ที่นักเรียนกำหนดได้	0.375	0.484	แสดงพฤติกรรมบางครั้ง
3. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง			
1) นักเรียนขอคำแนะนำตัวอย่างโดยปรึกษาคุณครู	0.00	0.00	ไม่แสดงพฤติกรรม
2) นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์กันในกลุ่ม	0.875	0.331	แสดงพฤติกรรมทุกครั้ง

จากตาราง 12 จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบที่นักเรียนแสดงพฤติกรรมบ่อยและมีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 0.917 เท่ากัน ในการอธิบายความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ และอธิบายความสัมพันธ์ของความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ ซึ่งอยู่ในความสามารถในการเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์

2.3 การสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 4 คน เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ก่อนทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับการสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยนำเสียงของนักเรียนมาวิเคราะห์หาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนการทดลอง จากคำถาม ดังนี้

“ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดโฟกัสจุดหนึ่ง จุดที่ดาวเคราะห์อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุดเรียกว่า perihelion และจุดที่ดาวเคราะห์อยู่ไกลดวงอาทิตย์มากที่สุด เรียกว่า aphelion จุดทั้งสองนี้เป็นจุดยอดของวงโคจร โลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ 147,000,000 กิโลเมตรที่ perihelion และ 153,000,000 กิโลเมตรที่ aphelion จงหาสมการของวงโคจรโลกรอบดวงอาทิตย์”

สำหรับการสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ผู้วิจัยนำเสียงของนักเรียนมาวิเคราะห์หาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนการทดลอง จากบทสัมภาษณ์ดังนี้

ครู : “ขณะที่นักเรียนได้อ่านสถานการณ์ปัญหานี้แล้ว นักเรียนนึกถึงหัวข้อหรือความรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาตร์ เรื่องอะไรบ้าง เพราะอะไรทำให้นักเรียนนึกถึงเรื่องดังกล่าว”

A : “คณิตศาสตร์ เรื่องวงกลม วิทยาศาสตร์ เรื่องการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ เพราะว่ามันให้หาสมการวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์”

B : “คณิตศาสตร์ เรื่องวงรี วิทยาศาสตร์ เรื่องการโคจร เพราะระบบสุริยะจะมีดวงอาทิตย์อยู่ตรงกลาง แล้วมันจะมีรูปวงโคจรซึ่งมันไม่ได้กลมเป๊ะ วงโคจรของจะเป็นวงรี”

C : คณิตศาสตร์ เรื่องวงวี วิทยาศาสตร์ น่าจะเป็นเรื่องการเคลื่อนที่ของโลกรอบดวงอาทิตย์

D : “คณิตศาสตร์ เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ วิทยาศาสตร์เรื่องฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม”

จากบทสนทนาข้างต้น นักเรียนที่มีคะแนนสูงไม่สามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ แต่สามารถระบุความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้บางส่วน นักเรียนที่มีคะแนนปานกลางสามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง นักเรียนที่มีคะแนนต่ำสามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้กว้าง ๆ ไม่สามารถระบุชื่อเรื่องหรือความรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างเฉพาะเจาะจง และไม่สามารถระบุความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้

สำหรับการสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบการเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยนำเสียงของนักเรียนมาวิเคราะห์หาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนการทดลอง จากบทสัมภาษณ์ดังนี้

ครู : “ถ้านักเรียนต้องการแก้ปัญหานี้แล้ว โดยใช้ความรู้ที่นักเรียนกำหนด นักเรียนจะเริ่มทำอะไรก่อนแล้วจะทำอะไรต่อไปอีกบ้าง ลองอธิบายขั้นตอนให้ครูฟัง”

A : “ก่อนอื่นวาดกราฟ วาดวงกลม 2 วง จากนั้นกำหนดระยะห่าง ตั้งสมการวงกลมจากระยะห่าง”

B : “ถ้าเป็นการหาสมการวงรีเลย ไม่แน่ใจว่าจะหายังไง”

C : “คิดว่าสร้างสมการวงรี จากจุดศูนย์กลาง ระยะห่างโลก”

D : “ไม่ทราบเลย”

จากบทสนทนาข้างต้น นักเรียนที่มีคะแนนสูงมีพื้นฐานความรู้ และมีความสามารถในการเนินวางแผนการแก้ปัญหาได้ค่อนข้างดี แนวคิดของนักเรียนเป็นขั้นเป็นตอนสามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ ถึงแม้ว่าเป็นการระบุขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ไม่เกี่ยวข้อง นักเรียนที่มีคะแนนปานกลางไม่สามารถอธิบายขั้นตอนนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ ถึงแม้ว่าจะระบุเนื้อหาที่ไม่เกี่ยวข้องได้ นักเรียนที่มีคะแนนต่ำไม่สามารถอธิบายขั้นตอนนำไปสู่การแก้ปัญหาได้

สำหรับการสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง ผู้วิจัยนำเสียงของนักเรียนมาวิเคราะห์หาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนการทดลอง จากบทสัมภาษณ์ดังนี้

ครู : “ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องวงกลม พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องวงกลมไปประยุกต์ใช้ได้อะไรบ้าง”

A : “นึกถึงนำความรู้เรื่องวงกลมไปออกแบบลูกบอล ให้เป็นทรงกลม”

B : “วงเวียน ลูกบอลซิลิคอน”

C : “ล้อรถยนต์”

D : “นึกถึงลูกบอล ลูกแก้ว”

จากบทสนทนาข้างต้น นักเรียนที่มีคะแนนสูงสามารถระบุสถานการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องใกล้เคียงในชีวิตจริง ได้ค่อนข้างชัดเจนในแง่ของรายละเอียดเมื่อเทียบกับนักเรียนที่มีคะแนนปานกลางและนักเรียนที่มีคะแนนต่ำ นักเรียนที่มีคะแนนปานกลางสามารถระบุสถานการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องใกล้เคียงในชีวิตจริง นักเรียนที่มีคะแนนต่ำสามารถระบุสถานการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องที่ใกล้เคียงในชีวิตจริง

สำหรับการสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นการสัมภาษณ์เพิ่มเติมจากแนวคิดที่นักเรียนแสดงไว้ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หลังการทดลอง จากคำถามดังนี้

“1. ให้สมการรูปหนึ่งคือ $(y-2)^2-40(x-6)$ โดยมี V และ F เป็นจุดยอดและโฟกัสตามลำดับ และภาคตัดกรวยรูปหนึ่ง มีความยาวแกนเอกเท่ากับ $6\sqrt{5}$ หน่วย มีโฟกัสอยู่ที่ V และ F จงเขียนกราฟ ส่วนประกอบ และหาสมการภาคตัดกรวยรูปนี้”

สำหรับการสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบการเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยนำเสียงของนักเรียนมาวิเคราะห์หาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการทดลอง จากบทสัมภาษณ์ดังนี้

ครู : “ถ้านักเรียนต้องการแก้ปัญหานี้แล้ว โดยใช้ความรู้ที่นักเรียนกำหนด นักเรียนจะเริ่มทำอะไรก่อนแล้วจะทำอะไรต่อไปอีกบ้าง ลองอธิบายขั้นตอนให้ครูฟัง”

A : “นึกถึงเรื่องสมการพาราโบลากับสมการวงรี เพราะสมการที่ให้มาเป็นสมการพาราโบลาและเห็นคำว่าแกนเอกเลยนึกถึงสมการวงรี ขั้นแรกพล็อตจุดยอดของพาราโบลาก่อนครับ หลังจากนั้นก็ดูว่าสมการพาราโบลามันเฉียงแบบไหน เลยดูที่ค่า c ครับ c ที่ให้มาเป็นลบ ซึ่งถ้า c เป็นลบเนี่ยพาราโบลาจะไปทางซ้าย จากนั้นไปดูที่ค่าของแกนเองและจุด V กับ F เพื่อนำมาวาดรูปวงรี สุดท้ายก็นำค่าที่ได้ไปหาสมการวงรี”

B : “ก็อย่างแรกเป็นพาราโบลาเพราะว่ามีตัวนึงดีกรีหนึ่งแล้วอีกตัวดีกรีสองกับเรื่องคือวงรีเพราะว่าเค้าให้ความยาวแกนเอกมา วงรีมีความยาวแกนเอก ขั้นแรกเอาสมการที่เค้าให้มา ในสมการนี้เค้าให้จุดยอดมาแล้ว นำมาหาค่า c จากนั้นก็มาดูอีกรูปหนึ่งว่าเป็นรูปอะไร ซึ่งเค้าบอกความยาวแกนเอกซึ่งเป็นรูปวงรี จากนั้นนำข้อมูลที่มีไปวาดรูปและหาสมการ”

C : “ นึกถึงพาราโบลากับวงรี เพราะมีค่า X ยกกำลังหนึ่งกับค่า Y ยกกำลังสอง กำหนดค่าความยาวแกนเอก จากนั้นไปสร้างสมการวงรีต่อแล้วหาจุดโฟกัสกับจุดศูนย์กลางจากจุดยอดของพาราโบลา”

D : “นึกถึงเรื่องพาราโบลาและวงรี เพราะเห็นโจทย์คิดว่าน่าจะใช่ ก็แทนสูตรพาราโบลาแล้วก็แทนสูตรวงรีต่อด้วย แล้วก็แก้สมการออกมาก็ได้คำตอบ”

จากบทสนทนาข้างต้น นักเรียนที่มีคะแนนสูงระบุความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง และมีความสามารถในการวางแผนการแก้ปัญหาได้ดี สามารถอธิบายรายละเอียดของการนำความรู้นั้นไปใช้ได้อย่างชัดเจน แนวคิดของนักเรียนเป็นขั้นเป็นตอนสามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องชัดเจน นักเรียนที่มีคะแนนปานกลางในช่วงหลังการทดลองมีพัฒนาการดีขึ้นจากช่วงก่อนการทดลองในส่วนของความถูกต้องในการระบุความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

และอธิบายขั้นตอนรายละเอียดในการนำความรู้ไปแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง นักเรียนที่มีคะแนนต่ำในช่วงหลังการทดลองมีพัฒนาการดีขึ้นจากช่วงก่อนการทดลองเล็กน้อยในส่วนของความถูกต้องในการระบุความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง แต่ยังไม่สามารถอธิบายขั้นตอนรายละเอียดในการนำความรู้ไปแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

"2. วัตถุระเบิด TENET ชิ้นหนึ่งถูกวางที่พิกัด $(-2,1)$ ในระบบพิกัดฉาก ทหาร Neil เดินสำรวจวัตถุระเบิดตามแนวเส้นตรง $y=2x-4$ จงหาพิกัดที่ทหาร Neil จะได้ยินระเบิดดังที่สุด"

สำหรับการสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ผู้วิจัยนำเสียงของนักเรียนมาวิเคราะห์หาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนการทดลอง จากบทสัมภาษณ์ดังนี้

ครู : "ถ้านักเรียนต้องการแก้ปัญหานี้แล้ว โดยใช้ความรู้ที่นักเรียนกำหนด นักเรียนจะเริ่มทำอะไรก่อนแล้วจะทำอะไรต่อไปอีกบ้าง ลองอธิบายขั้นตอนให้ครูฟัง"

A : "นึกถึงระยะห่างระหว่างเส้นถึงจุด สมการวงกลม ขั้นแรกหารัศมีของวงกลม เค้าบอกว่าจุดที่ได้ยินระเบิดดังที่สุด ซึ่งมันก็คือจุดที่ตั้งฉากกับเส้นตรง ก็เลยได้เส้นนี้มาคือรัศมีวงกลม พอได้รัศมีของวงกลมแล้วเขียนสมการวงกลมขึ้นมา ให้จุดที่ระเบิดเป็นจุดศูนย์กลางวงกลม จากนั้นหาจุดตัดระหว่างเส้นตรงกับวงกลมขึ้นมา"

B : "พอเห็นตอนแรก นึกถึงสมการเส้นตรงและเรขาคณิตวิเคราะห์ วิทยาศาสตร์เรื่องนี้เป็นระเบิดคงเรื่องเสียงแน่นอน เริ่มต้นคือว่ากราฟเส้นตรง มันน่าจะใช้แล้วก็หาจุดตัดของเส้นตรงกับเส้นตั้งฉากระหว่างเสียงแหล่งกำเนิดระเบิดกับเส้นตรงของทหาร"

C : "น่าจะเป็นเรื่องเส้นตรง เพราะว่าการเดินของทหารเป็นสมการเส้นตรง วิทยาศาสตร์น่าจะเป็นเรื่องการระเบิดเราได้ยินชัดที่สุดน่าจะเป็นจุดที่อยู่ใกล้ที่สุดหาจุดที่ใกล้ที่สุดของทหารกับระเบิด"

D : "คณิตศาสตร์เรื่องสมการเส้นตรง วิทยาศาสตร์เรื่องคลื่น แทนจุดบนสมการเส้นตรงและแก้สมการตามที่โจทย์ให้มา"

