



การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทาง
คณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึมของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่
เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

ภูริต แก้วเจริญเนตร

การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทาง
คณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึมของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่
เชื่อมโยงกับชีวิตจริง



การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถ
แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึมของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับ
ชีวิตจริง"

ของ ภูริต แก้วเจริญเนตร

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ชำรงโสตถิสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา อ่อนธานี)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

ชื่อเรื่อง	การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และ ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชัน เอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดย ใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่ เชื่อมโยงกับชีวิตจริง
ผู้วิจัย	ภุวิต แก้วเจริญเนตร
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร อ่างรังโสสถิสกุล
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. คณิตศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2565
คำสำคัญ	

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้การใช้การ
เรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง และเพื่อศึกษาผลการ
เสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์
โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้เข้าร่วมวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 4 (แผนการเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ - ห้องปกติ) โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในเขต
ภาคเหนือตอนล่าง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ 4 จำนวน 34 คน ใช้
รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ โดยใช้ระยะเวลาทั้งหมด 12
ชั่วโมง เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้
แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และ แบบวัดความสามารถ
แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
และการทดสอบค่าที (t - test)

ผลการวิจัยพบว่า

1. แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิด
การศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทาง
คณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) แยก ย่อยปัญหา 2) ปะติด ปะต่อ ข้อมูล 3) วางแผน
แก้ปัญหา 4) ลงมือแก้ปัญหา และ 5) เสวนา ไตร่ตรองปัญหา โดยสถานการณ์ปัญหาที่นำมาจัดการ

เรียนรู้ควรเกิดขึ้นในชีวิตจริงที่ผู้เรียนเห็นว่ามีความเป็นจริงและเหมาะสมกับผู้เรียน การกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการใคร่ครวญปัญหานั้นควรกระเริ่มกระตุ้นในมุมมองของผู้เรียนก่อนและจึงขยายการใคร่ครวญในมุมมองที่กว้างขึ้นแต่ก็ยังเกี่ยวข้องกับผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีการเสวนา ไตร่ตรองถึงการดำเนินการแก้ปัญหาตนกับผู้อื่นจนผู้เรียนสามารถตัดสินใจดำเนินการแก้ปัญหาของตนในแง่ความถูกต้องได้ และต้องจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้แบบออนไลน์ โปรแกรมและวิธีการที่ใช้เก็บรวบรวมความคิดเห็น ข้อสันนิษฐาน คำตอบของคำถามในกิจกรรม และเอกสารการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์

2. ผู้เรียนที่ได้เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง มีการมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังสูงกว่าก่อนได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3 ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังสูงกว่าก่อนได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.4 ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Title A CLASSROOM ACTION RESEARCH FOR PROMOTE MATHEMATICAL CONCEPT AND PROBLEM SOLVING ABILITIES ON APPLICATION OF THE EXPONENTIAL AND LOGARITHMIC FUNCTIONS FOR 10TH GRADE STUDENT BY USING ONLINE LEARNING BASED ON REALISTIC MATHEMATICS EDUCATION

Author Purit Kaewcharernnet

Advisor Assistant Professor Wichian Thamrongsotthisakul

Academic Paper M.Ed. Independent Study in Mathematics Education, Naresuan University, 2022

Keywords



ABSTRACT

This current research aims to study the guidelines for online learning based on realistic mathematics education and to examine the effect of promoting mathematical concept and problem-solving abilities on application of the Exponential and Logarithmic functions of 10th grade students. The participants of this study were 34 tenth grade students programming in science and regular classroom of a demonstration school located in the lower Northern region studying in Mathematics 4 course of the second semester of 2021 academic year. The methodology of this current study was the action research including 3 cycles and taking 12 hours for learning implementation; moreover, the 3 lesson plans, reflective learning journals, and the mathematical concept test and mathematical problem-solving ability test were conducted as the research instruments of this study. The statistics used to analyze the data consist of Mean, standard deviation (S.D), and t-test analytic scoring.

The results of the study are as follow:

1. The preferred guidelines for learning management of online learning

based on realistic mathematics education include 1) breaking down the problem 2) piecing together data 3) planning problem-solving 4) problem-solving and 5) discussion and pondering on problems. The problem situation used to manage the learning should be related to real life situation so that the students involve with the and consider them being suitable, relatable, and practical for their life. Encouraging students to reflect on the problem should primarily stimulate the student's point of view and then expand to reflect on a broader but still relevant perspective. Provide opportunities for students to have a dialogue Reflect on how to solve their problems with others until students are able to judge their problem solving actions on the correct side. In addition, the implementation of online learning management should be provided online learning management materials, programs and methods used to collect opinions, assumptions, question responses of activity, and learning management documents in electronic file formats.

2. The effect of promoting mathematical concept and problem solving abilities through online learning based on realistic mathematics education as the following details :

2.1 The students' mathematical concept after learning was significantly increased as it is statistically significant at the level of .05

2.2 The students' mathematical concept after learning was higher than 70 percentages of total scores with the significant level of .05

2.3 The students' mathematical problem solving after learning was significantly increased as it is statistically significant at the level of .05

2.4 The students' mathematical problem solving after learning was higher than 70 percentages of total scores with the significant level of .05

ประกาศคุณูปการ

การวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิเชียร ชำรง โสทธิสกุล ที่ปรึกษา ที่ได้เสียสละเวลาเพื่อให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวทางการปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ งานวิจัยฉบับนี้ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง ประคับประคองเสริมสร้างพลังกายและพลังใจในการทำงานวิจัย รวมถึงเป็นแบบอย่างที่ดียิ่งให้กับผู้วิจัย สร้างแนวทางให้ผู้วิจัยได้ทดลองเดินตามรอยทางนั้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษ กлінняเยี่ยม อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และ นางสาวธัญลักษณ์ อิงควระ ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมสาธิตมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไขและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นอย่างดี จนทำให้การวิจัยครั้งนี้สมบูรณ์และมีคุณค่า

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุก ๆ ท่านประจำหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวรที่เสียสละเวลาประสิทธิ์ประสาทความรู้วิทยาการต่าง ๆ เป็นสิ่งที่จุดประกายให้เกิดเป็นแรงบันดาลใจในการวิจัยฉบับนี้

หากขาดซึ่งผู้หนึ่งผู้ใดไป วิจัยฉบับนี้คงไม่สามารถสมบูรณ์และมีคุณค่าได้ ผู้วิจัยขอบพระคุณทุก ๆ ท่านเป็นอย่างยิ่ง

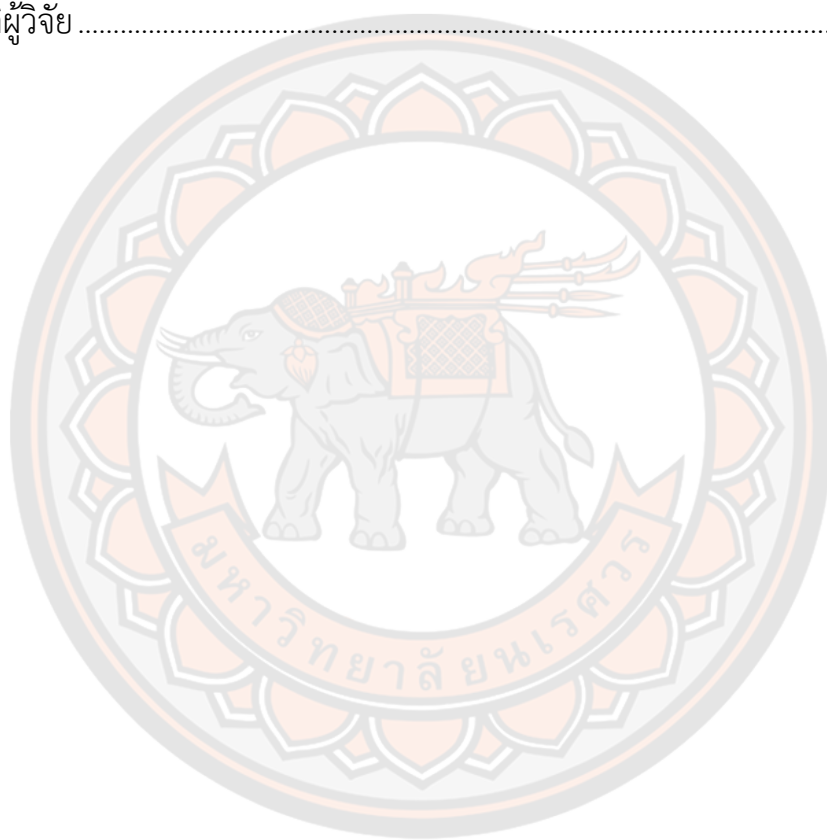
ภูริต แก้วเจริญเนตร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
ประกาศคุุณูปการ.....	ช
สารบัญ.....	ซ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามวิจัย.....	5
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
ความสำคัญของการวิจัย.....	5
ขอบเขตการวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
สมมุติฐานของการวิจัย.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.....	11
2. แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง (Realistic Mathematics Education : RME).....	27
3. การเรียนรู้แบบออนไลน์(Online learning).....	33

4. มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Concept).....	34
5. ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving)	37
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44
7. กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	48
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	49
การศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	49
การออกแบบการวิจัย	50
การกำหนดผู้เข้าร่วมวิจัย	50
การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	50
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	61
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	62
การวิเคราะห์ข้อมูล	63
สถิติที่ใช้ในการวิจัย	64
บทที่ 4 ผลการวิจัย	65
ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิด การศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และ ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนน เชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	66
ตอนที่ 2 ผลการเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษา คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง	86
บทที่ 5 บทสรุป	92

สรุปลผลการวิจัย.....	94
อภิปรายผลการวิจัย.....	95
ข้อเสนอแนะ	99
บรรณานุกรม.....	100
ภาคผนวก.....	105
ประวัติผู้วิจัย	191



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ตัวอย่างการประเมินความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.....	43
ตาราง 2 ตารางแสดงจุดมุ่งหมายของการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	50
ตาราง 3 ตารางแสดงลำดับวงจรปฏิบัติการ เนื้อหา แผนกิจกรรมการเรียนรู้และจำนวนชั่วโมงการจัดการเรียนรู้.....	52
ตาราง 4 ตารางแสดงผลการประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	55
ตาราง 5 ตารางแสดงข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้.....	55
ตาราง 6 วิเคราะห์แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม	57
ตาราง 7 วิเคราะห์แบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม	59
ตาราง 8 ตารางแสดงการสะท้อนผลของวงจรปฏิบัติการที่ 1	72
ตาราง 9 ตารางแสดงการสะท้อนผลของวงจรปฏิบัติการที่ 2	77
ตาราง 10 ตารางแสดงการสะท้อนผลของวงจรปฏิบัติการที่ 3	82
ตาราง 11 ตารางสรุปแนวทางการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงจำแนกตามบทบาทของครูและนักเรียน	83
ตาราง 12 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test for dependent sample) ของคะแนนด้านมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง.....	86

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่า (t-test for sample) ของคะแนนด้านมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง	87
ตาราง 14 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่า (t-test for dependent sample) ของคะแนนความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง	88
ตาราง 15 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่า (t-test for sample) ของคะแนนความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง	89
ตาราง 16 ตารางผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1: อาหารเป็นพิษจากแบคทีเรีย <i>C. perfringens</i>	181
ตาราง 17 ตารางผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2: เสียงดังรบกวน	183
ตาราง 18 ตารางผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3: อาหารปนเปื้อนน้ำมันตรังสี	185
ตาราง 19 ตารางแสดงผลการประเมินความสอดคล้องแบบวัตมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์	187
ตาราง 20 ตารางแสดงผลการประเมินความสอดคล้องแบบวัตมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์	188
ตาราง 21 ตารางแสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงทั้งฉบับของแบบวัตมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์	189
ตาราง 22 ตารางแสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงทั้งฉบับของแบบวัตความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	190

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 กรอบแนวคิดในการดำเนินการวิจัย	48
ภาพ 2 แสดงขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ	62
ภาพ 3 หน้าต่าง Google Classroom ที่สร้างลิงก์ Google Meet ขึ้นมาแล้ว.....	67
ภาพ 4 ตัวอย่างภาพนิ่งจากวิดีโอที่นำเสนอสถานการณ์ปัญหาอาหารเป็นพิษ	68
ภาพ 5 การเขียนความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานประเด็นปัญหาอาหารเป็นพิษลงใน ข้อความการประชุม (Meeting chat).....	68
ภาพ 6 ภาพนิ่งจากวิดีโอ Bacteria Growth.....	69
ภาพ 7 ตัวอย่างภาพนิ่งจากวิดีโอที่นำเสนอสถานการณ์ปัญหาเสียงรบกวน	74
ภาพ 8 การเขียนความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานประเด็นปัญหาเสียงรบกวนลงใน Google Sheet.....	74
ภาพ 9 ตัวอย่างภาพนิ่งจากวิดีโอที่นำเสนอสถานการณ์สารกัมมันตรังสี.....	79
ภาพ 10 ภาพนิ่งจากวิดีโอ “อย.-กรมประมง แจงตรวจปลานำเข้าจากญี่ปุ่น ไม่พบสาร กัมมันตรังสีปนเปื้อน ข่าวช่อง 8”.....	80
ภาพ 11 แบบทดสอบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในข้อ ลักษณะกราฟฟังก์ชันเอกซ์โพเนน เชียล	90
ภาพ 12 แบบทดสอบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในข้อ ลักษณะกราฟฟังก์ชันลอการิทึม...90	
ภาพ 13 การดำเนินการแก้ปัญหา (แก้สมการ).....	91

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจแก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) สอดคล้องกับ อัมพร ม้าคะนอง (2553) กล่าวว่า คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เน้นให้ผู้เรียนค้นหาวิธีการและกระบวนการคิดในองค์ความรู้หรือหลักการต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ มาพัฒนาแก้ไข้ปัญหาในชีวิตจริง

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) กำหนดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นและต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ได้แก่ ความสามารถแก้ปัญหา ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และนำเสนอ ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ และการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ อย่างไรก็ตามนักคณิตศาสตร์ศึกษาส่วนใหญ่เห็นพ้องกันว่าพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาของนักเรียนควรเป็นจุดมุ่งหมายหลักในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และการบรรลุถึงจุดมุ่งหมายนั้น เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ (Lester, 1994)

ผลการประเมิน PISA 2018 ของไทยพบว่า ผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ 419 คะแนน ในขณะที่ค่าเฉลี่ย OECD อยู่ที่ 489 บ่งชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนในประเทศไทยไม่มีความรู้และทักษะที่เพียงพอเพื่อดำรงชีวิตในโลกที่เปลี่ยนแปลง (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) ซึ่งการประเมินด้านคณิตของ PISA ไม่ได้มุ่งประเมินเพียงด้านความรู้และทักษะการคิดคำนวณ แต่มุ่งเน้นไปที่การประยุกต์สถานการณ์ที่หลากหลาย ข้อสอบจึงอ้างอิงกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ใช้ความรู้คณิตศาสตร์มาแก้ปัญหา จากความสำคัญของคณิตศาสตร์และปัญหาข้างต้น สะท้อนถึงปัญหาว่าผู้เรียนในประเทศไทยบกพร่องเรื่องความสามารถด้านการแก้ปัญหา นอกจากนั้นอาจมีผลมาจากการที่ผู้สอนคณิตศาสตร์มักสอนเน้นท่องจำสูตร บทนิยาม และวิธีการหาคำตอบ และให้นำสิ่งที่ท่องนั้นมาแก้โจทย์ปัญหา ในลักษณะการท่องจำมากกว่าฝึกกระบวนการคิดแก้ปัญหา (กิตติ พัฒนตระกูลสุข, 2546) ทำให้ขาดมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เรื่องนั้น ๆ สอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ที่กล่าวว่ามนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์และนำความรู้คณิตศาสตร์ไปแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

จากสภาพปัญหาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนควรได้รับการพัฒนาทั้งในด้านมโนทัศน์และความสามารถด้านต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการจะพัฒนาความสามารถด้านต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ มโนทัศน์เป็นสิ่งสำคัญ อาจกล่าวได้ว่ามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนรู้คณิตศาสตร์และการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา สำหรับผู้เรียนที่มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ดีจะสามารถเรียนรู้และแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552) สอดคล้องกับอัมพร ม้าคนอง (2546) ที่สรุปความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นข้อสรุปที่ได้รับจากประสบการณ์ ซึ่งข้อสรุปนี้นำไปสู่ความสามารถในการจำแนก หรือจัดกลุ่มสิ่งของต่างๆ และการนำไปใช้ในวิชาคณิตศาสตร์

สิริพร ทิพย์คง (2545) ได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาไว้ว่า ครูควรเลือกใช้รูปแบบของการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับสาระการเรียนรู้ และในส่วนของจัดการเรียนรู้การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ครูควรจัดประสบการณ์ในการแก้ปัญหาให้กับนักเรียน ส่งเสริมบรรยากาศในชั้นเรียน ยอมรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน ให้โอกาสนักเรียนไปค้นหาปัญหาด้วยตนเอง ใ้เวลานักเรียนมากพอในการแก้ปัญหา ใ้ให้นักเรียนได้อธิบายแนวคิดในการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอน เพื่อให้นักเรียนมีความสามารถและความมั่นใจในการแก้ปัญหาโดยการพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาของนักเรียน สอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้กล่าวถึงแนวทางการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาไว้ว่าผู้สอนต้องให้โอกาสผู้เรียนฝึกคิด โดยจัดสถานการณ์ที่น่าสนใจและท้าทาย โดยเริ่มต้นด้วยปัญหาที่เหมาะสมกับศักยภาพของผู้เรียน

จากการศึกษาตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง (Realistic Mathematics Education : RME) พบว่าเป็นแนวทางที่เหมาะสมการประยุกต์คณิตศาสตร์เข้ากับชีวิตประจำวันหรือโลกความเป็นจริงเพราะเป็นแนวคิดที่มีรากฐานว่าคณิตศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งในกิจกรรมของมนุษย์ จึงไม่เพียงมุ่งเน้นถ่ายทอดความรู้ที่มีอยู่แล้ว แต่ต้องให้ความสำคัญกับกิจกรรมและกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Van den Heuvel-Panhuizen, 2000) เช่นเดียวกับคำกล่าวของ Meyer (2001, อ้างอิงใน สุณิสสา สุมิตรนะ, 2555) คณิตศาสตร์ในแนวตั้งเดิมมองว่าคณิตศาสตร์เป็นระบบที่สร้างไว้เรียบร้อยแล้วสามารถใช้ได้ตามลักษณะทั่วไปของมโนทัศน์และขั้นตอนวิธีการขั้นต้นให้เรียนตามแบบแผนและจึงค่อยประยุกต์ซึ่งแตกต่างกับแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง จากการศึกษาแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ผู้เรียนควรได้มีส่วนร่วมกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ สำรอง ค้นพบแบบแผนผ่านขั้นตอนการเรียนรู้ที่ออกแบบมาเพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง (Cobb, 1994 อ้างอิงใน De Lange, 1996) แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงค่านึงถึงหลัก 5 หลักถูกเสนอไว้โดย M Van den Heuvel-Panhuizen (1996, อ้างอิงใน Van den Heuvel-Panhuizen, 2000) คือ 1) หลักกิจกรรม (Activity principle) 2) หลักการความเป็นจริง (Reality principle) 3) หลักระดับ (Level principle) 4) หลักการเกี่ยวพัน (Inter-twinement principle) 5) หลัก

ปฏิสัมพันธ์ (Interaction principle) และ 6) หลักการแนะนำแนวทาง (Guidance principle) และในประเภทศัลยกรรม (Surgery) ขานนท์ จันทรา (2550) ได้กล่าวถึงกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงว่ามีขั้นตอนดังนี้ 1) ผู้สอนกำหนดปัญหาเชิงบริบทที่สอดคล้องกับหัวข้อที่เรียน 2) ระหว่างทำกิจกรรมที่ส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน ผู้สอนจะให้ผู้เรียนสืบค้นข้อเท็จจริงและหาคำตอบโดยครูทำหน้าที่ให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มในกรณี que ผู้เรียนต้องการความช่วยเหลือ 3) ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อเปรียบเทียบคำตอบที่ผู้เรียนแต่ละบุคคลหรือกลุ่มนำเสนอในชั้นเรียนซึ่งการอภิปรายแสดงให้เห็นถึงแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายของผู้เรียน 4) ผู้สอนให้ผู้เรียนหาคำตอบเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนดที่เป็นของแต่ละบุคคลหรือกลุ่มอย่างอิสระเพื่อสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้และเส้นทางการเรียนรู้ของตนเอง และ 5) ผู้สอนกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่มีลักษณะใกล้เคียงกับปัญหาที่กำหนดในครั้งแรกให้ผู้เรียนฝึกแก้ปัญหาอีกครั้งเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ

นักวิจัยหลายคนในประเทศไทยและต่างประเทศได้นำแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงมาศึกษาวิจัย ในประเทศไทยเช่น นิติวรรณ ทองไทย (2562) ที่ได้ทำวิจัยเรื่องผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในโรงเรียนขนาดเล็ก เกศินี เพ็ชรรุ่ง (2556) ที่ได้วิจัยการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเพื่อส่งเสริมทัศนคติและความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ชนิตา จำปาอ่อน (2562) ได้วิจัยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงเพื่อส่งเสริมความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และในต่างประเทศดังเช่น Judah P. Makonye (2014) ได้วิจัยในหัวข้อเรื่อง การสอนฟังก์ชันโดยใช้คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง : มุมมองเชิงทฤษฎี (Teaching Functions Using a Realistic Mathematics Education Approach: A Theoretical Perspective) David C. Webb, Henk van der Kooij and Monica R. Geist (2011) ได้วิจัยการออกแบบการเรียนรู้ในเนเธอร์แลนด์: แนะนำเกี่ยวกับลอการิทึมในแนวทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (Design Research in the Netherlands: Introducing Logarithms Using Realistic Mathematics Education) งานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมาต่างก็สามารถเสริมสร้างมโนทัศน์ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้

เนื่องจากในปัจจุบันระบบอินเทอร์เน็ตและคอมพิวเตอร์สามารถเชื่อมต่อกันได้ ทำให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปอย่างกว้างขวาง รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ จึงนำมาใช้ในระบบการศึกษาช่วยให้ผู้เรียนสามารถสื่อสารกับผู้สอนที่อยู่ต่างสถานที่ทำให้เกิดการจัดการเรียนรู้ขึ้นได้ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเพิ่มพูนประสบการณ์ได้สะดวกเป็นไปตามวันและเวลาที่ต้องการ โดยผู้สอนสามารถนำเนื้อหาสาระ แนวคิด ข้อมูลสารสนเทศ คำอธิบาย ตัวอย่าง การทดลอง การวัดและประเมินผล ในรูปแบบ

ของเสียง คำอธิบาย การอภิปราย เอกสาร กราฟ ภาพสีหรือภาพขาวดำ วิดีโอเทป ภาพยนต์ ส่งผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หรือระบบการติดต่อสื่อสารอื่น ๆ ทางอิเล็กทรอนิกส์ไปถึงผู้เรียนได้ (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2558) โดยรูปแบบการสอนแบบออนไลน์เมื่อจำแนกตามวิธีการจัดการเรียนการสอนได้ 2 วิธีการ คือ 1) ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง และ 2) ผู้เรียนเรียนรู้จากครูผู้สอน และเมื่อจำแนกตามลักษณะการสื่อสารการเรียนการสอนได้อีก 2 รูปแบบ คือ 1) การเรียนการสอนแบบไม่ประสานเวลา (Asynchronous Learning Methods) และ 2) การเรียนการสอนแบบประสานเวลา (Synchronous Learning Methods) (ฐาปนีย์ ธรรมเมธา, 2557) และตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 เป็นต้นมาได้เกิดการแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 (Covid-19) ทั่วโลกทำให้เกิดวิถีชีวิตแบบใหม่(New Normal) สถาบันทางการศึกษาจึงปรับโดยการออกแบบการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับสถานการณ์โดยมีการใช้การเรียนการสอนแบบออนไลน์ (ธีรภัทร ถิ่นแสนดี, 2564) โดยองค์ประกอบได้แก่ ผู้สอน ผู้เรียน เนื้อหา สื่อการเรียนและแหล่งเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ ระบบการติดต่อสื่อสาร ระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ การวัดและการประเมินผล ถึงแม้การเรียนรู้ออนไลน์ในปัจจุบันจะมีหลากหลายวิธีและสะดวกขึ้น แต่จากการศึกษาพบว่าการเรียนรู้ในช่วงแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 คุณภาพของการเรียนรู้ลดลง ซึ่งเป็นผลจากความไม่พร้อมหลายด้านของสถานศึกษา ผู้สอนที่ขาดทักษะด้านการจัดการเรียนรู้ออนไลน์และผู้เรียนที่ไม่มีความพร้อมด้านการเรียนออนไลน์ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2565)

การเสริมสร้างมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และความสามารถแก้ปัญหาของผู้เรียนภายใต้กรอบการเรียนรู้ออนไลน์ที่อยู่บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง จำเป็นต้องศึกษาหาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม บทบาทผู้สอนและผู้เรียนที่ควรเกิดขึ้น เพื่อให้เกิดการเสริมสร้างมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และความสามารถแก้ปัญหาของผู้เรียนที่มีประสิทธิภาพ โดยในการจัดการเรียนรู้นั้นต้องยกสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงมาเป็นประเด็นในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์แก้ไขปัญหสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง ส่งเสริมให้มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนขณะทำกิจกรรม อีกทั้งสนับสนุนให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นต่อชิ้นงานของตนเองและผู้อื่น

ดังที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และความสามารถแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การเรียนรู้ออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนภายใต้แพลตฟอร์มจัดการเรียนรู้ออนไลน์อย่างมีประสิทธิภาพ

คำถามวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง จะช่วยเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้หรือไม่อย่างไร

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. เพื่อศึกษาผลการเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

2.1. เปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง กับเกณฑ์ร้อยละ 70

2.2. เปรียบเทียบความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

2.3. เปรียบเทียบความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. ได้แนวทางการเสริมสร้างมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3. ได้แนวทางการเสริมสร้างความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขอบเขตการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (แผนการเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ - ห้องปกติ) โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในเขตภาคเหนือตอนล่าง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ 4 จำนวน 34 คน

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3. ระยะเวลาที่ใช้ในงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะเวลา 12 ชั่วโมง โดยใช้เวลาจัดการเรียนรู้ 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง (Realistic Mathematics Education : RME) หมายถึง แนวคิดในการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่ใช้การเชื่อมโยงสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงมาเป็นประเด็นในการเรียนรู้ สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงเพื่ออธิบายถึงประเด็นปัญหานั้น เปิดโอกาสให้มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนขณะทำกิจกรรม อีกทั้งสนับสนุนให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นต่อชิ้นงานของตนเองและผู้อื่น หลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงมี 4 ประการ ดังนี้

1. เรียนรู้ผ่านกิจกรรม
2. ใช้บริบทจริงในกิจกรรมได้เรียงจากง่ายไปซับซ้อน
3. มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม

4. ผู้สอนติดตามผู้เรียนอย่างใกล้ชิดเพื่อประเมินว่าจุดใดควรให้คำแนะนำและคำแนะนำควรเป็นอย่างไรจึงจะเหมาะสมกับผู้เรียน

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ประกอบด้วยกิจกรรม 5 ชั้น ดังนี้