จากบทสนทนาข้างต้น นักเรียนที่มีคะแนนสูงระบุความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้องแต่ไม่สามารถระบุความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ มีความสามารถในการวางแผนการแก้ปัญหาได้ดี แนวคิดของนักเรียนเป็นขั้นเป็นตอนชัดเจน สามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ถูกต้อง นักเรียนที่มีคะแนนปานกลางในช่วงหลังการทดลองมีพัฒนาการดีขึ้นจากช่วงก่อนการทดลอง ในส่วนของความถูกต้องในการระบุความรู้คณิตศาสตร์และความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และอธิบายขั้นตอนรายละเอียดในการนำความรู้ไปแก้ปัญหาพอสื่อความหมายได้ชัดเจน นักเรียนที่มีคะแนนต่ำระบุความรู้คณิตศาสตร์และสามารถระบุความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้องบางส่วน มีการวางแผนการแก้ปัญหาได้เล็กน้อย แต่ยังไม่สามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ถูกต้อง

“3. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องพาราโบลา พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องพาราโบลาไปประยุกต์ใช้ได้อะไรบ้าง”

ผู้วิจัยนำเสียงของนักเรียนมาวิเคราะห์หาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

ครู : “ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องพาราโบลา พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องพาราโบลาไปประยุกต์ใช้ได้อะไรบ้าง”

A : “นึกถึงการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ในกีฬาประเภท บาสเก็ตบอล แบตมินตัน นำไปประยุกต์ใช้เวลาชู้ตบาสกะระยะกับแรงให้ลูกมันย้อยลงห่วง แบตมินตันก็ใช้ได้เหมือนกัน”

B : “ก็นึกพวกโยนของทุกอย่างที่เป็นวิถีโค้ง เช่น ชู้ตลูกบาส โยนของหนัก ๆ จรวดพลังน้ำที่สูบลงเข้าไป ยิงมิสไซต์นำไปคำนวณหาจุดตก อาจจะไปประยุกต์กับฟิสิกส์ไว้คำนวณระยะประมาณนี้”

C : “การโยนลูกบาสให้ลงห่วง คำนวณระยะการยืน แรงในการโยนให้มันลงห่วงพอดี”

D : “นึกถึงการโยนลูกบอล การตีแบตมินตัน การยิงธนู ใช้คำนวณทิศทางที่ลูกบอลจะตก”

จากบทสนทนาข้างต้น นักเรียนที่มีคะแนนสูงสามารถระบุสถานการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องใกล้เคียงในชีวิตจริง สามารถบอกรายละเอียดได้ชัดเจน นักเรียนที่มีคะแนนปานกลางสามารถระบุสถานการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องใกล้เคียงในชีวิตจริงได้หลากหลาย สามารถบอกรายละเอียดได้ชัดเจน นักเรียนที่มีคะแนนต่ำสามารถระบุสถานการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องใกล้เคียงในชีวิตจริงได้หลากหลาย สามารถบอกรายละเอียดได้บางส่วน

ดังนั้น จากการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย 4 คน หลังจากการเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ทั้ง 3 องค์ประกอบได้แก่ (1) การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ (2) การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และ (3) การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ดีขึ้นหลังจากได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ทั้งองค์ประกอบ การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีดำเนินวิจัยโดยสังเขป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

สมมติฐานของการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ผ่านเกณฑ์ มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. **การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง**

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สายวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สายวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 45 คน โดยมาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

2. **การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาจำนวน 6 แผน ซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ โดยแต่ละแผนใช้เวลา

ในการดำเนินการ 2 คาบ คาบเรียนละ 50 นาที (2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (3) แบบสังเกตพฤติกรรมการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบสังเกตแบบตรวจสอบรายการที่ประกอบด้วยพฤติกรรมการเชื่อมโยงความทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่แสดงออกในระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาและ (4) แบบสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นแนวคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์เพื่อให้ได้รายละเอียดที่ชัดเจนยิ่งขึ้นเกี่ยวกับการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในช่วงก่อนและหลังทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

หลังจากสร้างเครื่องมือเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยนำเครื่องมือเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ความยากง่ายของปัญหา และความชัดเจนของข้อคำถาม แล้วปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำเครื่องมือไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มนำร่องจำนวน 40 คน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) แล้วปรับปรุงแก้ไขเครื่องมืออีกครั้งก่อนนำไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผู้วิจัยใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One – Group Posttest – Only Design

การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองทั้งหมด 13 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยแบ่งเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาจำนวน 12 คาบเรียน ทดสอบหลังเรียนจำนวน 1 คาบเรียน ซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินการ ดังนี้ ผู้วิจัยสัมภาษณ์นักเรียนทุกคนในกลุ่มตามที่ได้คัดเลือกไว้ในช่วงก่อนทำกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน จากนั้นดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ในแต่ละคาบเรียนผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้สอนและผู้สังเกตการณ์ โดยมีผู้ช่วยวิจัยสังเกตการณ์อีก 2 คน ช่วยบันทึกพฤติกรรมการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายขณะลงมือทำกิจกรรมโดยใช้แบบตรวจสอบรายการในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา และใช้การสัมภาษณ์เพิ่มเติมโดยใช้แบบสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเพื่อให้ได้รายละเอียดที่ชัดเจนยิ่งขึ้นเกี่ยวกับการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

4. **การวิเคราะห์ข้อมูล**

ในการวิจัยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้ สำหรับข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบสมมติฐานที่ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดโดยใช้การทดสอบ Z (Z-test for population proportion)

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยได้นำใบสังเกตพฤติกรรมแบบตรวจสอบรายการของผู้วิจัย และผู้ช่วยสังเกตการณ์ และกล้องวิดีโอที่บันทึกพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์พฤติกรรมในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เสียงจากการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังทำกิจกรรมเพื่อศึกษาพัฒนาการความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

สรุป และอภิปรายผลการวิจัย

ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียนหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปรากฏดังนี้

ผลการศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ระดับนัยสำคัญ .01

จากผลการวิจัยที่พบ สามารถพิจารณาเป็นประเด็นได้ดังนี้

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้มีการศึกษาเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนในปัจจุบันรวมทั้งเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนไปแล้วเพื่อหาแนวทางในการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงเนื้อหาต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งผู้วิจัยค้นหาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการเชื่อมโยงความรู้ภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ เชื่อมโยงเนื้อคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริงหรือชีวิตประจำวัน โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ที่มีเนื้อหาเหมาะสมกับความรู้ตามระดับชั้นของนักเรียน และผู้วิจัยได้เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองพร้อมกับเพื่อนในกลุ่ม โดยกิจกรรมดังกล่าวเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญปรับปรุงแก้ไขทั้งในด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษา และความชัดเจนของข้อความ สอดคล้องกับงานวิจัยของนันทชัย นวลสอาด (2562) ที่พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เรขาคณิตโดยการบูรณาการแบบเชื่อมโยงเนื้อหากับสถานการณ์ในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผ่านการประเมินและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญกระทั่งได้หลักสูตรที่มีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับธัชพล พลรัตน์ (2561) ที่พัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตรเพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์จริง ได้นำร่างกิจกรรมการเรียนการสอนไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสม แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำกิจกรรมไปทดลองใช้นำร่องเป็นรายบุคคล ใช้นำร่องเป็นกลุ่มเล็ก จากนั้นจนได้กิจกรรมที่พัฒนาขึ้นจนไปใช้ในการทดลองภาคสนามได้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นกิจกรรมเรียนรู้แบบบรูณาการนำคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย กับวิทยาศาสตร์ เรื่องโพรเจคไทล์ คลื่น

การเคลื่อนที่ของดวงดาว โดยมีหัวเรื่องที่เป็นปัญหาหรือสถานการณ์ที่เป็นตัวอย่างที่ใช้ชีวิตจริง เพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน มีการสัมพันธ์ความรู้ กระบวนการ ภายในกลุ่มสาระ ระหว่างกลุ่มสาระ และในชีวิตจริง ส่งเสริมให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ผู้เรียนมีการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล เชื่อมโยงความรู้ที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะเป็นการฝึกปฏิบัติให้นักเรียนเกิดกระบวนการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด สอดคล้องกับสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000) ที่กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์นั้น ผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์สอดแทรกปัญหาในชีวิตประจำวัน เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นถึงประโยชน์ในการนำความรู้เนื้อหาสาระ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ หรือนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาในสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน และให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤษณา ไสยาศร (2551) ที่ได้ทำวิจัยผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบบูรณาการพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบบูรณาการมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบบูรณาการมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สูงกว่ากลุ่มที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญญิสา แซหล่อ (2550) ที่ได้ทำวิจัยการบูรณาการแบบเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์ในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และพีชคณิตโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่าผลของการใช้การบูรณาการด้านความสามารถในการเชื่อมโยงพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบความสามารถในการเชื่อมโยงภายหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ .01

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นการจัดกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่ม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทุกคนได้มีส่วนร่วม มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม ผู้เรียนมีการสื่อสารพูดคุยกับเพื่อนในกลุ่มอยู่

ตลอดเวลา ซึ่งเป็นการทำให้ผู้เรียนได้มีการสร้างแนวคิดร่วมกับผู้อื่น ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้แนะนำและอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติกิจกรรม พร้อมทั้งใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียน ผู้เรียนสามารถอธิบายวิเคราะห์ความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาที่พบ หาข้อมูลเพิ่มเติมในความรู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาสนับสนุนแนวคิดเพื่อนำไปสู่การหาข้อสรุป หรือประเมินสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม รู้จักประเมินข้อคิดเห็นระหว่างตนเองกับเพื่อนในกลุ่มว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ และมีการนำเสนอผลงานหรือแนวทางในการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียน ส่งผลให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดแนวทางการแก้ปัญหากับเพื่อน ๆ กลุ่มอื่น ๆ สอดคล้องกับแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557a) ที่กล่าวว่าสิ่งที่ครูควรคำนึงถึงจากการจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดของนักเรียนมีดังนี้ (1) จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ให้มากที่สุด เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เป็นต้น (2) ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ร่วมกันทำงานกลุ่มด้วยตัวเอง โดยจัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้มีความหลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมด้วยกัน (3) จัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกล้าแสดงออก ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่มและในชั้นเรียนอย่างสม่ำเสมอ (4) ครูเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนในการปฏิบัติกิจกรรมอีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ สกล ตั้งเก้าสกุล (2560) ที่กล่าวว่าเพื่อให้ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมทางคณิตศาสตร์อย่างเต็มความสามารถ ครูควรจัดกลุ่มให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อนที่มีความสามารถในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย สามารถทำงานร่วมกันและสามารถพูดคุยอภิปรายโต้แย้ง แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่มได้อย่างอิสระร่วมทำกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเต็มที่

3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง น่าสนใจ ผู้เรียนสามารถเข้าถึงได้ ใกล้ตัวนักเรียน และท้าทายความสามารถของผู้เรียน ทำให้นักเรียนมีความสนใจและตั้งใจปฏิบัติกิจกรรมอย่างดี สังเกตได้จากการที่ผู้วิจัยให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรม ผู้เรียนได้มีการออกแบบชิ้นงาน สร้างชิ้นงาน และทดลองชิ้นงาน ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม ผู้เรียนมีการตอบสนองต่อสถานการณ์ปัญหาใน

ใบกิจกรรม ผู้เรียนและเพื่อน ๆ ในกลุ่มจะช่วยกันพยายามทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา แบ่งหน้าที่ภายในกลุ่ม สืบค้นข้อมูลในอินเทอร์เน็ต เชื่อมโยงข้อมูลเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา เพื่อที่จะปฏิบัติกิจกรรมให้ได้ราบรื่นและสำเร็จลุล่วง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษากับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์เรื่องอื่น ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกันเพื่อส่งเสริมให้เกิดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

2. ควรศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษากับตัวแปรที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ในทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ การให้เหตุผล การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

3. ในการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ควรมีอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้มีความหลากหลายทางในแต่ละกลุ่ม ส่งเสริมอิสระทางความคิด และฝึกให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล

บรรณานุกรม

Adnan, B. (2009). Conceptions of high school students about mathematical connections to the real-life. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 1*(1), 1402-1407.

Appelgate, M. H., Jackson, C., Jurgenson, K., & Delaney, A. (2018). i STEM: Mathematics concepts using STEM connections. *Teaching Children Mathematics, 24*(6), 394-397.

Billiar, K., Hubelbank, J., Oliva, T., & Camesano, T. (2014). Teaching STEM by Design. *Advances in Engineering Education, 4*(1), 5.

Blaskopf, B., & Chazan, D. (2001). Welcome to Our Focus Issue on Connections. *MAthematics Teacher., 94*(8), 625.

Bossé, M. J., Lee, T. D., Swinson, M., & Faulconer, J. (2010). The NCTM process standards and the five Es of science: Connecting math and science. *School science and mathematics, 110*(5), 262-276.

Boud, F. (2013). *The challenge of problem-based learning*. London.

Carol, H. (2011). *STEM Development: A Study of 6th – 12th Grade Girls' Interest and Confidence in Mathematics and Science.* Paper 10056. (Graduate Theses and Dissertations).

Connor-Greene, P. A. (2000). Making connections: Evaluating the effectiveness of journal writing in enhancing student learning. *Teaching of Psychology, 27*(1), 44-46.

DeJarnette, N. K. (2012). America's children: providing early exposure to STEM (science, technology, engineering and math) initiatives. *Education, 133*(1), 77-84.

Diane, M. L. (1991). Constructing pedagogical content knowledge from students' writing in secondary mathematics. *Mathematics Education Research Journal, 3*(1), 30-44.

Fioriello, P. (2016). Understanding the Basics of STEM Education. http://drpfconsults.com/understanding-the-basics-of-stem-education

Gloria., T. (1997). Connection within Mathematics. http://learner.org/channel/courses/teachingmath/grades_2/session_o.

Harvey, R., & Averill, R. (2012). A lesson based on the use of contexts: An example of

effective practice in secondary school mathematixs. *Mathematics Teacher Education and Development, 14*(1), 41-59.

Housinger, M. M. (2002). Mathematics Methods and Modeling for Today's Mathematics Classroom: A Contemporary Approach to Teaching Grades. *The Mathematics Teacher, 95*(5), 394.

Kennedy, L. M., Tipps, S., & Johnson, A. (1994). *Guiding children's learning of mathematics.* Belmont, Ca: Wadsworth Pub. Co.

Lantz, J. (2009). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education What Form? What Function? . https://dornsife.usc.edu/assets/sites/1/docs/jep/STEMEducationArticle.pdf

Miller, L. D. (1991). Writing to learn mathematics. *The Mathematics Teacher, 84*(7), 516-521.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (1991). *Professional Standards for Teaching Mathematics*. VA: NCTM.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). *Principles and standards of school mathematics*. VA: NCTM.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2014). Mathematics concepts using STEM connections. *Principles to Actions: Ensuring Mathematical Success for All, 24*(6).

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas: National Academies Press.*

National Research Council. (2015). *Successful K-12 STEM Education*. Washington D.C.: The National Academies Press.

Obama, B. (2010). *Report to the president prepareandinspire: K-12 education in science, technology, engineering, andmath (STEM) for America's future.* https://nsf.gov/attachments/117803/public/2a--Prepare_and_Inspire--PCAST.pdf

Sherard, I. W. H. (1981). Why is Geometry a Basic Skill? . *The Mathematics Teacher, 74*(1), 19-21.

Standards for Technological Literacy International Technology Education Association

(ITEA). (2011). The Engineering Design Process. https://www.eie.org/eie-curriculum/engineering-design-process

Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 2*(1), 4.

เกศินี เพ็ชรรุ่ง. (2556). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเพื่อส่งเสริมมโนทัศน์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์. (วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.(การศึกษาคณิตศาสตร์)). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

เปรียบฟ้า ด้วงนุ่ม. (2560). กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิดเรื่อง พาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา)). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

เสกสรร สรรสรพิสุทธิ์. (2558). เสวนาวิชาการสะเต็มศึกษา:เรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาพัฒนานวัตกรรมมาสู่อาชีพ. http://www.stemedthailand.org/?news=%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B8%A7%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%8A%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AA%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B9%87%E0%B8%A1%E0%B8%A8%E0%B8%B6%E0%B8%81%E0%B8%A9

โพธิ์ทิพย์ วัชระสวัสดิ์. (2547). การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นทักษะและกระบวนการเชื่อมโยงเรื่องอนุพันธ์ของฟังก์ชัน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงปีที่ *1* วิทยาลัยเทคนิคดอนเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม. (2557). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ด้วยการช่วยเสริมศักยภาพ เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร, *16*(2), 129-139.

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, *18*(4), 334-348.

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). โอบามาประกาศแผนการใหม่ในการสร้างกลุ่ม

ต้นแบบการสอน STEM (STEM Master Teaching Corps). http://www.ostc.thaiembdc.org/test2012/stnews_Sept12_5

กฤษณา ไสยาศร. (2551). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบบูรณาการที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ *3* สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร. (วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.(การศึกษาคณิตศาสตร์)). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

กฤษดา นรินทร์. (2556). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่เน้นการเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์สู่สถานการณ์ในโลกจริง ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, *2*(เมษายน – มิถุนายน), 7-16.

กิตติชัย สุธาสิโนบล. (2557). การศึกษาแบบสะเต็ม. สารานุกรมศึกษาศาสตร์, *49*, 81-94.

จำรัส อินทลาภาพร. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็ม ศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. https://www.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article/viewFile/29290/30066

จิราณี เมืองจันทร. (2557). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค *STAD* แบบ ผสมผสานเรื่องคำสั่งควบคุมการทำงานของโปรแกรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่*5* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ทวีป แซ่ฉิน. (2556). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎี *Constructionism* เพื่อพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมด้วยโปรแกรม *App Inventor* สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร, กรุงเทพฯ.

ทิศนา แขมมณี. (2551). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธัชพล พลรัตน์. (2561). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์จริง เรื่องการประยุกต์ของแคลคูลัส สำหรับนักเรียนห้องเรียนพิเศษ วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา)). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

นันทชัย นวลสอาด. (2562). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เรขาคณิตโดยการบูรณาการแบบเชื่อมโยง

เนื้อหากับสถานการณ์ในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *2*. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ด.(คณิตศาสตร์ศึกษา)). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

บุญญิสา แซหล่อ. (2550). การบูรณาการแบบเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์ในเรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และพีชคณิตโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *3*. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ด.(คณิตศาสตร์ศึกษา)). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ผู้จัดการออนไลน์. (2556). โละสอนแบบท่องจำผุด"สะเต็มศึกษา" เรียนวิทย์-เทคโนฯปฏิบัติเน้นๆ. http://www.manager.co.th/QOL/ViewNews.aspx?NewsID=9560000005681

พรพรรณ ไวทยางกูร. (2557). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ.

พร้อมพรรณ อุดมสิน และ อัมพร ม้าคนอง. (2547). ประมวลบทความหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: บริษัท บพิธการพิมพ์ จำกัด.

ภิญญดา กลับแก้ว. (2557). ไฮเพอร์โบลา พาสร้างสรรค์. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, *191*(พฤศจิกายน-ธันวาคม), 23-24.

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556a). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. นิตยสาร สสวท, *42*(185), 15.

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556b). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. นิตยสาร สสวท, *42*(185), 14-18.

ลัดดา ภู่เกียรติ. (2552). การสอนแบบโครงงานและการสอนแบบใช้วิจัยเป็นฐาน: งานที่ครูประถมทำได้. กรุงเทพฯ: สาฮะแอนด์ซันพริ้นติ้ง.

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2560). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ *STEM Education (*สะเต็มศึกษา). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วารุณี หนองห้าง. (2553). ทักษะการคิดพื้นฐานวิชาภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *1* โรงเรียนหนองห้างพิทยา จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเพื่อให้เกิดมโนมติของบรูเนอร์. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว. (2558). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *3*. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ด.(คณิตศาสตร์ศึกษา)). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ศูนย์สะเต็มแห่งชาติ. (2556a). คู่มืออบรมครูสะเต็มศึกษา. http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/03/newIntro-to-STEM.pdf

ศูนย์สะเต็มแห่งชาติ. (2556b). คู่มืออบรมครูสะเต็มศึกษา. http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/03/newIntro-to-STEM.pdf

สกล ตั้งเก้าสกุล. (2560). การพัฒนาชุดกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดการใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.(การศึกษาคณิตศาสตร์)). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6. กรุงเทพมหานคร: หจก. ส เจริญ การพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557a). รู้จักสะเต็ม. http://www.stemedthailand.org/?page_id=23

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557b). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม คณิตศาสตร์ เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). คู่มืออบรมครูสะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). กรุงเทพมหานคร: คุรุสภา ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). "STEM" นวัตกรรมการจัดการการศึกษา. http://www.ipst.ac.th/index.php/news-and-announcements/training-seminar/item/952-stem

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). การแถลงข่าวผลการประเมิน PISA 2018. https://pisathailand.ipst.ac.th/news-12/

สภาการศึกษาเสวนา. (2559). สะเต็มศึกษาในการศึกษาขั้นพื้นฐาน (STEM in Basic Education). http://www.onec.go.th/index.php/page/view/Newseducation/1838

สมพงษ์ พันธุรัตน์. (2557). การพัฒนารูปแบบการประเมินทักษะทางปัญญา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สมวงษ์ แปลงประสพโชค สมเดช บุญประจักษ์ และจรรยา ภูอุดม. (2551). ผลสำรวจสาเหตุนักเรียน

ไทยอ่อนคณิตศาสตร์และแนวทางแก้ไข. วารสารคณิตศาสตร์, *53*(599-601), 20-28.

สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). การศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ หรือ "สะเต็มศึกษา" (Science Technology Engineering and Mathematics Education : STEM Education). วารสารสมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี, มกราคม-ธันวาคม(19), 4-5.

สำนักวิชาการ. (2561). สะเต็มศึกษา. https://library2.parliament.go.th/ejournal/content_af/2559/jun2559-5.pdf

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษาสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2563). การรู้เรื่อง PISA. http://www.dusitaram.ac.th/download/pisa_training/1_PISA/1.pdf

สุชาดา ปัทมวิภาต. (2557). การประเมินการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์ของ PISA 2015. นิตยสาร สสวท, *42*, 35-39.

สุนีย์ คล้ายนิล. (2558). การศึกษาคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียนไทย : การพัฒนา - ผลกระทบ - ภาวะถดถอยในปัจจุบัน. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2556). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21. นิตยสาร สสวท, *42*(185), 10-13.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. นิตยสาร สสวท, *42*(186), 3-5.

สุภัทรา เกิดมงคล. (2550). กิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องสมบัติวงกลมโดยใช้ซอฟต์แวร์เรขาคณิตแบบพลวัตสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *3*. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(คณิตศาสตร์ศึกษา)). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สุมาลี ชัยเจริญ. (2557). การออกแบบการสอน หลักการ ทฤษฎี สู่การปฏิบัติ. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อเนก พุทธิเดช. (2548). การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยง ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง “การประมาณค่า”สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *1*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อนุศร หงษ์ขุนทด. (2559). แนวคิดในการจัดการเรียนการสอน TPACK Model ตอนที่ 5 "แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบ STEM ตามแนวคิด TPACK Model. https://pitcforteach.blogspot.com/2016/06/tpack-model-5.html

อัมพร ม้าคนอง. (2547). ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์: จุดเน้นของงานสอนคณิตศาสตร์. ในพร้อมพรรณ อุดมสินและอัมพร ม้าคนอง (บรรณาธิการ), ประมวลบทความหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์ การเกษตรแห่งประเทศไทย.

อัมพร ม้าคนอง. (2554). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ. ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ, คณะครุศาสตร์,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคนอง. (2557). คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรมตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย

แบบทดสอบที่ใช้เป็นเครื่องมือในการวัดผล คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบอัตนัยทั้งหมด 3 ข้อโดยผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของแบบทดสอบ ดังนี้

1. วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1.1 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

คะแนน +1 สำหรับข้อคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

คะแนน 0 สำหรับข้อคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาหรือไม่

คะแนน -1 สำหรับข้อคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าไม่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

1.2 คำนวณค่า IOC เป็นรายข้อ แล้วเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยสูตรการคำนวณ IOC คือ

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ตาราง 13 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	0	+1	+1	2	0.67	สอดคล้อง
2	0	+1	+1	2	0.67	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
4	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

2. หาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

2.1 หาค่าความยากง่าย (p) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตร

$$p = \frac{S_U + S_L - (2NX_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ p คือ ค่าความยากง่าย

S_U คือ ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่ง

S_L คือ ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มอ่อน

$X_{\min}$ คือ คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

$X_{\max}$ คือ คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.2 หาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตร

$$r = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนก

S_U คือ ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่ง

S_L คือ ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มอ่อน

$X_{\min}$ คือ คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

$X_{\max}$ คือ คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่า (α - coeffient) ของคอนบราค โดยใช้สูตร

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left\{1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right\}$$

เมื่อ α คือ ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด

k คือ จำนวนข้อของเครื่องมือวัด

$\sum$ คือ ผลรวม

S_i^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

S_t^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

ตาราง 14 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.50	0.53
2	0.58	0.42
3	0.52	0.46
4	0.51	0.36
5	0.76	0.48
6	0.73	0.53

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่า (α - coeffient) ของคอนบราค มีค่าเท่ากับ 0.97

ภาคผนวก ข
การทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งใช้การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าสัดส่วนประชากร โดยใช้สถิติทดสอบ Z (Z test for population proportion)

สมมติฐาน คือ $H_0 : p \leq 0.60$

$H_1 : p > 0.60$

สถิติทดสอบ $Z = \dfrac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\dfrac{p_0(1-p_0)}{n}}}$

เมื่อ $\hat{p}$ แทนสัดส่วนของจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนรวม

$\hat{p}$ แทนสัดส่วนของจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนรวม

p_0 แทนสัดส่วนของจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ต้องการทดสอบ

$\hat{p} = \dfrac{35}{45} = 0.778$

$p_0 = 0.60$

n แทนจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 45 คน

แทนค่า $Z = \dfrac{0.778 - 0.60}{\sqrt{\dfrac{0.60(1-0.60)}{45}}}$

$Z = \dfrac{0.178}{\sqrt{\dfrac{0.60(1-0.60)}{45}}}$

ดังนั้น $Z = 2.438$

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $Z > Z_{.01}$

จากตารางได้ $Z_{.01} = 2.326$

และ $2.438 > 2.326$ อยู่ในบริเวณวิกฤต

เพราะฉะนั้นปฏิเสธ H_0 นั่นคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สามารถสอบผ่านเกณฑ์ มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ระดับนัยสำคัญ .01