ชั้นที่ 1 แยก ย่อยปัญหา

ชั้นที่ 2 ปะติด ปะต่อ ข้อมูล

ชั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

ชั้นที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา

ชั้นที่ 5 เสวนา ไตร่ตรองปัญหา

2. การเรียนรู้แบบออนไลน์(Online learning) หมายถึง การเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชัน ห้องเรียนเสมือน (Virtual Classroom) ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตควบคู่กับบทเรียนออนไลน์ โดยเครื่องมือสนับสนุนการเรียน เช่น คอมพิวเตอร์ แล็ปท็อป แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน

3. มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Concept) หมายถึง ข้อสรุปที่ได้รับจากประสบการณ์การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันลอการิทึมและเอกซ์โพเนนเชียล ที่ทำให้ผู้เรียนสามารถจำแนกสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ว่าสถานการณ์ใดเป็นไปตาม บทนิยาม สูตร สมบัติต่าง ๆ ของฟังก์ชันลอการิทึมและเอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งวัดได้จากแบบวัดมโนทัศน์ แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ ประกอบด้วย

1) แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

2) แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียน

4. ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving Abilities) หมายถึง ความสามารถที่ได้รับจากการเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันลอการิทึมและเอกซ์โพเนนเชียล ประกอบด้วย การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหาและการตรวจสอบ วัดได้จากแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แบบอัตนัย 3 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อมี 4 ข้อย่อย ประกอบด้วย

1) แบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

2) แบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

สมมุติฐานของการวิจัย

1. มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

2. มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

4 ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70



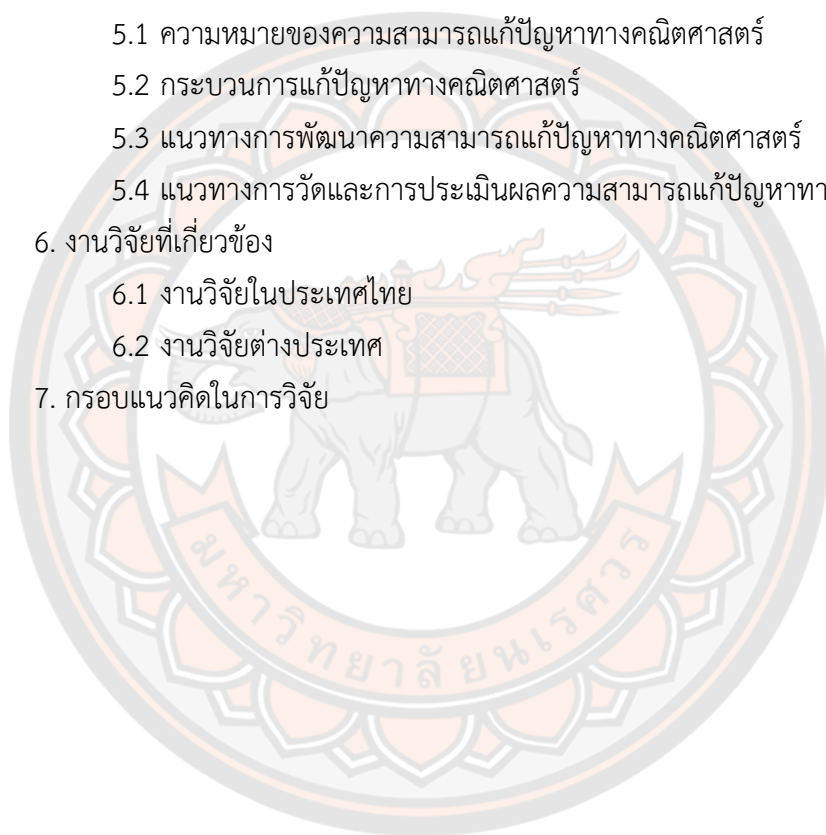
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการเสริมสร้างมโนทัศน์ และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในหัวข้อต่อไปนี้

1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
 - 1.1 เป้าหมายหลักสูตร
 - 1.2 เรียนรู้อะไรในคณิตศาสตร์
 - 1.3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้
 - 1.4 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
 - 1.5 คุณลักษณะอันพึงประสงค์ในการเรียนคณิตศาสตร์
 - 1.6 คุณภาพผู้เรียน
 - 1.7 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
 - 1.8 สาระคณิตศาสตร์เพิ่มเติม
 - 1.9 ผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์
 - 1.10 การวัดประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์
 - 1.11 การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายตามตัวชี้วัดและผลการเรียนรู้
2. แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง (Realistic Mathematics Education : RME)
 - 2.1 ที่มาของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง
 - 2.2 ความหมายและความสำคัญของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง
 - 2.3 ขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

3. การเรียนรู้แบบออนไลน์ (Online learning)
 - 3.1 ความหมายของการเรียนรู้แบบออนไลน์ (Online learning)
 - 3.2 รูปแบบการเรียนการสอนแบบออนไลน์
4. โน้ตทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Concept)
 - 4.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
 - 4.2 แนวทางการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
 - 4.3 แนวทางการวัดและการประเมินผลมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
5. ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving)
 - 5.1 ความหมายของความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 5.2 กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 5.3 แนวทางการพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 5.4 แนวทางการวัดและการประเมินผลความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 6.1 งานวิจัยในประเทศไทย
 - 6.2 งานวิจัยต่างประเทศ
7. กรอบแนวคิดในการวิจัย



1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.1 เป้าหมายหลักสูตร

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีเป้าหมายที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบหลักสูตร ดังนี้

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด หลักการ ทฤษฎี ในสาระคณิตศาสตร์ที่จำเป็น พร้อมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ได้
2. มีความสามารถแก้ปัญหา สื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์เชื่อมโยง ให้เหตุผล และมีความคิดสร้างสรรค์
3. มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ เห็นคุณค่าและตระหนักถึงความสำคัญของคณิตศาสตร์ สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ในระดับการศึกษาที่สูงขึ้น ตลอดจนการประกอบอาชีพ
4. มีความสามารถในการเลือกใช้สื่อ อุปกรณ์ เทคโนโลยีและแหล่งข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อเป็นเครื่องมือ ในการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน และการแก้ปัญหาอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

1.2 สิ่ง que เรียนรู้ในคณิตศาสตร์

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสาระพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคนไว้ 3 สาระ ได้แก่ จำนวนและพีชคณิตการวัดและเรขาคณิต และสถิติและความน่าจะเป็น โดยผู้เรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญดังนี้

1. จำนวนและพีชคณิตเรียนรู้เกี่ยวกับ ระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง อัตราส่วน ร้อยละ การประมาณค่า การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนการใช้จำนวนในชีวิตจริง แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซต ตรรกศาสตร์นิพจน์ เอกนาม พหุนาม สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน ลำดับและอนุกรม และการนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนและพีชคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ
2. การวัดและเรขาคณิต เรียนรู้เกี่ยวกับ ความยาว ระยะทาง น้ำหนักพื้นที่ ปริมาตร และความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่างๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิตการนิภภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิตในเรื่องการเลื่อนขนาน การสะท้อน การหมุน และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดและเรขาคณิต ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ
3. สถิติและความน่าจะเป็น เรียนรู้เกี่ยวกับ การตั้งคำถามทางสถิติการเก็บรวบรวมข้อมูล การคำนวณค่าสถิติ การนำเสนอและแปลผลสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ หลักการ

นับเบื้องต้น ความน่าจะเป็นการใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจ

1.3 สารและมาตรฐานการเรียนรู้

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสารและมาตรฐานการเรียนรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคนไว้ ดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวนระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวนผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการสมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการอธิบายความสัมพันธ์ หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตและทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติและใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้นความน่าจะเป็น และนำไปใช้

1.4 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในที่นี้ เน้นที่ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นและต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ได้แก่ความสามารถต่อไปนี้

1. การแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาคิดวิเคราะห์ วางแผนแก้ปัญหาและเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง

2. การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการใช้รูปภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารสื่อความหมาย สรุปผล และนำเสนอได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน

3. การเชื่อมโยง เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้คณิตศาสตร์เนื้อหาต่าง ๆ หรือศาสตร์อื่น ๆ และนำไปใช้ในชีวิตจริง
4. การให้เหตุผล เป็นความสามารถในการให้เหตุผล รับฟังและให้เหตุผลสนับสนุนหรือโต้แย้งเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยมีข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รองรับ
5. การคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถในการขยายแนวคิดที่มีอยู่เดิมหรือสร้างแนวคิดใหม่เพื่อปรับปรุงพัฒนาองค์ความรู้

1.5 คุณลักษณะอันพึงประสงค์ในการเรียนคณิตศาสตร์

ในหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง เพื่อให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. ทำความเข้าใจหรือสร้างกรณีทั่วไปโดยใช้ความรู้ที่ได้จากการศึกษากรณีตัวอย่างหลาย ๆ กรณี
2. มองเห็นที่สามารถใช้คณิตศาสตร์แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้
3. มีความมุ่งมั่นในการทำความเข้าใจปัญหาและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
4. สร้างเหตุผลเพื่อสนับสนุนแนวคิดของตนเองหรือโต้แย้งแนวคิดของผู้อื่นอย่างสมเหตุสมผล
5. ค้นหาลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ และประยุกต์ใช้ลักษณะดังกล่าวเพื่อทำความเข้าใจหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ

1.6 คุณภาพผู้เรียน

ผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อผ่านหลักสูตร จะมีคุณภาพดังนี้

1. เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับเซตและตรรกศาสตร์เบื้องต้น ในการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์
2. เข้าใจและใช้หลักการนับเบื้องต้น การเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา และนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้
3. นำความรู้เกี่ยวกับเลขยกกำลัง พังก์ชัน ลำดับและอนุกรม ไปใช้ในการแก้ปัญหา รวมทั้งปัญหาเกี่ยวกับดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน
4. เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล นำเสนอข้อมูลและแปลความหมายข้อมูล เพื่อประกอบการตัดสินใจ

1.7 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ระดับมัธยมศึกษา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวนระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวนผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการสมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับเซตและตรรกศาสตร์เบื้องต้น ในการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	เซต - ความรู้เบื้องต้นและสัญลักษณ์พื้นฐานเกี่ยวกับเซต - ยูเนียน อินเตอร์เซกชัน และคอมพลีเมนต์ของเซตตรรกศาสตร์เบื้องต้น - ประพจน์และตัวเชื่อม (นิเสธ และ หรือ ถ้า...แล้ว... ก็ต่อเมื่อ)

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้นความน่าจะเป็น และนำไปใช้

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. เข้าใจ และใช้หลักการบวกและการคูณ การเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา	หลักการนับเบื้องต้น - หลักการบวกและการคูณ - การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นกรณีที่สิ่งของแตกต่างกันทั้งหมด - การจัดหมู่กรณีที่สิ่งของแตกต่างกันทั้งหมด
2. หาความน่าจะเป็นและนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้	ความน่าจะเป็น - การทดลองสุ่มและเหตุการณ์ - ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวนการดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการสมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
เข้าใจความหมายและใช้สมบัติเกี่ยวกับการบวก การคูณ การเท่ากันและการไม่เท่ากันของจำนวนจริงในรูปกรณฑ์และจำนวนจริงในรูปเลขยกกำลัง ที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ	เลขยกกำลัง - รากที่ n ของจำนวนจริง เมื่อ n เป็นจำนวนนับที่มากกว่า 1 - เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. ใช้ฟังก์ชันและกราฟของฟังก์ชันอธิบายสถานการณ์ที่กำหนด	ฟังก์ชัน ฟังก์ชันและกราฟของฟังก์ชัน(ฟังก์ชันเชิงเส้น ฟังก์ชันกำลังสองฟังก์ชันขั้นบันได ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล)
2. เข้าใจและนำความรู้เกี่ยวกับลำดับและอนุกรมไปใช้	ลำดับเลขคณิตและลำดับเรขาคณิต อนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการอธิบายความสัมพันธ์ หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับดอกเบี้ยและมูลค่าของเงินในการแก้ปัญหา	ดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน - ดอกเบี้ย - มูลค่าของเงิน - ค่ารายงวด

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ดังนี้
 สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติและใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการนำเสนอข้อมูล และแปลความหมายของค่าสถิติเพื่อประกอบการตัดสินใจ	สถิติ - ข้อมูล - ตำแหน่งที่ของข้อมูล - ค่ากลาง (ฐานนิยม มัธยฐาน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต) - ค่าการกระจาย (พิสัย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน) - การนำเสนอข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ - การแปลความหมายของค่าสถิติ



1.8 สารคดีศาสตร์เพิ่มเติม

คณิตศาสตร์เพิ่มเติมจัดทำขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระจำนวนและพีชคณิต การวัดและเรขาคณิต สถิติและความน่าจะเป็น รวมทั้งสาระแคลคูลัส ให้มีความลุ่มลึกขึ้น ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์เพิ่มเติมนี้จัดทำขึ้นให้มีเนื้อหาสาระที่ทัดเทียมกับนานาชาติ เน้นการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การใช้เทคโนโลยี การสื่อสารและการร่วมมือ รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง

เป้าหมายของการพัฒนาผู้เรียนในคณิตศาสตร์เพิ่มเติม มี 2 ลักษณะคือ เชื่อมโยงกับมาตรฐานการเรียนรู้ในคณิตศาสตร์พื้นฐาน เพื่อให้เกิดการต่อยอดองค์ความรู้และเรียนรู้สาระนั้นอย่างลึกซึ้ง ได้แก่ สาระจำนวนและพีชคณิตและสาระสถิติและความน่าจะเป็น และไม่ได้เชื่อมโยงกับมาตรฐานการเรียนรู้ในคณิตศาสตร์พื้นฐาน ได้แก่ สาระการวัดและเรขาคณิต และสาระแคลคูลัส

สาระจำนวนและพีชคณิต

1. เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการและนำไปใช้
2. เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรมและนำไปใช้
3. ใช้นิพจน์ สมการ อสมการและเมทริกซ์ อธิบายความสัมพันธ์ หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

สาระการวัดและเรขาคณิต

1. เข้าใจเรขาคณิตวิเคราะห์ และนำไปใช้
2. เข้าใจเวกเตอร์ การดำเนินการของเวกเตอร์ และนำไปใช้

สาระสถิติและความน่าจะเป็น

1. เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

สาระแคลคูลัส

1. เข้าใจลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน อนุพันธ์ของฟังก์ชัน และปริพันธ์ของฟังก์ชัน และนำไปใช้

1.9 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ดังนี้

สาระจำนวนและพีชคณิต

1. เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
1. เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับเซต ในการสื่อสาร และสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	เซต - ความรู้เบื้องต้นและสัญลักษณ์พื้นฐานเกี่ยวกับเซต - ยูเนียน อินเตอร์เซกชัน และคอมพลีเมนต์ของเซต
2. เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับตรรกศาสตร์ เบื้องต้นในการสื่อสาร สื่อความหมายและอ้างเหตุผล	ตรรกศาสตร์ - ประพจน์และตัวเชื่อม - ประโยคที่มีตัวบ่งปริมาณตัวเดียว - การอ้างเหตุผล
3. เข้าใจจำนวนจริง และใช้สมบัติของจำนวนจริง ในการแก้ปัญหา	จำนวนจริงและพหุนาม - จำนวนจริงและสมบัติของจำนวนจริง - ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริงและสมบัติของค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริง - จำนวนจริงในรูปกรณฑ์ และจำนวนจริงในรูปเลขยกกำลัง

2. เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
1. หาผลลัพธ์ของการบวก การลบ การคูณ การหาร ฟังก์ชัน หาฟังก์ชันประกอบและฟังก์ชันผกผัน	ฟังก์ชัน - การบวก การลบ การคูณ การหารฟังก์ชัน - ฟังก์ชันประกอบ
2. ใช้สมบัติของฟังก์ชันในการแก้ปัญหา	- ฟังก์ชันผกผัน
3. เข้าใจลักษณะกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม	ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม
เชียวและฟังก์ชันลอการิทึมและนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	- ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล - ฟังก์ชันลอการิทึม

3. ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ และเมทริกซ์ อธิบายความสัมพันธ์ หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
1. แก้สมการและอสมการพหุนามตัวแปรเดียว ดีกรีไม่เกินสี่ และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	จำนวนจริงและพหุนาม - ตัวประกอบของพหุนาม
2. แก้สมการและอสมการเศษส่วนของพหุนามตัวแปรเดียว และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	- สมการและอสมการพหุนาม - สมการและอสมการเศษส่วนของพหุนาม
3. แก้สมการและอสมการค่าสัมบูรณ์ของพหุนามตัวแปรเดียว และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	- สมการและอสมการค่าสัมบูรณ์ของพหุนาม
4. แก้สมการเอกซ์โพเนนเชียลและสมการลอการิทึม และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม - สมการเอกซ์โพเนนเชียลและสมการลอการิทึม

สาระการวัดและเรขาคณิต

1. เข้าใจเรขาคณิตวิเคราะห์ และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ ในการแก้ปัญหา	เรขาคณิตวิเคราะห์ - จุดและเส้นตรง - วงกลม - พาราโบลา - วงรี - ไฮเพอร์โบลา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ดังนี้

สาระจำนวนและพีชคณิต

1. เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
1. เข้าใจจำนวนเชิงซ้อนและใช้สมบัติของจำนวนเชิงซ้อนในการแก้ปัญหา	จำนวนเชิงซ้อน - จำนวนเชิงซ้อน และสมบัติของจำนวนเชิงซ้อน
2. หารากที่ n ของจำนวนเชิงซ้อนเมื่อ n เป็นจำนวนนับที่มากกว่า	- จำนวนเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้ว - รากที่ n ของจำนวนเชิงซ้อนเมื่อ n เป็นจำนวนนับที่มากกว่า 1

2. เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
เข้าใจฟังก์ชันตรีโกณมิติและลักษณะกราฟของฟังก์ชันตรีโกณมิติ และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	ฟังก์ชันตรีโกณมิติ - ฟังก์ชันตรีโกณมิติ - ฟังก์ชันตรีโกณมิติผกผัน

3. ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ และเมทริกซ์ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
1. แก้สมการตรีโกณมิติ และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	ฟังก์ชันตรีโกณมิติ - เอกลักษณะและสมการตรีโกณมิติ
2. ใช้กฎของโคไซน์และกฎของไซน์ในการแก้ปัญหา	- กฎของโคไซน์และกฎของไซน์
3. เข้าใจความหมาย หาผลลัพธ์ของการบวกเมทริกซ์ การคูณเมทริกซ์กับจำนวนจริง การคูณระหว่างเมทริกซ์ และหาเมทริกซ์สลับเปลี่ยน หาดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์ $n \times n$ เมื่อ n เป็นจำนวนนับที่ไม่เกินสาม	เมทริกซ์ - เมทริกซ์ และเมทริกซ์สลับเปลี่ยน - การบวกเมทริกซ์ การคูณเมทริกซ์กับจำนวนจริง การคูณระหว่างเมทริกซ์ - ดีเทอร์มิแนนต์
4. หาเมทริกซ์ผกผันของเมทริกซ์ 2×2	- เมทริกซ์ผกผัน
5. แก้ระบบสมการเชิงเส้นโดยใช้เมทริกซ์ผกผันและการดำเนินการตามแถว	- การแก้ระบบสมการเชิงเส้นโดยใช้เมทริกซ์
6. แก้สมการพหุนามตัวแปรเดียวดีกรีไม่เกินสี่ที่มีสัมประสิทธิ์เป็นจำนวนเต็ม และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	จำนวนเชิงซ้อน - สมการพหุนามตัวแปรเดียว

สาระการวัดและเรขาคณิต

2. เข้าใจเวกเตอร์ การดำเนินการของเวกเตอร์ และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
1. หาผลลัพธ์ของการบวก การลบเวกเตอร์การคูณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์ หาผลคูณเชิงสเกลาร์ และผลคูณเชิงเวกเตอร์	เวกเตอร์ในสามมิติ - เวกเตอร์ นิเสธของเวกเตอร์ - การบวก การลบเวกเตอร์การคูณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์
2. นำความรู้เกี่ยวกับเวกเตอร์ในสามมิติไปใช้ในการแก้ปัญหา	- ผลคูณเชิงสเกลาร์ ผลคูณเชิงเวกเตอร์

สาระสถิติและความน่าจะเป็น

1. เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
1. เข้าใจและใช้หลักการบวกและการคูณ การเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา	หลักการนับเบื้องต้น - หลักการบวกและการคูณ - การเรียงสับเปลี่ยน - การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้น - การเรียงสับเปลี่ยนเชิงวงกลมกรณีที่ตั้งของแตกต่างกันทั้งหมด - การจัดหมู่กรณีที่ตั้งของแตกต่างกันทั้งหมด - ทฤษฎีบททวินาม
2. หาความน่าจะเป็นและนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้	ความน่าจะเป็น - การทดลองสุ่มและเหตุการณ์ - ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ดังนี้

สาระจำนวนและพีชคณิต

1. เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
1. ระบุได้ว่าลำดับที่กำหนดให้เป็นลำดับลู่เข้าหรือลู่ออก	ลำดับและอนุกรม - ลำดับจำกัดและลำดับอนันต์
2. หาผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิต	- ลำดับเลขคณิตและลำดับเรขาคณิต - ลิมิตของลำดับอนันต์
3. หาผลบวกอนุกรมอนันต์	- อนุกรมจำกัดและอนุกรมอนันต์
4. เข้าใจและนำความรู้เกี่ยวกับลำดับและอนุกรมไปใช้	- อนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิต - ผลบวกอนุกรมอนันต์ - การนำความรู้เกี่ยวกับลำดับและอนุกรมไปใช้ในการแก้ปัญหามูลค่าของเงินและค่ารายงวด

สาระสถิติและความน่าจะเป็น

1. เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
1. หาความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิดจากตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงเอกรูปการแจกแจงทวินาม และการแจกแจงปกติและนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	การแจกแจงความน่าจะเป็นเบื้องต้น - การแจกแจงเอกรูป - การแจกแจงทวินาม - การแจกแจงปกติ

สาระแคลคูลัส

1. เข้าใจลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน อนุพันธ์ของฟังก์ชัน และปริพันธ์ของฟังก์ชัน และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
1. ตรวจสอบความต่อเนื่องของฟังก์ชันที่กำหนดให้	แคลคูลัสเบื้องต้น - ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน
2. หาอนุพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิตที่กำหนดให้และนำไปใช้แก้ปัญหา	- อนุพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต - ปริพันธ์ของฟังก์ชันพีชคณิต
3. หาปริพันธ์ไม่จำกัดเขตและจำกัดเขตของฟังก์ชันพีชคณิตที่กำหนดให้ และนำไปใช้แก้ปัญหา	

1.10 การวัดประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ในปัจจุบันนี้มุ่งเน้นการวัดและการประเมิน การปฏิบัติงานในสภาพที่เกิดขึ้นจริงหรือที่ใกล้เคียงกับสภาพจริง รวมทั้งการประเมินเกี่ยวกับ สมรรถภาพของผู้เรียนเพิ่มเติมจากความรู้ที่ได้จากการท่องจำ โดยใช้วิธีการประเมินที่หลากหลายจาก การที่ผู้เรียน ได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้เผชิญกับปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลองได้ แก้ปัญหา สืบค้นข้อมูล และนำความรู้ไปใช้ รวมทั้งแสดงออกทางการคิดการวัดผลประเมินผลดังกล่าว มีจุดประสงค์สำคัญดังต่อไปนี้

1. เพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและตัดสินผลการเรียนรู้ตามมาตรฐานการ เรียนรู้ และตัวชี้วัด เพื่อนำผลที่ได้จากการตรวจสอบไปปรับปรุงพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดี ยิ่งขึ้น

2. เพื่อวินิจฉัยความรู้ทางคณิตศาสตร์และทักษะที่ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ความสามารถแก้ปัญหาการสืบค้น การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมาย การนำความรู้ ไปใช้ การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การควบคุมกระบวนการคิด และนำผลที่ได้จากการวินิจฉัย ผู้เรียนไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม

3. เพื่อรวบรวมข้อมูลและจัดทำสารสนเทศด้านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ข้อมูลจากการ ประเมินผลที่ได้ในการสรุปผลการเรียนรู้ของผู้เรียนและเป็นข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียนหรือผู้เกี่ยวข้อง ตามความเหมาะสม รวมทั้งนำสารสนเทศไปใช้วางแผนบริหารการจัดการศึกษาของสถานศึกษา

การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีแนวทางที่สำคัญ ดังนี้

1. การวัดผลประเมินผลต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง โดยใช้คำถามเพื่อตรวจสอบและ ส่งเสริมความรู้ความเข้าใจด้านเนื้อหา ส่งเสริมให้เกิดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดัง ตัวอย่างคำถามต่อไปนี้ “นักเรียนแก้ปัญหานี้ได้อย่างไร” “ใครมีวิธีการนอกเหนือไปจากนี้บ้าง” “นักเรียนคิดอย่างไรกับวิธีการที่เพื่อนเสนอ” การกระตุ้นด้วยคำถามที่เน้นการคิดจะทำให้เกิด ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองและระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ผู้เรียนมีโอกาสดูความคิดเห็น นอกจากรู้ว่าผู้สอนยังสามารถใช้คำตอบของผู้เรียนเป็นข้อมูลเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ และ พัฒนาการด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อีกด้วย

2. การวัดผลประเมินผลต้องสอดคล้องกับความรู้ความสามารถของผู้เรียนที่ระบุไว้ตาม ตัวชี้วัดซึ่งกำหนดไว้ในหลักสูตรที่สถานศึกษาใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน ทั้งนี้ผู้สอน จะต้องกำหนดวิธีการวัดผลประเมินผลเพื่อใช้ตรวจสอบว่าผู้เรียนบรรลุตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ และ ต้องแจ้งตัวชี้วัดในแต่ละเรื่องให้ผู้เรียนทราบโดยตรงหรือทางอ้อมเพื่อให้ผู้เรียนได้ปรับปรุงตนเอง

3. การวัดผลประเมินผลต้องครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะและกระบวนการทาง คณิตศาสตร์ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยเน้นการเรียนรู้ด้วยการทำงานหรือการทำกิจกรรมที่ ส่งเสริมให้เกิดสมรรถภาพทั้งสามด้าน ซึ่งงานหรือกิจกรรมดังกล่าวควรมีลักษณะดังนี้

- สาระในงานหรือกิจกรรมต้องเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้การเชื่อมโยงความรู้หลายเรื่อง

- วิธีหรือทางเลือกในการดำเนินงานหรือการแก้ปัญหาที่หลากหลาย
- เงื่อนไขหรือสถานการณ์ของปัญหาที่มีลักษณะปลายเปิด เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแสดง

ความสามารถตามศักยภาพของตน

- งานหรือกิจกรรมต้องเอื้ออำนวยให้ผู้เรียนได้ใช้การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การพูด การเขียน การวาดภาพ
- งานหรือกิจกรรมควรมีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงเพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงซึ่งจะก่อให้เกิดความตระหนักในคุณค่าของคณิตศาสตร์

4. การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ต้องใช้วิธีการที่หลากหลายและเหมาะสม และใช้เครื่องมือที่มีคุณภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลและสารสนเทศเกี่ยวกับผู้เรียน เช่น เมื่อต้องการวัดผลประเมินผลเพื่อตัดสินผลการเรียนอาจใช้การทดสอบ การตอบคำถาม การทำแบบฝึกหัด การทำใบกิจกรรม หรือการทดสอบย่อย เมื่อต้องการตรวจสอบพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ อาจใช้การสังเกตพฤติกรรม การเรียนรู้ การสัมภาษณ์ การจัดทำแฟ้มสะสมงาน หรือการทำโครงการการเลือกใช้วิธีการวัดที่เหมาะสมและเครื่องมือที่มีคุณภาพ จะทำให้สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้ ซึ่งจะทำให้ผู้สอนได้ข้อมูลและสารสนเทศเกี่ยวกับผู้เรียนอย่างครบถ้วนและตรงตามวัตถุประสงค์ของการวัดผลประเมินผลอย่างไรก็ตาม ผู้สอนควรตระหนักว่าเครื่องมือวัดผลประเมินผลการเรียนรู้ที่ใช้ในการประเมินตามวัตถุประสงค์หนึ่ง ไม่ควรนำมาใช้กับอีกวัตถุประสงค์หนึ่ง เช่น แบบทดสอบที่ใช้ในการแข่งขันหรือการคัดเลือกไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ตัดสินผลการเรียนรู้

5. การวัดผลประเมินผลเป็นกระบวนการที่ใช้สะท้อนความรู้ความสามารถของผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนมีข้อมูลในการปรับปรุงและพัฒนาความรู้ความสามารถของตนเองให้ดีขึ้น ในขณะที่ผู้สอนสามารถนำผลการประเมินมาใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมทั้งปรับปรุงการสอนของผู้สอนให้มีประสิทธิภาพ จึงต้องวัดผลประเมินผลอย่างสม่ำเสมอและนำผลที่ได้มาใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอน ซึ่งจะแบ่งการประเมินผลเป็น 3 ระยะ ดังนี้

- ประเมินก่อนเรียน เป็นการประเมินความรู้พื้นฐานและทักษะจำเป็นที่ผู้เรียนควรมีก่อนการเรียนรายวิชา บทเรียน หรือหน่วยการเรียนรู้ใหม่ ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลประเมินผลจะช่วยให้ผู้สอนนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1. จัดกลุ่มผู้เรียนและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ตรงตามความถนัด ความสนใจ และความสามารถของผู้เรียน

2. วางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยผู้สอนพิจารณาเลือกตัวชี้วัด เนื้อหาสาระ กิจกรรม แบบฝึกหัด อุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับความรู้พื้นฐานและทักษะของผู้เรียน และสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้

- ประเมินระหว่างเรียน เป็นการประเมินเพื่อวินิจฉัยผู้เรียนในระหว่างการเรียน ข้อมูลที่ได้จะช่วยให้ผู้สอนสามารถดำเนินการในเรื่องต่อไปได้

1. ศึกษาพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นระยะ ๆ ว่าผู้เรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นเพียงใด ถ้าพบว่าผู้เรียนไม่มีพัฒนาการเพิ่มขึ้นผู้สอนจะได้หาทางแก้ไขได้ทันเวลาที่

2. ปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน ถ้าพบว่าผู้เรียนไม่เข้าใจบทเรียนใดจะได้จัดให้เรียนซ้ำ หรือผู้เรียนเรียนรู้บทใดได้เร็วกว่าที่กำหนดไว้จะได้ปรับวิธีการเรียนการสอนนอกจากนี้ยังช่วยให้ทราบจุดเด่นและจุดด้อยของผู้เรียนแต่ละคน

- ประเมินหลังเรียน เป็นการประเมินเพื่อนำผลที่ได้ไปใช้สรุปผลการเรียนรู้หรือเป็นการวัดผลประเมินผลแบบสรุปรวบยอดหลังจากสิ้นสุดภาคการศึกษาหรือปีการศึกษาของผู้เรียน รวมทั้งผู้สอนสามารถนำผลการประเมินที่ได้ไปใช้ในการวางแผนและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.11 การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง ให้ทุกสถานศึกษานำไปจัดเป็นรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับผู้เรียนทุกคน นอกจากนี้สถานศึกษาสามารถจัดรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมให้กับผู้เรียนที่มีศักยภาพด้านคณิตศาสตร์ได้ ทั้งนี้ การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์จะต้องสอดคล้องกับตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ที่ระบุไว้สำหรับผู้เรียนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.11.1 การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับผู้เรียนทั่วไป

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กำหนดตัวชี้วัดสำหรับรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานจำนวน 8 ตัวชี้วัด โดยผู้เรียนทั่วไป ซึ่งในที่นี้หมายถึงผู้เรียนที่เรียนเฉพาะรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานจะต้องบรรลุตัวชี้วัดทั้งหมดตามที่หลักสูตรกำหนดหรือสูงกว่าภายใน 3 ปี การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นไปในทำนองเดียวกับการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้รายวิชาพื้นฐาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.11.2 การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับผู้เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กำหนดตัวชี้วัดสำหรับรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานจำนวน 8 ตัวชี้วัด และเสนอแนะผลการเรียนรู้สำหรับรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมจำนวน 32 ผลการเรียนรู้ โดยการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้สำหรับผู้เรียน

แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งในที่นี้หมายถึงผู้เรียนที่เรียนทั้งรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานและรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม นั้น มี 2 ส่วน ได้แก่ การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้สำหรับรายวิชาพื้นฐาน และการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้สำหรับรายวิชาเพิ่มเติม การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้ในรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานโดยหลักการแล้วผู้เรียนจะต้องบรรลุตัวชี้วัดทั้งหมดตามที่หลักสูตรกำหนดภายใน 3 ปี โดยเป็นไปในทำนองเดียวกับการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับผู้เรียนทั่วไป อย่างไรก็ตามสถานศึกษาอาจพิจารณาว่าผลประเมินผลการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานควบคู่ไปกับรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมได้โดยอาศัยหลักการที่หลักสูตรเปิดโอกาสให้สถานศึกษาจัดเนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานโดยยืดหยุ่นระหว่างชั้นปีภายใน 3 ปี และให้สถานศึกษาพิจารณาเลือกเนื้อหาสำหรับรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมได้ตามความเหมาะสม โดยยึดหลักที่ว่าเนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมเป็นการต่อยอดองค์ความรู้ของเนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ดังนั้นสถานศึกษาสามารถร้อยเรียงเนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานและรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมในแต่ละภาคการศึกษา/ชั้นปีเข้าด้วยกันได้ โดยคำนึงถึงความสอดคล้องและต่อเนื่อง

ตัวชี้วัดของรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานที่ไม่สามารถเทียบเคียงกับผลการเรียนรู้ของรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมได้ จำนวน 2 ตัวชี้วัด ได้แก่ “ใช้ฟังก์ชันและกราฟของฟังก์ชันอธิบายสถานการณ์ที่กำหนด” และ “เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการนำเสนอข้อมูล และแปลความหมายของค่าสถิติเพื่อประกอบการตัดสินใจ” ซึ่งในการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้ตามตัวชี้วัดทั้งสองตัวชี้วัดนี้ จะเป็นการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้สำหรับรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานเท่านั้นโดยแนวทางการวัดผลประเมินผลเป็นไปในทำนองเดียวกับการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับผู้เรียนทั่วไป และตัวชี้วัดของรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานที่เทียบเคียงกับผลการเรียนรู้ของรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม จำนวน 6 ตัวชี้วัด ซึ่งเมื่อพิจารณาตัวชี้วัดและผลการเรียนรู้เหล่านี้ร่วมกับสาระการเรียนรู้แกนกลางและสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมจะพบว่าตัวชี้วัดเหล่านี้มีทั้งสาระการเรียนรู้แกนกลางที่เหมือนกับสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม และที่แตกต่างกับสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ดังนั้นในการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้จะต้องพิจารณาตัวชี้วัดและผลการเรียนรู้ควบคู่ไปกับสาระการเรียนรู้แกนกลางและสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ให้สอดคล้องกับรายวิชาที่ต้องการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้ทั้งนี้ การวัดผลประเมินผลตามผลการเรียนรู้ที่เทียบเคียงกับตัวชี้วัดของรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ซึ่งมีสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมตรงกับสาระการเรียนรู้แกนกลางให้ถือว่าเป็นการวัดผลประเมินผลตามตัวชี้วัดของรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ส่วนการวัดผลประเมินผลตามผลการเรียนรู้ที่เทียบเคียงกับตัวชี้วัดของรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานแต่มีสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมแตกต่างกับสาระการเรียนรู้แกนกลาง ให้ถือว่าเป็นการวัดผลของรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม

ตัวชี้วัดของรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานและผลการเรียนรู้ของรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่องเซต และเรื่องความน่าจะเป็น มีสาระการเรียนรู้แกนกลางเหมือนกับสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม อย่างไรก็ตามเนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมเป็นการต่อยอดองค์ความรู้ของเนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ซึ่งสถานศึกษาสามารถพิจารณาเพิ่มเติมความลึกของเนื้อหาตามศักยภาพของ