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ 3		
รายวิชา	**คณิตศาสตร์เพิ่มเติม**	**ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**
หน่วยการเรียนรู้	**ภาคตัดกรวย**	
หัวข้อเรื่อง	**พาราโบลา**	
ปีการศึกษา	**2563 ภาคเรียนที่ 1**	**จำนวน 2 คาบ**

สาระของรายวิชาที่เกี่ยวข้อง

วิชาวิทยาศาสตร์ (S)

สาระที่ 2 : วิทยาศาสตร์กายภาพ

วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี (T)

สาระที่ 4 : เทคโนโลยี

วิชาคณิตศาสตร์ (M)

สาระที่ 2 : การวัดและเรขาคณิต

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การเชื่อมโยง

มาตรฐานการเรียนรู้

วิชาวิทยาศาสตร์ (S)

มาตรฐาน ว 2.2 : เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี (T)

มาตรฐาน ง 4.1 : เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

วิชาคณิตศาสตร์ (M)

มาตรฐาน ค 2.2 : เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

การเชื่อมโยง : เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เนื้อหาต่าง ๆ หรือศาสตร์อื่น ๆ และนำไปใช้ในชีวิตจริง

ตัวชี้วัด

วิชาวิทยาศาสตร์ (S)

1. สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบ โพรเจกไทล์
2. ระบุผลของแรงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุ

วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี (T)

ใช้ความรู้ และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ ให้ถูกต้องกับลักษณะของงานและปลอดภัยเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน

วิชาคณิตศาสตร์ (M)

เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ เรื่อง พาราโบลา และนำไปใช้

การบูรณาการความรู้กับวิศวกรรมศาสตร์

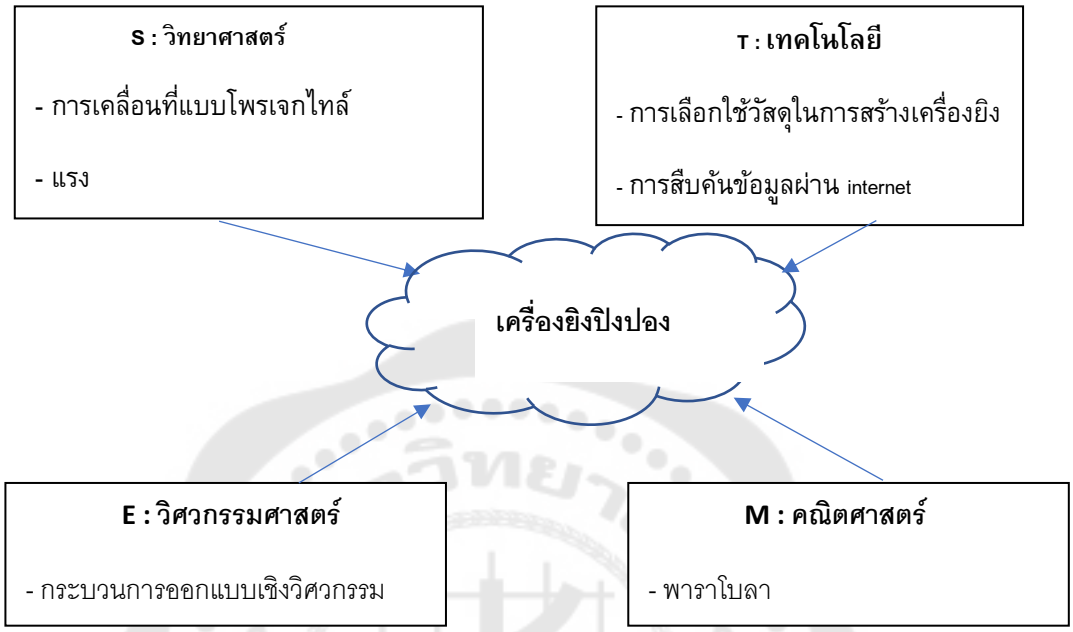
วิศวกรรมศาสตร์ (E)

การบูรณาการความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ สำหรับระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จะเกี่ยวกับการออกแบบ (design) วางแผน (planning) การแก้ปัญหา (problem solving) การใช้ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาสร้างสรรค์ผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไข (constraints and criteria) ที่กำหนด

สาระสำคัญ

นำความรู้เรื่องพาราโบลา ผลของแรงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบโพรเจคไทล์ และการเลือกใช้วัสดุเพื่อมาช่วยในการประดิษฐ์ไปออกแบบเครื่องยิงปองที่มีความแม่นยำในการยิงไปยังจุดที่กำหนด

กรอบแนวคิดของกิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง



1. จุดประสงค์ของกิจกรรม

1.1 เพื่อให้นักเรียนสามารถ ระบุส่วนประกอบต่าง ๆ ของพาราโบลาได้

1.2 เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา โดยใช้แนวคิดของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในการสร้างเครื่องยิงปิงปองให้เป็นไปตามเงื่อนไข

2. สาระการเรียนรู้

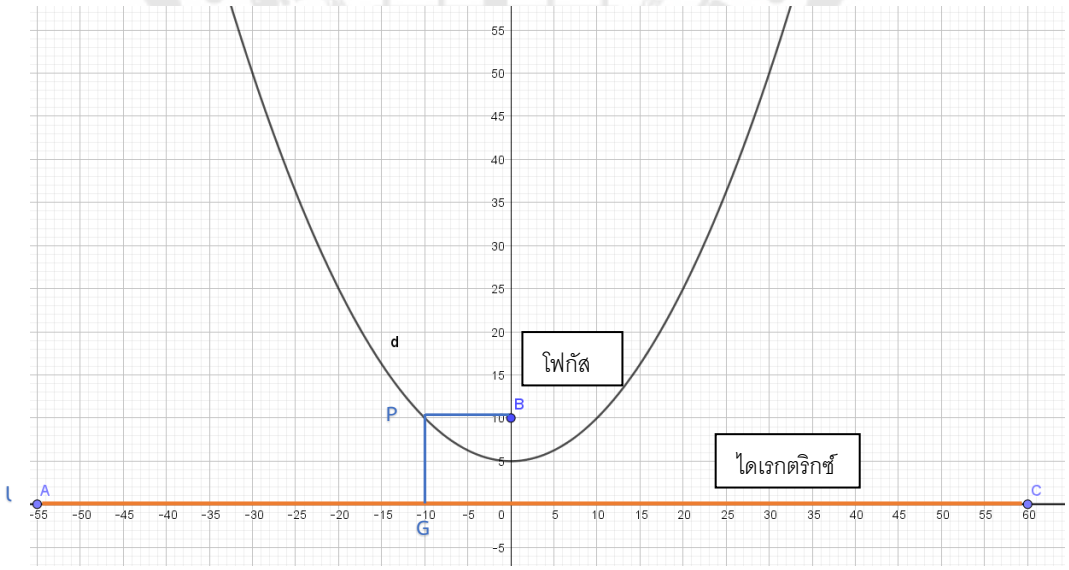
คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์
- พาราโบลา คือ เซตของจุดทั้งหมดในระนาบที่ห่างจากจุดที่ตรึงอยู่กับที่จุดหนึ่งและเส้นตรงที่ตรึงอยู่กับที่เส้นหนึ่งเป็นระยะทางเท่ากัน จุดที่ตรึงอยู่กับที่นี้เรียกว่าโฟกัส และเส้นตรงที่ตรึงอยู่กับ	- การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุอย่างอิสระ โดยมีแรงเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกมากระทำเพียงแรงเดียวเท่านั้น เป็นการเคลื่อนที่ที่มีวิถีการเคลื่อนที่เป็นแบบวิถีโค้งง เช่น การขว้างหรือยิงวัตถุออกไป	- การเลือกใช้วัสดุในการสร้างเครื่องยิง - การสืบค้นข้อมูลผ่าน internet	- กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่เรียกว่า ไดเรกตริกซ์ของพาราโบลา	- แรง คือ ความพยายามที่จะทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยการเปลี่ยนแปลงของวัตถุ มีในลักษณะต่างกัน เช่น รูปร่าง ตำแหน่ง หรือการหมุน ซึ่งเกิดจากการกระทำของแรงในลักษณะต่าง ๆ		

คณิตศาสตร์

เรื่อง พาราโบลา

บทนิยาม พาราโบลา คือเซตของจุดทั้งหมดในระนาบที่ห่างจากจุดที่ตรึงอยู่กับที่จุดหนึ่งและเส้นตรงที่ตรึงอยู่กับที่เส้นหนึ่งเป็นระยะทางเท่ากัน จุดที่ตรึงอยู่กับที่นี้ เรียกว่า **โฟกัส (focus)** ของพาราโบลา และเส้นตรงที่ตรึงอยู่กับที่นี้เรียกว่า เส้นบังคับ หรือ **ไดเรกตริกซ์ (directrix)** ของพาราโบลา

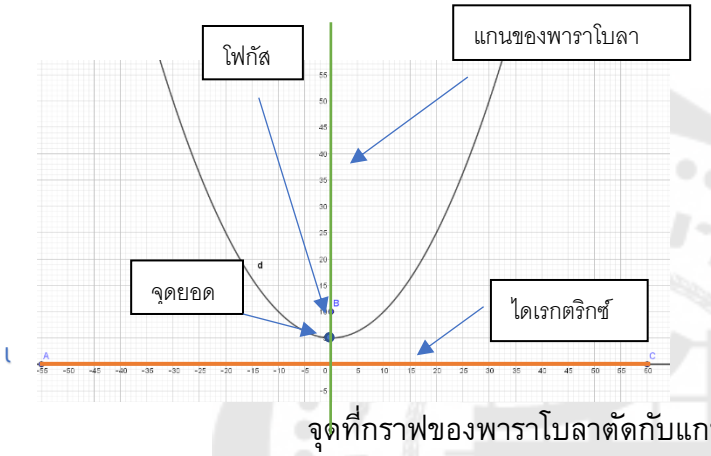


จากบทนิยาม แสดงว่าถ้าจะหากราฟของพาราโบลาจะต้องมีจุดตรึงอยู่กับที่จุดหนึ่งและเส้นตรงที่ตรึงอยู่กับที่เส้นหนึ่งขึ้นมาก่อน เช่น ให้ B เป็นจุดตรึงอยู่กับที่และ l เป็นเส้นตรงที่ตรึงอยู่กับที่ ดังรูป

ดังนั้น ไม่ว่า P จะอยู่ ณ ตำแหน่งใดบนกราฟ พาราโบลา จุด P จะต้องมีเงื่อนไขต่อไปนี้เสมอคือ

PB = PG

เพื่อความสะดวก ในการกล่าวถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับกราฟพาราโบลา ขอให้นักเรียนทำความรู้จักเกี่ยวกับชื่อขององค์ประกอบต่าง ๆ เสียก่อน



จุดตรึงอยู่กับที่ เรียกว่า โฟกัส

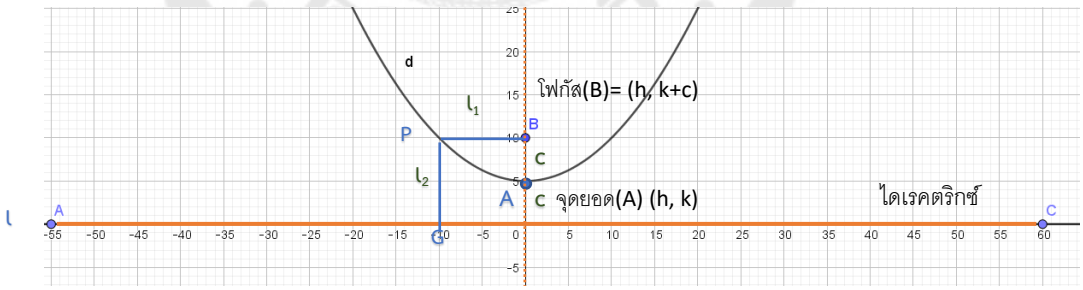
เส้นตรงที่ตรึงอยู่กับที่ เรียกว่า ไดเรกตริกซ์

เส้นตรงที่ผ่านโฟกัสและตั้งฉากกับไดเรกตริกซ์ เรียกว่า แกนของพาราโบลา

จุดที่กราฟของพาราโบลาตัดกับแกนของ พาราโบลา เรียกว่า จุดยอด

สมการพาราโบลารูปแบบมาตรฐานมี 2 รูปแบบ ได้แก่

รูปแบบที่ 1 $(x-h)^2 = 4c(y-k)$



สมการนี้เมื่อนำไปเขียนกราฟจะได้กราฟเป็นรูปเส้นโค้งพาราโบลาซึ่งอาจจะหงายหรือคว่ำก็ได้ ขึ้นกับค่า c กล่าวคือ

ถ้า c มีค่าเป็นบวกเส้นโค้งจะหงาย

ถ้า c มีค่าเป็นลบเส้นโค้งจะคว่ำ

เส้นตรงที่แบ่งครึ่งรูปในแนวดิ่ง เรียก **แกนสมมาตร**

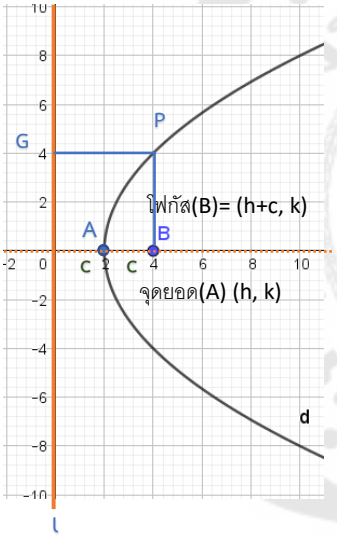
จุดวกกลับของเส้นโค้งเรียก **จุดยอด (A)** ซึ่งหาพิกัดได้จาก**จุดยอด (A)=(h, k)**

จุดบนแกนสมมาตรในพื้นที่เส้นโค้งล้อมห่างจากจุดวกกลับเป็นระยะเท่ากับ c เรียก **จุดโฟกัส**

ซึ่งหาพิกัดได้จาก **จุดโฟกัส (B) = (h, k+c)**

เส้นตรงซึ่งตั้งฉากกับแกนสมมาตรอยู่ด้านตรงข้ามกับจุดโฟกัสและห่างจากจุดวกกลับเป็นระยะเท่ากับ c เรียกเส้นบังคับ หรือไดเรกตริกซ์ ซึ่งหาสมการเส้นนี้ได้จาก **y = k – c**

รูปแบบที่ 2 $(y-k)^2 = 4c(x-h)$



สมการนี้เมื่อนำไปเขียนกราฟ จะได้กราฟเป็นรูปเส้นโค้งพาราโบลาซึ่งอาจจะตะแคงเปิดไปด้านขวา หรือด้านซ้ายก็ได้ ขึ้นกับค่า c กล่าวคือ

ถ้า c มีค่าเป็นบวกเส้นโค้งจะเปิดขวา

ถ้า c มีค่าเป็นลบเส้นโค้งจะเปิดซ้าย

เส้นตรงที่แบ่งครึ่งพาราโบลาในแนวนอน เรียก **แกนสมมาตร**

จุดวกกลับของเส้นโค้งเรียก **จุดยอด (A)** ซึ่งหาพิกัดได้จาก **จุดยอด (A)** = (h,k)

จุดบนแกนสมมาตรในพื้นที่เส้นโค้งล้อมห่างจากจุดวกกลับเป็นระยะเท่ากับ c เรียก **จุดโฟกัส**ซึ่งหาพิกัดได้จาก **จุดโฟกัส (B) =** $(h+c,k)$

เส้นตรงซึ่งตั้งฉากกับแกนสมมาตรอยู่ด้านตรงข้ามกับจุดโฟกัสและห่างจากจุดวกกลับเป็นระยะเท่ากับ c เรียกเส้นบังคับ หรือไดเรกตริกซ์ ซึ่งหาสมการเส้นนี้ได้จาก $x = h-c$

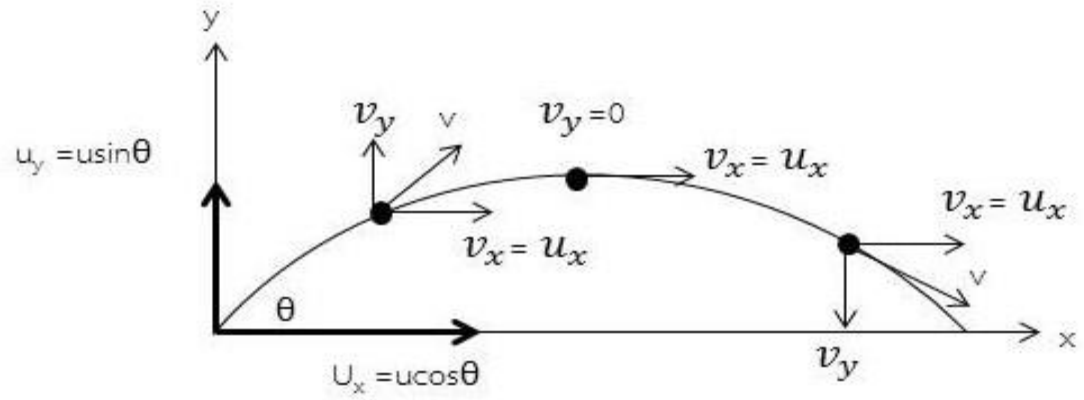
หมายเหตุ

1. เราเรียกส่วนของเส้นตรงที่ผ่านโฟกัสและตั้งฉากกับแกนของพาราโบลา โดยมีจุดปลายทั้งสองอยู่บนพาราโบลาว่า **เลตัสเรกตัม (latus rectum)** เส้นนี้จะมีความยาวเท่ากับ $|4c|$
2. เลตัสเรกตัม สามารถนำมาช่วยในการเขียนกราฟของพาราโบลา เพราะทำให้รู้ความกว้างของพาราโบลาได้ชัดเจนขึ้น

วิทยาศาสตร์

เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

หมายถึง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ประกอบด้วยการเคลื่อนที่ 2 แนวตั้งฉากกัน และเกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน เช่น การยิงจรวด เป็นเส้นทางโค้งจากเนินด้านหนึ่งไปยังเนินอีกด้านหนึ่ง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ถูกขว้างขึ้นไปในอากาศในแนวที่ทำมุม θ ใด ๆ กับแนวราบด้วย



อัตราเร็ว u เราสามารถวิเคราะห์ความเร็วการเคลื่อนที่ของวัตถุออกมาได้ดังภาพ

ความเร็วต้นในแนวราบ = ucos θ

และความเร็วต้นในแนวดิ่ง = usin θ

การที่วัตถุมีความเร็วต้นถึงสองแนวเช่นนี้ ทำให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ในแนวทั้งสองพร้อมกัน คือ การเคลื่อนที่ในแนวราบและการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง เมื่อรวมการเคลื่อนที่ทั้งสองนี้เข้าด้วยกัน แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ปรากฏจะเป็นวิถีโค้งในอากาศ

เทคโนโลยี

- การเลือกใช้วัสดุในการสร้างเครื่องยิง

- การสืบค้นข้อมูลผ่าน internet

วิศวกรรมศาสตร์

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3. สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

3.1 ใบความรู้ เรื่อง พาราโบลา (สำหรับนักเรียนแต่ละคน)

3.2 ใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องยิงปิงปอง (สำหรับนักเรียนแต่ละกลุ่ม)

3.3 คลิปวีดิทัศน์ การทำงานของเครื่องยิงปิงปอง

4. กิจกรรมการเรียนรู้

คาบที่ 1

4.1 ขั้นระบุปัญหา

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 10 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนแบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มละ 5 คน พร้อมแจกใบกิจกรรมเรื่องเครื่องยิงปิงปอง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม

4.1.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มอ่านคำคำชี้แจงในใบกิจกรรมเครื่องยิงปิงปองในหน้าที่ 1

4.1.3 ครูนำเข้าสู่บทเรียน เรื่อง พาราโบลา โดยการนำเสนอปัญหาในชีวิตจริงโดยการยกตัวอย่างการทำงานของเครื่องยิงปิงปอง เพื่อให้นักเรียนเห็นตัวอย่างการเชื่อมโยงหรือการประยุกต์ความรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง พาราโบลา

4.1.4 ครูเปิดคลิป การทำงานของเครื่องยิงปิงปอง ให้นักเรียนสังเกตและทำความเข้าใจและพิจาณาว่าต้องใช้ข้อมูลอะไรที่จำเป็นในสร้าง

4.1.5 ครูใช้คำถามกระตุ้น หลังจากดูคลิป ว่า นักเรียนคิดว่าการเคลื่อนที่ของลูกปิงปองมีลักษณะเป็นแบบไหน

[นักเรียนควรตอบว่า **พาราโบลา**]

4.1.6 ครูให้นักเรียนอ่านสถาณการณ์ปัญหา พร้อมทั้งชี้แจงเงื่อนไขจากสถานการณ์ที่กำหนดในใบกิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง หน้าที่ 2 – 3

4.1.7 ครูจะเป็นผู้ระบุเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา นักเรียนทำความเข้าใจในเงื่อนไขดังกล่าว และจำเป็นต้องหาวิธีการสร้างเครื่องยิงปิงปองให้เป็นตามเงื่อนไขที่ครูกำหนด

4.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 10 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ครูใช้คำถามกระตุ้น ว่านอกจากเรื่องพาราโบลาแล้วยังใช้ความรู้เรื่องอะไรอีกในการออกแบบเครื่องยิงให้เป็นไปตามเงื่อนไข

[นักเรียนควรตอบว่า **มุมในการยิง แรงในการปล่อยลูก การเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์**]

4.2.2 ครูให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีในการค้นหาข้อมูลเรื่องอื่น ๆ สำหรับการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม

4.2.3 เพื่อให้นักเรียนเห็นการเชื่อมโยงหรือการประยุกต์ความรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง พาราโบลา ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น นักเรียนในแต่ละกลุ่มร่วมมือกันเชื่อมโยงข้อมูลและแนวคิด เนื้อหาเรื่องใดที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาและตอบคำถามในใบกิจกรรม ในหน้าที่ 4

4.3 ขั้นออกแบบวิธีแก้ปัญหา

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 10 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

นักเรียนในแต่ละกลุ่มร่วมมือกันออกแบบเครื่องยิงปิงปองใน ใบกิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง ในหน้าที่ 4

4.4 ขั้นดำเนินการการแก้ปัญหา

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 20 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.4.1 ครูให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มร่วมมือกันสร้างเครื่องยิงปิงปองตามที่ได้ออกแบบไว้

4.4.2 หลังจากได้เครื่องยิงปิงปองแล้ว นักเรียนทดสอบกันเองในกลุ่มแล้ว มาทดสอบเครื่องยิงกับครูหน้าชั้นเรียน

4.4.3 ครูให้นักเรียนใช้โทรศัพท์มือถือบันทึกการเคลื่อนที่ของลูกปิงปอง พร้อมทั้งวาดเส้นโค้งพาราโบลา ที่ได้จากการทดลองจากการบันทึกวิดีโอ พร้อมทั้งตอบคำถามในใบกิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง ในหน้าที่ 5

ครูใช้คำถามกระตุ้น ว่า นักเรียนคิดว่าถ้าต้องการให้ลูกปิงปองถึงจุดหมายที่กำหนดต้องเพิ่ม/ลด ขนาด เลตัสเรกตัม และต้องทำอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า **เพิ่ม/ลด แรงหรือมุม ที่ใช้ในการยิงปิงปอง**]

คาบที่ 2

4.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 20 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.5.1 นักเรียนนำชิ้นงานไปปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำมาทดสอบเครื่องยิงกับครู พร้อมทั้ง วาดเส้นโค้งพาราโบลา ที่ได้จากการทดลองจากการบันทึกวิดีโอ ในใบกิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง ในหน้าที่ 6

4.5.2 นักเรียนตอบคำถามในใบกิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง ในหน้าที่ 6

4.5.3 ครูให้นักเรียนวิเคราะห์การเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่ใกล้เคียง และตอบคำถามในใบกิจกรรม ในหน้าที่ 7

4.6 นำเสนอ

คาบนี้ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.6.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มรายงานผลการทดลอง และการเชื่อมโยงความรู้ในการออกแบบเครื่องยิง โดยแต่ละกลุ่มใช้เวลานำเสนอ 3 - 5 นาที

4.6.2 นักเรียนออกมานำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรม เครื่องยิงปิงปอง

4.6.3 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิดที่นักเรียนนำเสนอพร้อมอธิบายการออกแบบเพื่อให้ได้คำตอบที่แม่นยำ

4.6.4 ครูใช้คำถามกระตุ้นพร้อมยกตัวอย่าง เรื่อง พาราโบลา ในชีวิตจริง

5. การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

เพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในคาบนี้มีดังนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์ : 1. เพื่อให้นักเรียนสามารถ ระบุส่วนประกอบต่าง ๆ ของพาราโบลาได้	**วิธีวัดผล** : พิจารณาจากความถูกต้องในการตอบถาม **เครื่องมือวัดผล** : **คำถามในใบกิจกรรม** หน้า 5 - 6 จำนวน 8 ข้อ	**เกณฑ์การให้คะแนน** : ในแต่ละคำถาม ถ้านักเรียน **ตอบได้ถูกต้อง** จะได้ คะแนน 1 คะแนน ถ้า นักเรียน **ตอบไม่ถูกต้อง** จะได้ คะแนน 0 คะแนน **เกณฑ์การประเมินผล** : ถ้านักเรียน ได้คะแนน **4 คะแนนขึ้นไป** ถือว่าผ่าน
ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา โดยใช้แนวคิดของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในการสร้างเครื่องยิงปิงปองให้เป็นไปตามเงื่อนไข	**วิธีวัดผล** : พิจารณาจากความถูกต้องในการตอบถาม **เครื่องมือวัดผล** : **1. คำถามในใบกิจกรรม** ข้อที่ 1,2,5 และ 6 จำนวน 4 ข้อ **2. แบบสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์**	**เกณฑ์การให้คะแนน** : เกณฑ์การให้คะแนนในตารางด้านล่าง **เกณฑ์การประเมินผล** : ถ้า นักเรียน ได้คะแนน **12 คะแนนขึ้นไป** ถือว่าผ่าน

<u>ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์</u> : ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย

1. ความรู้ และความสามารถที่ใช้ในการเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์

สามารถแปลงความสัมพันธ์ของสมการพีชคณิตและกราฟเรขาคณิต ในเรื่องภาคตัดกรวยได้

เกณฑ์การให้คะแนนของใบกิจกรรม ข้อที่ 5

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
6	สามารถเขียนกราฟและส่วนประกอบของพาราโบลาได้ถูกต้องทั้งหมด และสามารถแปลงข้อมูลเป็นสมการของพาราโบลาได้ถูกต้อง
4	สามารถเขียนกราฟและส่วนประกอบของพาราโบลาได้ถูกต้อง สมบูรณ์ อย่างใดอย่างหนึ่ง และสามารถแปลงข้อมูลเป็นสมการของพาราโบลาได้ถูกต้อง
2	สามารถเขียนกราฟหรือส่วนประกอบของพาราโบลาได้ถูกต้อง อย่างใดอย่างหนึ่ง แต่แปลงข้อมูลเป็นสมการของพาราโบลาได้ไม่ถูกต้อง
0	ไม่ตอบคำถาม คำตอบไม่เกี่ยวกับคำถาม หรือไม่มีคำตอบที่ถูก

2. ความรู้ และความสามารถที่ใช้ในการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์ กับศาสตร์อื่น ๆ

1) สามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนนของใบกิจกรรม ข้อที่ 1

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	สามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องใช้การแก้ปัญหา ถูกต้องสมบูรณ์
2	สามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องใช้การแก้ปัญหา ถูกเป็นส่วนใหญ่
1	สามารถระบุความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องใช้การแก้ปัญหาบางส่วน
0	ไม่ตอบคำถาม คำตอบไม่เกี่ยวกับคำถาม หรือไม่มีคำตอบที่ถูก

2) สามารถนำความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ที่ระบุนำมาสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผล

เกณฑ์การให้คะแนนของใบกิจกรรม ข้อที่ 2

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	สามารถนำความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่ระบุมาสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผล
2	สามารถนำความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่ระบุมาสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลเป็นส่วนใหญ่
1	สามารถนำความรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่ระบุมาสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลเป็นส่วนน้อย
0	ไม่ตอบคำถาม คำตอบไม่เกี่ยวกับคำถาม หรือไม่มีคำตอบที่ถูก

3. ความรู้ และความสามารถที่ใช้ในการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

เกณฑ์การให้คะแนนของใบกิจกรรม ข้อที่ 6

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
6	สามารถยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้อง และสามารถอธิบายเหตุผลนำความรู้นั้นไปใช้ได้ ถูกต้อง
4	สามารถยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้อง และสามารถอธิบายเหตุผลนำความรู้นั้นไปใช้ได้ บางส่วน
2	สามารถยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้อง แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลนำความรู้นั้นไปใช้ได้
0	ไม่ตอบคำถาม คำตอบไม่เกี่ยวกับคำถาม หรือไม่มีคำตอบที่ถูก

ใบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

เครื่องยิงปิงปอง

คำชี้แจง

การใช้กิจกรรมSTEM เรื่อง เครื่องยิงปิงปอง มีข้อควรปฏิบัติและทำความเข้าใจ ดังนี้

1. กิจกรรมเรื่อง เครื่องยิงปิงปอง เป็นการจัดกิจกรรมในรูปแบบ STEM ใช้สำหรับจัดการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย หน่วยการเรียนรู้เรื่อง พาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

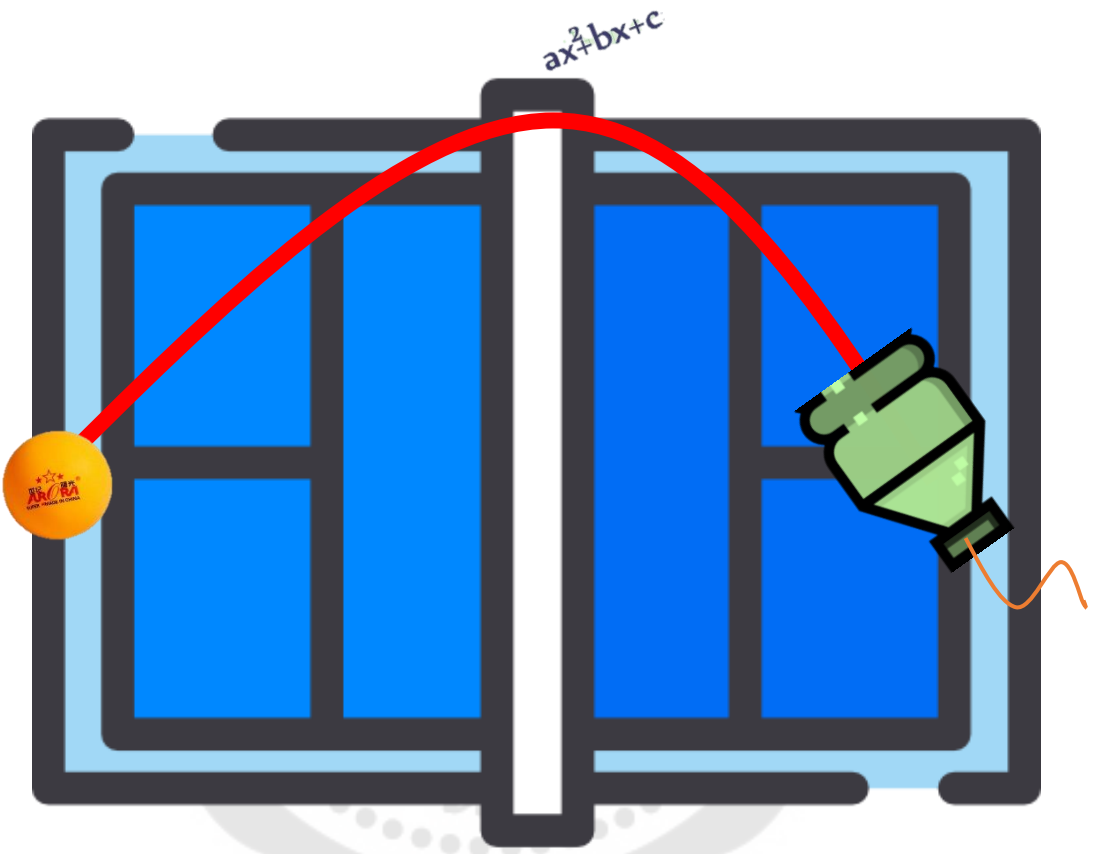
2. ชุดกิจกรรมเรื่อง เครื่องยิงปิงปอง ใช้ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

3. นักเรียนควรศึกษาจุดประสงค์ของกิจกรรม ขอบเขตเนื้อหา และขั้นตอนการทำกิจกรรม เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้

4. ขณะที่นักเรียนดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ หากมีปัญหาหรือข้อสงสัย สามารถสอบถามครูผู้สอนได้

5. กิจกรรมการเรียนรู้นี้ได้นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาเป็นส่วนหนึ่งของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

เครื่องยิงปิงปอง



ENGINEERING

E 1.ระบุปัญหา

<u>สถานการณ์ปัญหา</u> :

ในการแข่งกีฬาซีเกมส์ 2020 ประเทศไทยเป็นเจ้าภาพในการจัดกีฬา แต่ประเทศไทยประสบปัญหาในการขาดสถานที่ฝึกซ้อมสำหรับนักกีฬาปิงปอง จึงจำเป็นต้องใช้สถานที่ในโรงเรียนเป็นที่สำหรับซ้อมกีฬา นักเรียนคิดว่ามีส่วนช่วยนักกีฬาได้อย่างไร

เนื่องจากเครื่องซ้อมยิงปิงปองมีราคาแพง และมีไม่เพียงพอ นักเรียนจะประดิษฐ์เครื่องยิงปิงปองจากวัสดุอุปกรณ์ใกล้ตัวที่หาพบได้ง่าย และมีความแม่นยำในการยิงไปยังจุดที่กำหนด นักเรียนต้องใช้ความรู้เรื่องอะไรในประดิษฐ์เครื่องซ้อมยิงชนิดนี้และมีความแม่นยำในการยิง

เงื่อนไข

อุปกรณ์ที่กำหนดให้

1. ขวดน้ำ
2. ลูกปิงปอง
3. หนังยาง

ENGINEERING

E 2.รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

TECHNOLOGY SCIENCE

ให้นักเรียนสังเกตการทำงานของเครื่องยิงปิงปองจากคลิปต่อไปนี้

(การทำงานของเครื่องยิงปิงปอง)

การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์

การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

1. นักเรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์เรื่องอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องในการออกแบบนี้ให้เป็นไปตามเงื่อนไข

คณิตศาสตร์ เรื่อง _____

วิทยาศาสตร์ เรื่อง _____

E 3. ออกแบบวิธี

2. ชวนคิด

จะนำความรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มาสัมพันธ์กันอย่างไร

เพื่อใช้ในการประดิษฐ์เครื่องยิงปิงปอง

_____

_____

_____

3. ให้นักเรียนร่วมกันออกแบบเครื่องยิงลูกปิงปอง รวมทั้งแบ่งหน้าที่ของแต่ละคนในกลุ่ม

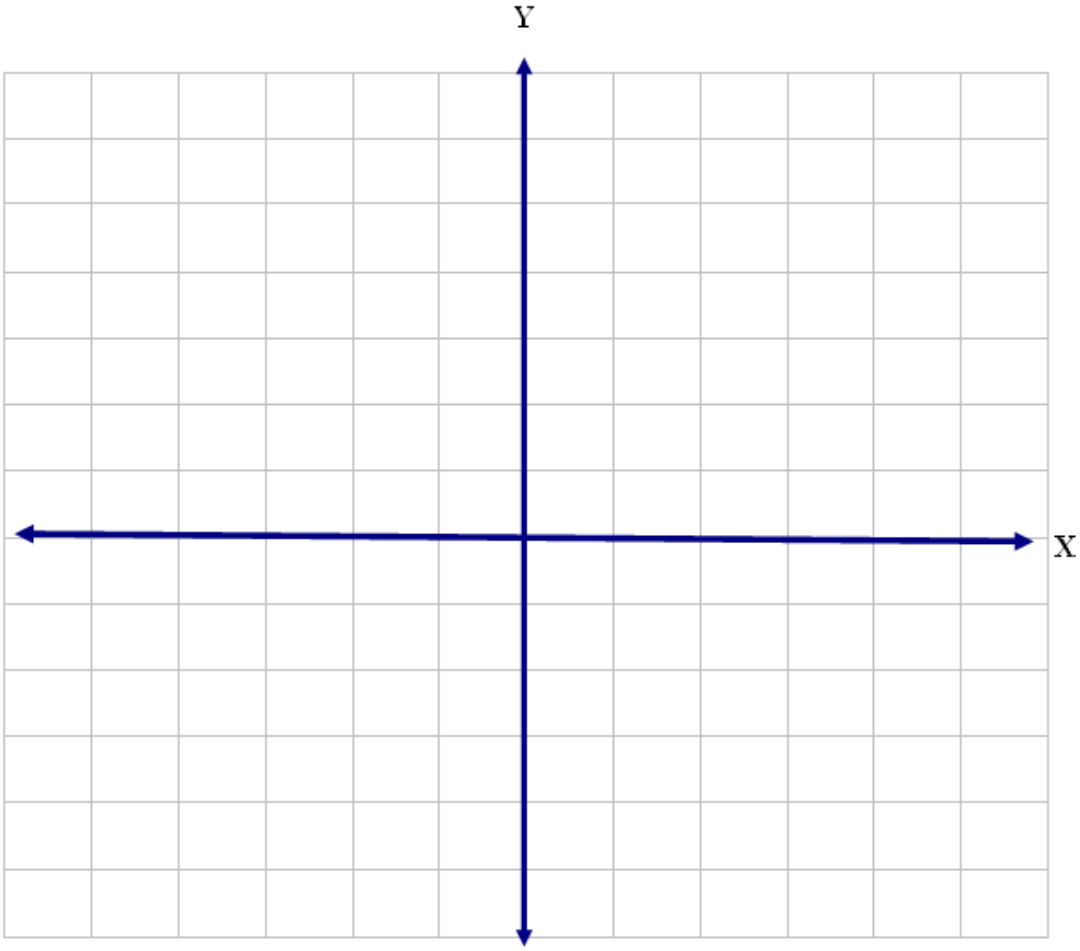
(การประดิษฐ์[illegible])

ENGINEERING

E 4.วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

4. ให้วาดเส้นโค้งพาราโบลา ที่ได้จากการทดลองจากการบันทึกวิดีโอ พร้อมทั้งตอบคำถามต่อไปนี้

TECHNOLOGY MATHEMATICS



จุดยอด คือ _____

ความยาวเลตัสเลกตัม คือ _____

แกนสมมาตร คือ _____

สมการพาราโบลาที่ได้จากการทดลอง คือ _____

5. จากการทดสอบเครื่องยิงปิงปองของกลุ่มนักเรียน พบปัญหาจากการทดสอบหรือไม่ ? และปัญหานั้นคืออะไร มีวิธีการแก้อย่างไร ?

ปัญหาที่เกิดขึ้น

1).....

2).....

3).....

4).....

วิธีการแก้ปัญหา

1).....

2).....

3).....

การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

6. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องพาราโบลา พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องพาราโบลาไปประยุกต์ใช้ได้อะไรบ้าง

.....

.....

ENGINEERING

E 6.นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

นักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมทั้งหมด
ตั้งแต่ ขั้นตอนวางแผน ออกแบบการแก้ปัญหา
และการแก้ปัญหา รวมทั้งผลที่ได้
โดยนำเสนอหน้าชั้นเรียน

รายชื่อ สมาชิก

1. ชื่อ..... ห้อง ..... เลขที่ .....
2. ชื่อ..... ห้อง ..... เลขที่ .....
3. ชื่อ..... ห้อง ..... เลขที่ .....
4. ชื่อ..... ห้อง ..... เลขที่ .....
5. ชื่อ..... ห้อง ..... เลขที่ .....

เฉลย ใบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

เครื่องยิงปิงปอง

คำชี้แจง

การใช้กิจกรรมSTEM เรื่อง เครื่องยิงปิงปอง มีข้อควรปฏิบัติและทำความเข้าใจ ดังนี้

1. กิจกรรมเรื่อง เครื่องยิงปิงปอง เป็นการจัดกิจกรรมในรูปแบบ STEM ใช้สำหรับจัดการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย หน่วยการเรียนรู้เรื่อง พาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

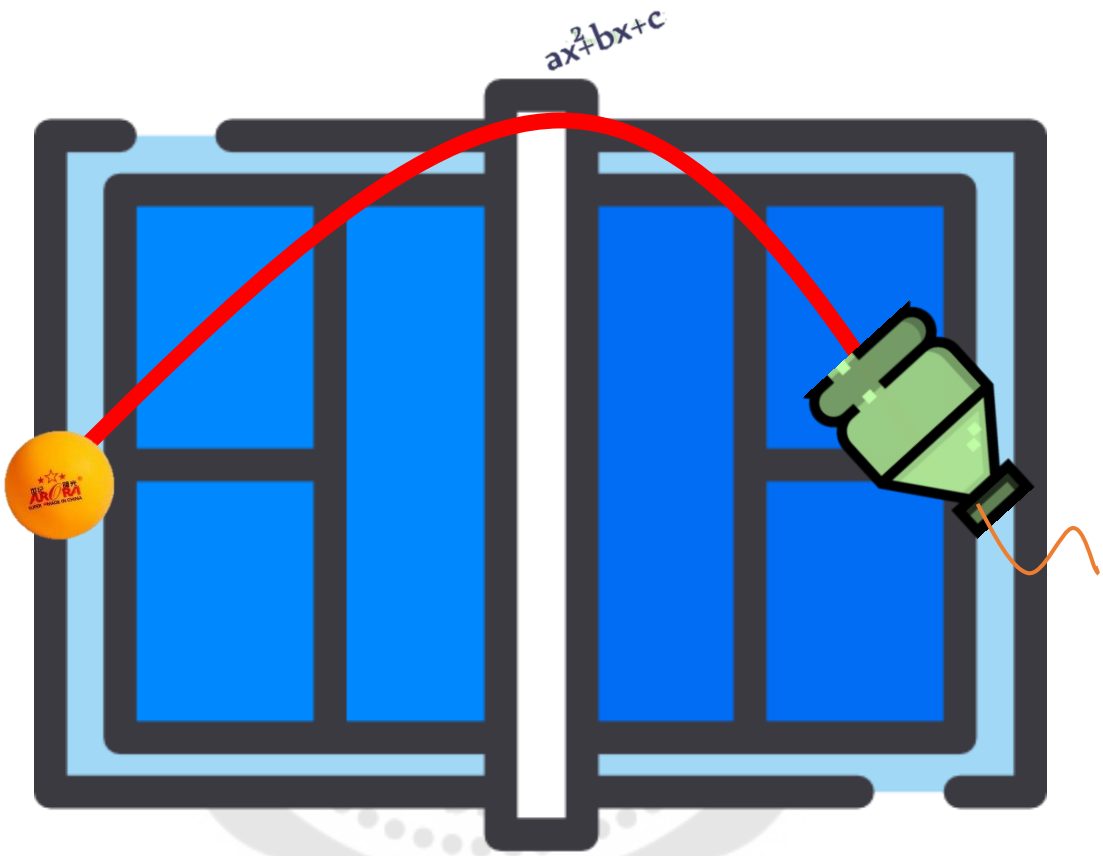
2. ชุดกิจกรรมเรื่อง เครื่องยิงปิงปอง ใช้ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

3. นักเรียนควรศึกษาจุดประสงค์ของกิจกรรม ขอบเขตเนื้อหา และขั้นตอนการทำกิจกรรม เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้

4. ขณะที่นักเรียนดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ หากมีปัญหาหรือข้อสงสัย สามารถซักถามครูผู้สอนได้

5. กิจกรรมการเรียนรู้นี้ได้นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาเป็นส่วนหนึ่งของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

เครื่องยิงปิงปอง



ENGINEERING

E 1.ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด

<u>สถานการณ์ปัญหา</u> :

ในการแข่งกีฬาซีเกมส์ 2020 ประเทศไทยเป็นเจ้าภาพในการจัดกีฬา แต่ประเทศไทยประสบปัญหาในการขาดสถานที่ฝึกซ้อมสำหรับนักกีฬาปิงปอง จึงจำเป็นต้องใช้สถานที่ในโรงเรียนเป็นที่สำหรับซ้อมกีฬา นักเรียนคิดว่ามีส่วนช่วยนักกีฬาได้อย่างไร

เนื่องจากเครื่องซ้อมยิงปิงปองมีราคาแพง และมีไม่เพียงพอ นักเรียนจะประดิษฐ์เครื่องยิงปิงปองจากวัสดุอุปกรณ์ใกล้ตัวที่หาพบได้ง่าย และมีความแม่นยำในการยิงไปยังจุดที่กำหนด นักเรียนต้องใช้ความรู้เรื่องอะไรในประดิษฐ์เครื่องซ้อมยิงชนิดนี้และมีความแม่นยำในการยิง

เงื่อนไข

กำหนดให้ ระยะที่ลูกปิงปองตกห่างจากจุดปล่อยลูก 2.5 เมตร

อุปกรณ์ที่กำหนดให้

1. ขวดน้ำ
2. ดินน้ำมัน 5 ก้อน
3. คัตเตอร์
4. เชือก 1 ม้วน
5. หนังยาง

ENGINEERING

E 2.รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

TECHNOLOGY SCIENCE

ให้นักเรียนสังเกตการทำงานของเครื่องยิงปิงปองจากคลิปต่อไปนี้

(การทำงานของเครื่องยิงปิงปอง)

การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์

การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

1. นักเรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาตร์ วิทยาศาสตร์เรื่องอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องในการออกแบบนี้ให้เป็นไปตามเงื่อนไข

คณิตศาสตร์ เรื่อง พาราโบลา มุม

วิทยาศาสตร์ เรื่อง แรง โพรเจคไทล์

E 3. ออกแบบวิธีแก้ปัญหา

2. ชวนคิด

จะนำความรู้มาสัมพันธ์กันอย่างไร เพื่อใช้ในการประดิษฐ์เครื่องยิงปิงปอง

นำความรู้เรื่องมุมองศาของขวดน้ำที่จะยิงลูกปิงปอง และแรงที่จะยิงลูกปิงปองเพื่อให้ได้เส้นโค้งการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ที่มีแนวการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งพาราโบลาที่ต้องการ ที่สามารถนำลูกปิงปองไปยังจุดที่กำหนด

3. ให้นักเรียนร่วมกันออกแบบเครื่องยิงลูกปิงปอง รวมทั้งแบ่งหน้าที่ของแต่ละคนในกลุ่ม

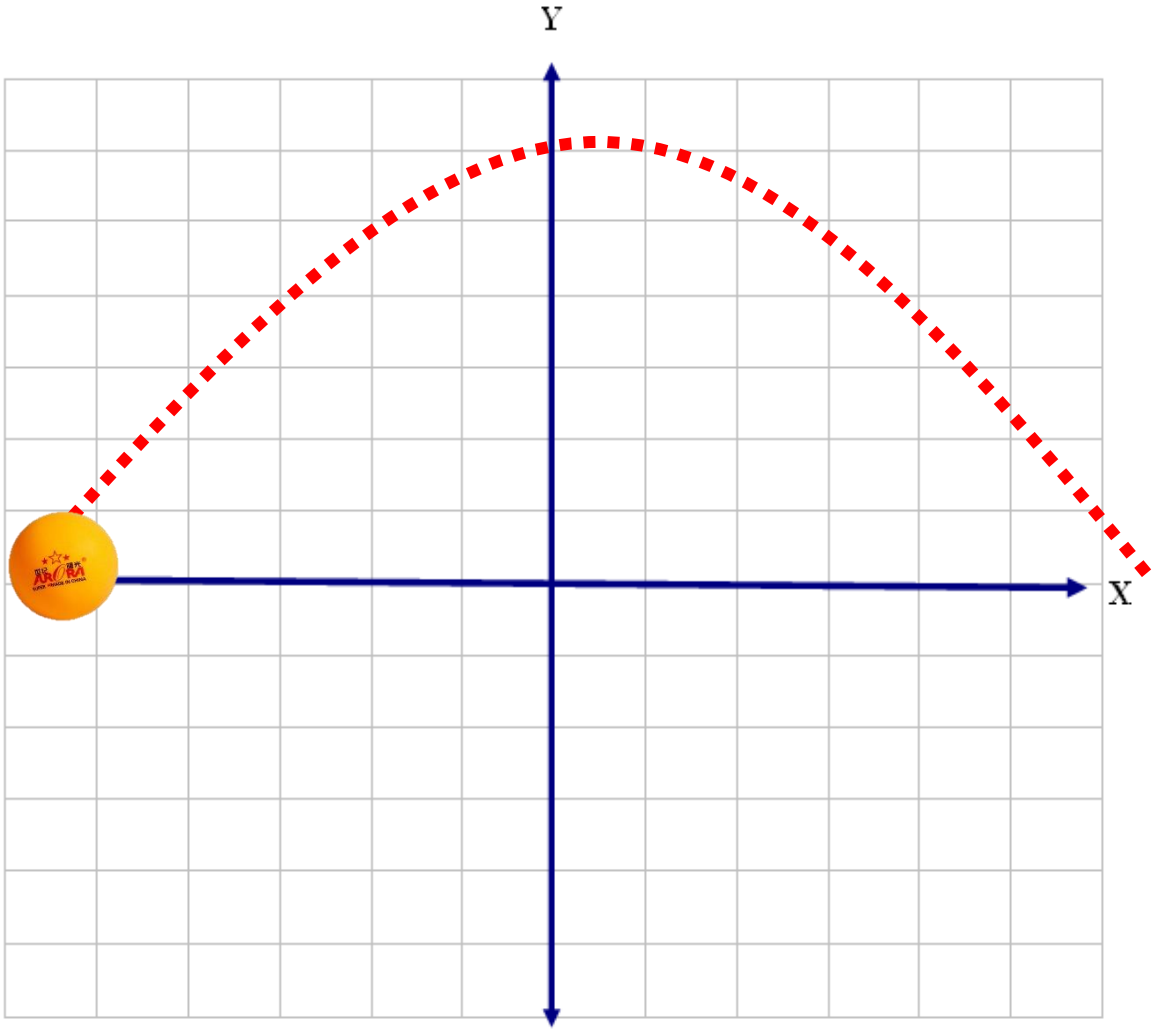
(การประดิษฐ์เครื่องยิงปิงปอง)

ENGINEERING

E 4.วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

4. ให้วาดเส้นโค้งพาราโบลา ที่ได้จากการทดลองจากการบันทึกวิดีโอ พร้อมทั้งตอบคำถามต่อไปนี้

TECHNOLOGY MATHEMATICS



จุดยอด คือ $(0,6)$

ความยาวเลตัสเลกตัม คือ 6

แกนสมมาตร คือ $x=0$

สมการพาราโบลาที่ได้จากการทดลอง คือ $x^2=-6(y-6)$

5. จากการทดสอบเครื่องยิงปิงปองของกลุ่มนักเรียน พบปัญหาจากการทดสอบหรือไม่ ? และปัญหานั้นคืออะไร มีวิธีการแก้อย่างไร ?

ปัญหาที่เกิดขึ้น

1) .....

2) .....

3) .....

4) .....

วิธีการแก้ปัญหา

1) .....

2) .....

3) .....

4) .....

การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

6. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องพาราโบลา พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องพาราโบลาไปประยุกต์ใช้ได้อะไรบ้าง

ตอบ การเล่นกีฬาต่าง ๆ ทั้งวอลเลย์บอล บาสเกตบอล และทุ่มน้ำหนัก

เราเห็นได้ว่าแนวโค้งของสิ่งที่ตี โยน ขว้าง ในการเล่นกีฬาดังกล่าว เคลื่อนที่ไปในลักษณะโค้งพาราโบลาทั้งสิ้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการใช้แรงเพื่อกะระยะการตกของลูกให้เป็นตามที่เราต้องการ

ENGINEERING

E 6.นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

นักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมทั้งหมด
ตั้งแต่ ขั้นตอนวางแผน ออกแบบการทดลอง
และการทดลอง รวมทั้งผลที่ได้
โดยนำเสนอหน้าชั้นเรียน

รายชื่อ สมาชิก

1. ชื่อ..... ห้อง ..... เลขที่ .....
2. ชื่อ..... ห้อง ..... เลขที่ .....
3. ชื่อ..... ห้อง ..... เลขที่ .....
4. ชื่อ..... ห้อง ..... เลขที่ .....
5. ชื่อ..... ห้อง ..... เลขที่ .....

ภาคผนวก ง
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ชื่อ ..... ชั้น .....เลขที่ .....

แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 3 หน้า จำนวน 3 ข้อ ให้เวลาในการทำแบบทดสอบ 25 นาที
2. ให้นักเรียนเขียน ทด เขียนสมการ วาดกราฟประกอบ เขียนแสดงวิธีทำให้ครบถ้วน
3. เขียนชื่อ สกุล ชั้น เลขที่ ให้ครบถ้วน
4. เขียนตอบด้วยลายมือที่ชัดเจน โดยใช้ปากกาสีน้ำเงินเท่านั้น และไม่อนุญาตให้มีการลอกข้อสอบ
5. สามารถใช้บริเวณที่ว่างเป็นกระดาษทดได้
6. ห้ามคัดลอกหรือเผยแพร่ข้อสอบหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของข้อสอบ
7. ห้ามเปิดโทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์สื่อสาร เอกสารหรือตำราใดๆ

ข้อสอบ : การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์

1. ให้สมการรูปหนึ่ง คือ $(y-2)^2=-40(x-6)$ โดยมี V และ F เป็นจุดยอดและโฟกัสตามลำดับ และภาคตัดกรวยรูปหนึ่ง มีความยาวแกนเอกเท่ากับ $6\sqrt{5}$ หน่วย มีโฟกัสอยู่ที่

   V และ F จงเขียนกราฟ ส่วนประกอบ และหาสมการภาคตัดกรวยรูปนี้

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อที่ 1 - 2

คำถามที่ 1 : การจะแก้ปัญหาข้อนี้ต้องใช้ความรู้คณิตศาสตร์เรื่องใด ระบุมาให้ครบ

.....

.....

.....

คำถามที่ 2 : จากข้อมูลที่นักเรียนระบุไว้ใน ข้อที่ 1 ให้นักเรียนแสดงวิธีแก้ปัญหา

(จงเขียนกราฟส่วนประกอบ และหาสมการภาคตัดกรวย)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อสอบ : การเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

2. วัตถุระเบิด TENET ชิ้นหนึ่งถูกวางที่พิกัด $(-2,1)$ ในระบบพิกัดฉาก ทหาร Neil เดินสำรวจวัตถุระเบิดบนเส้นตรง $y=2x-4$ ถ้าทหาร Neil อยู่ใกล้ระเบิด TENET จงหาพิกัดที่ทหาร Neil จะได้ยินระเบิดดังที่สุด

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อที่ 1 - 2

คำถามที่ 1 : การจะแก้ปัญหาข้อนี้ต้องใช้ความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เรื่องใด ระบุมาให้ครบ

.....

.....

.....

คำถามที่ 2 : จากข้อมูลที่นักเรียนระบุไว้ใน ข้อที่ 1 ให้นักเรียนแสดงวิธีแก้ปัญหา

(จงเขียนกราฟ วาดรูปประกอบ และหาพิกัด ที่ทหารจะได้ยินระเบิดดังที่สุด)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อสอบ : การเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

3. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องพาราโบลา พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องพาราโบลาไปประยุกต์ใช้ได้อย่างไร (นอกเหนือตัวอย่างจากในกิจกรรม)

.....

.....

อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(เฉลย)แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

❖ **การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์**

1. ให้สมการรูปหนึ่ง มีสมการเป็น $(y-2)^2=-40(x-6)$ โดยมี V และ F เป็นจุดยอดและโฟกัส ตามลำดับ และภาคตัดกรวยรูปหนึ่ง มีความยาวแกนเอกเท่ากับ $6\sqrt{5}$ หน่วย มีโฟกัสอยู่ที่

V และ F จงเขียนกราฟ ส่วนประกอบ และหาสมการภาคตัดกรวยรูปนี้

คำถามที่ 1 : การจะแก้ปัญหาข้อนี้ต้องใช้ความรู้คณิตศาสตร์เรื่องใด ระบุมาให้ครบ

การแก้โจทย์ปัญหานั้น จะต้องรู้จักนำความรู้ เรื่อง พาราโบลา วงรี การแก้สมการ มาสัมพันธ์กัน จึงจะแก้โจทย์ปัญหานี้ได้

คำถามที่ 2 จากข้อมูลที่นักเรียนระบุไว้ใน ข้อที่ 1 ให้นักเรียนแสดงวิธีแก้ปัญหา

$$(y-2)^2=-40(x-6)$$

$$(y-2)^2=-4(10)(x-6)$$

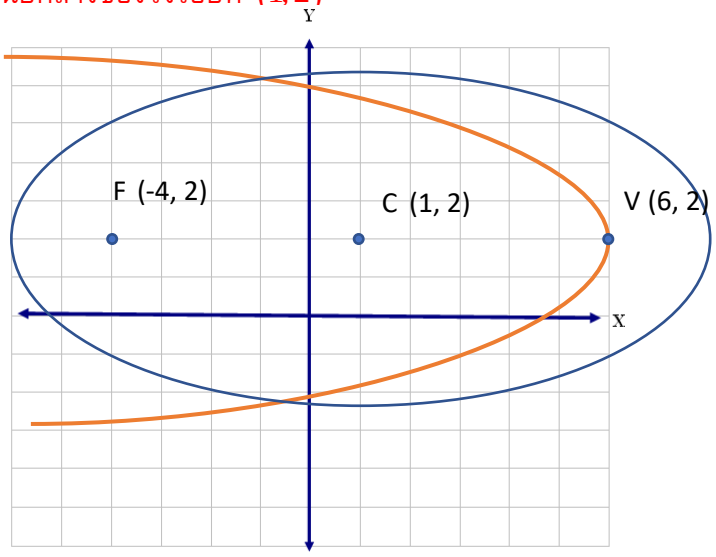
เป็นสมการพาราโบลา ที่มีจุดยอดอยู่ที่ $(6,2)$ และจุดโฟกัสที่ $(-4,2)$

จากนั้น สร้างสมการวงรีที่ มีจุดโฟกัสอยู่ที่ $(-4,2)$ และ $(6,2)$

ที่มีความยาวแกนเอกเท่ากับ $6\sqrt{5}=2a$

ดังนั้น $a=3\sqrt{5}$

จะได้ว่า จุดศูนย์กลางของวงรีอยู่ที่ $(1,2)$



จาก $a^2 = b^2 + c^2$

$$45 = b^2 + 25$$

$$b^2 = 20$$

ดังนั้น สมการวงรี คือ $\frac{(x-1)^2}{45} + \frac{(y-2)^2}{20} = 1$

❖ **การเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์ กับศาสตร์อื่น ๆ**

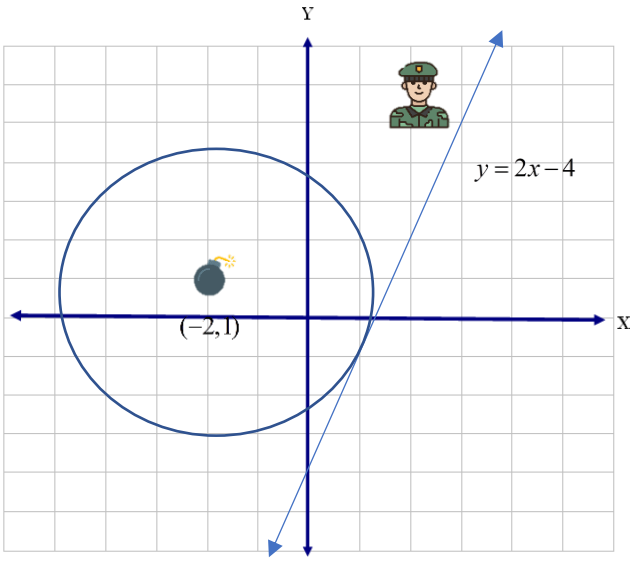
2. วัตถุระเบิด TENET ชิ้นหนึ่งถูกวางที่พิกัด ในระบบพิกัดฉาก ทหาร Neil เดินสำรวจวัตถุระเบิดบนเส้นตรง $y = 2x - 4$ ถ้าทหาร Neil อยู่ใกล้ระเบิด TENET จงหาพิกัดที่ทหาร Neil จะได้ยินระเบิดดังที่สุด

คำถามที่ 1 : การจะแก้ปัญหาข้อนี้ต้องใช้ความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เรื่องใด ระบุมาให้ครบ

การแก้โจทย์ปัญหานั้น จะต้องรู้จักนำความรู้ เรื่อง วงกลม การแก้สมการ และความดังเสียง มาสัมพันธ์กันจึงจะแก้โจทย์ปัญหานี้ได้

คำถามที่ 2 จากข้อมูลที่นักเรียนระบุไว้ใน ข้อที่ 1 ให้นักเรียนแสดงวิธีแก้ปัญหา

เสียงจากระเบิดจะเดินทางออกจากแหล่งกำเนิดทุกทิศทาง ถ้าพิจารณาในแกน 2 มิติ จะเป็นวงกลมซึ่งตำแหน่งที่เราได้ยินเสียงระเบิดดังที่สุดคือ ระยะที่ใกล้ที่สุดระหว่างวัตถุระเบิดกับแนวเดินสำรวจ ซึ่งก็คือรัศมีของวงกลม



จากสมการหาระยะห่างระหว่างจุดกับเส้นตรง

$$r = \frac{|Ax + By + C|}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

จาก $2x - y - 4 = 0$

$$r = \frac{|2(-2) - (1) - 4|}{\sqrt{2^2 + (-1)^2}}$$

$$r = \frac{9}{\sqrt{5}}$$

จะได้สมการวงกลมคือ $(x+2)^2 + (y-1)^2 = \frac{81}{5}$

จากนั้น นำไปหาจุดตัดกับสมการแนวเดินสำรวจ

$$y = 2x - 4$$

จะได้จุดตัดคือ $(1.6, -0.8)$

ดังนั้น พิกัดที่ทหารได้ยินเสียงระเบิดดังที่สุดคือ $(1.6, -0.8)$

❖ **การเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์ กับชีวิตจริง**

3. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องพาราโบลา พร้อมทั้งอธิบายว่านำความรู้เรื่องพาราโบลาไปประยุกต์ใช้ได้อย่างไร (นอกเหนือตัวอย่างจากในกิจกรรม)

ตอบ การเล่นกีฬาต่าง ๆ ทั้งวอลเลย์บอล บาสเกตบอล และทุ่มน้ำหนัก

อย่างไร เราเห็นได้ว่าแนวโค้งของสิ่งที่ตี โยน ขว้าง ในการเล่นกีฬาดังกล่าว เคลื่อนที่ไปในลักษณะโค้งพาราโบลาทั้งสิ้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการใช้แรงเพื่อกะระยะการตกของลูกให้เป็นตามที่เราต้องการ

แบบสังเกตพฤติกรรมการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

กิจกรรม ..... กลุ่มที่ .....ครั้งที่ .....

พฤติกรรมที่ต้องการสังเกต	แสดงออก	ไม่แสดงออก	ข้อสังเกตเพิ่มเติม
การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์			
- อธิบายความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้			
- อธิบายความสัมพันธ์ของความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้			
- อธิบายความสัมพันธ์ของสมการภาคตัดกรวยกับกราฟภาคตัดกรวยได้			
การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ			
- อธิบายความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้			
- อธิบายความสัมพันธ์ของความรู้คณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ได้			
- อธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ที่นักเรียนกำหนดได้			
การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง			
- นักเรียนขอคำแนะนำตัวอย่างโดยปรึกษาคุณครู			
- นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์กันในกลุ่ม			

ชื่อนักเรียน .....

คำชี้แจง : จงทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องพฤติกรรมที่แสดงออก เมื่อสังเกตว่านักเรียน/กลุ่มได้แสดงพฤติกรรมต่อไปนี้ ในระหว่างทำงาน

แบบสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ชื่อ – นามสกุล	วัน/เดือน/ปี
.....	.....

การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ และ การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับรายวิชาอื่น ๆ

1) การระบุความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาที่พบ

แนวทางการสัมภาษณ์

- ขณะที่นักเรียนได้อ่านสถานการณ์ปัญหานี้แล้ว นักเรียนนึกถึงหัวข้อหรือความรู้ในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เรื่องอะไรบ้าง

.....

- เพราะอะไร ที่ทำให้นักเรียนนึกถึงเรื่องดังกล่าว

.....

.....

2) การนำความรู้ความสัมพันธ์ของเนื้อหาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

แนวทางการสัมภาษณ์

- นักเรียนลองเล่าให้ฟังหน่อยว่า ถ้านักเรียนต้องการแก้ปัญหา/สถานการณ์นี้ โดยใช้ความรู้ที่นักเรียนกำหนด นักเรียนจะเริ่มทำอะไรก่อนแล้วจะทำอะไรต่อไปอีกบ้าง ลองอธิบายขั้นตอนให้ครูฟัง

.....

.....

การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

3) การประยุกต์ใช้เนื้อหากับสถานการณ์ในชีวิตจริง

แนวทางการสัมภาษณ์

- นักเรียนคิดว่าสถานการณ์ในชีวิตจริงอะไรอีกบ้างที่มีความเกี่ยวข้องกับความรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ..... เกี่ยวข้องกันอย่างไร

ภาคผนวก จ
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ แบบตรวจสอบรายการวัดพฤติกรรมเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ มีดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา หะยีสาและ

   ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริ สิรินิลกุล

   ภาควิชาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3. อาจารย์บพิตร อิสระ

   กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา(สิงห์ สิงหเสนี)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ชวิศ เชื้อธวัช
วัน เดือน ปี เกิด	25 สิงหาคม 2537
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2556 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาชีวการแพทย์ จาก มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ. 2560 การศึกษามหาบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	56/124 หมู่13 ซอยนวมินทร์70 ถนนนวมินทร์ แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร 10240