ผู้เรียน เช่น ในเรื่องเซต สถานศึกษาอาจเพิ่มเติมเนื้อหาเรื่องเพาเวอร์เซต และการแก้ปัญหาโดยใช้เซต สำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้นให้กับผู้เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยที่การวัดผล ประเมินผลตามผลการเรียนรู้ในเรื่องนี้สำหรับเนื้อหาที่เพิ่มเติมเข้ามาจะเป็นการวัดผลประเมินผล สำหรับรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ส่วนในเรื่องความน่าจะเป็นนั้นสถานศึกษาอาจเพิ่มเติมปัญหา เกี่ยวกับความน่าจะเป็นที่ต้องเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นกรณีที่สิ่งของไม่ แตกต่างกันทั้งหมด และการเรียงสับเปลี่ยนเชิงวงกลม ซึ่งเป็นสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในเรื่องหลักการ นับเบื้องต้น ให้กับผู้เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยที่การวัดผลประเมินผลตามผลการเรียนรู้ใน เรื่องนี้สำหรับเนื้อหาที่ต้องเชื่อมโยงความรู้ดังกล่าวจะเป็นการวัดผลประเมินผลสำหรับรายวิชา คณิตศาสตร์เพิ่มเติมนอกจากนี้ สำหรับผลการเรียนรู้ของรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมอื่น ๆ ที่ไม่ เทียบเคียงกันกับตัวชี้วัดของรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานนั้น ให้การวัดผลประเมินผลตามผลการ เรียนรู้เหล่านี้เป็นการวัดผลประเมินผลสำหรับรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม

2. แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง (Realistic Mathematics Education : RME)

2.1 ที่มาของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

การพัฒนาแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง (RME) เริ่มต้นขึ้นช่วงปี ค.ศ. 1970 โดย Freudenthal และเพื่อนร่วมงานซึ่งอดีตทำงานที่ IOWO ประเทศเนเธอร์แลนด์ ใน มุมมองของ Freudenthal คณิตศาสตร์ต้องเชื่อมโยงกับความเป็นจริง (connected to reality) ใกล้ชิดกับประสบการณ์ผู้เรียน และเกี่ยวข้องกับสังคมเพื่อให้เห็นคุณค่าของมนุษย์ คณิตศาสตร์เป็น กิจกรรมของมนุษย์มิใช่เพียงการถ่ายทอดวิชา บทเรียนทางคณิตศาสตร์ (Mathematics lesson) ควร นำทาง (guided) ให้ผู้เรียนได้สร้าง (re-invent) คณิตศาสตร์ขึ้นมาโดยการลงมือทำ จุดเน้นในการศึกษา คณิตศาสตร์ควรเน้นไปที่กิจกรรมไม่ใช่ระบบปิด (closed system) โดยกิจกรรมนั้นตั้งอยู่บนฐาน กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Freudenthal, 1968 อ้างอิงใน Van den Heuvel-Panhuizen, 2000)

2.2 หลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงและแนวทางการ นำไปจัดกิจกรรม

Treffers (1978, 1987 อ้างอิงใน Van den Heuvel-Panhuizen, 2000) ได้กำหนด แนวคิดกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในบริบทการศึกษาไว้ 2 ประเภท คือ 1) แนวนอน (Horizontal) และ 2) แนวตั้ง (Vertical) ดังนี้

1. กระบวนการทางคณิตศาสตร์แนวราบ (Horizontal) คือ กระบวนการที่ผู้เรียนมา พร้อมเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่สามารถช่วยจัดการและแก้ไขสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง

2. กระบวนการทางคณิตศาสตร์แนวตั้ง (Vertical) คือ กระบวนการที่จัดการปรับโครงสร้าง คณิตศาสตร์ในตัวเอง เช่น การค้นหาทางลัด การค้นพบความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดหรือกลยุทธ์แล้วจึงนำสิ่งที่ค้นพบเหล่านั้นไปใช้

M Van Den Heuvel-Panhuizen (2000) กล่าวว่า ทั้งในประเทศประเทศเนเธอร์แลนด์ และนอกประเทศเนเธอร์แลนด์แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงมักถูกตีความว่าเป็นการศึกษาคณิตศาสตร์ในโลกแห่งความเป็นจริง(Real-world Mathematics Education) แต่คำว่าเชื่อมโยงกับชีวิตจริง(Realistic) สำหรับการปฏิรูปการศึกษาคณิตศาสตร์ของชาวดัตช์เป็นได้ 2 ลักษณะคือ 1) เชื่อมต่อกับโลกแห่งความจริง 2) นำเสนอสถานการณ์ปัญหาของผู้เรียนที่ผู้เรียนสามารถจินตนาการถึงได้ ดังนั้นบริบทของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง นอกจากบริบทที่เป็นหนึ่งเดียวจากโลกแห่งความเป็นจริง โลกแฟนตาซีของนิทานและโลกที่เป็นทางการของคณิตศาสตร์สามารถให้บริบทที่เหมาะสมสำหรับแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตได้ ครอบคลุมที่เป็นจริงในใจของผู้เรียนเรียน

M Van den Heuvel-Panhuizen (1996, อ้างอิงใน Van den Heuvel-Panhuizen, 2000) กล่าวถึงหลักลักษณะของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 6 ประการ แนวคิด

1. หลักกิจกรรม (Activity principle)

กระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตคือ กิจกรรม โดยกิจกรรมนั้นผู้เรียนจะมีส่วนร่วมแทนการให้คณิตศาสตร์ที่สำเร็จพร้อมใช้งาน (ready-made mathematics) ซึ่งผู้เรียนจะพัฒนาเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ด้วยตัวเอง เป็นการสนับสนุนให้ผู้เรียนเผชิญกับสถานการณ์ปัญหา ตัวอย่าง

2. หลักการความเป็นจริง (Reality principle)

แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตมีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ได้ แต่การเรียนรู้จะไม่เริ่มด้วยนามธรรมหรือคำจำกัดความในคณิตศาสตร์ แต่จะเริ่มต้นด้วยบริบทปัญหาที่หลากหลายซึ่งต้องใช้กระบวนการคณิตศาสตร์ในการแก้ไขปัญหา แนวทางนี้จะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาเครื่องมือและความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

3. หลักระดับ (Level principle)

ในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ผู้เรียนจะผ่านระดับความเข้าใจจากการคิดค้นวิธีแก้ปัญหาในบริบท เพื่อสร้างเป็นหนทางหลาย ๆ หนทางที่ได้มาซึ่งความเข้าใจในหลักการพื้นฐาน ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ที่กว้างขึ้น เงื่อนไขการไปสู่ระดับถัดไปคือความสามารถในการสะท้อนผลของกิจกรรม การสะท้อนสามารถเกิดขึ้นได้จากการมีปฏิสัมพันธ์สามารถมองได้จากแบบจำลอง(Model)ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญในการเชื่อมระหว่างหลักการทั่วไป บริบททางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและหลักการที่ซับซ้อนขึ้น ตัวอย่างเช่น ในขั้นแรกผู้เรียนพัฒนากลยุทธ์ที่ใช้กับบริบทนั้น ๆ ต่อมาจึงพัฒนาให้เข้ากับบริบททั่วไปมากขึ้น บริบททั่วไปในที่นี้หมายถึงบริบทที่ใหญ่หรือเล็กกว่า ดังนั้นแบบจำลองจะสามารถ

ให้การสนับสนุนในการแก้ปัญหาอื่น ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันได้ เป็นการพัฒนาจากแบบจำลองเฉพาะสถานการณ์ไปเป็นแบบจำลองสำหรับสถานการณ์อื่น ๆ ทุกประเภทที่อยู่ในระดับเดียวกัน

4. หลักการเกี่ยวพัน (Inter-twinement principle)

คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตแยกเนื้อหาแต่ละส่วนออกจากกันอย่างชัดเจน สำหรับคณิตศาสตร์ในมุมมองที่ลึกซึ้งขึ้น บทต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ การแก้ปัญหาบริบทที่หลากหลายต้องใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์และความเข้าใจที่หลากหลาย ตัวอย่างเช่น ถ้าผู้เรียนต้องประมาณขนาดของธง 1 ผืน การประมาณนี้เกี่ยวข้องกับการวัด อัตราส่วนและเรขาคณิต

5. หลักปฏิสัมพันธ์ (Interaction principle)

ภายใต้แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตการเรียนรู้ คณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แบ่งปันกลยุทธ์และสิ่งประดิษฐ์ของตนให้กันและกัน โดยการรับฟังสิ่งที่ผู้อื่นค้นพบและอภิปรายถึงสิ่งที่ค้นพบ จึงทำให้ผู้เรียนสามารถรับแนวคิดเพื่อปรับปรุงกลยุทธ์ของตนเอง นอกจากนี้ ปฏิสัมพันธ์ยังสามารถทำให้เกิดการไตร่ตรอง ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงความเข้าใจในระดับที่สูงขึ้น

6. หลักการแนะนำแนวทาง (Guidance principle)

ครูและโปรแกรมทางการศึกษามีบทบาทสำคัญกำหนดเส้นทางการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยที่เส้นทางเหล่านั้นต้องไม่ใช่การบอกว่าผู้เรียนต้องเรียนรู้อะไรอย่างตายตัว ซึ่งเป็นส่วนที่ขัดแย้งกับหลักกิจกรรม ผู้เรียนจำเป็นต้องมีพื้นที่ในการสร้างข้อมูลเชิงลึกและเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง ครูต้องจัดเตรียมสถานะที่เอื้อให้เกิดพื้นที่ข้างต้น

Treffer (1991, อ้างอิงใน เกศินี เพ็ชรรุ่ง, 2556) ได้เสนอหลักการนำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงไปใช้ไว้ 5 ประการดังนี้

1. การสร้างและการทำให้เป็นรูปธรรม (Constructing and Concretizing : phenomenological exploration by means of contexts)

การเรียนคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมในการสร้างความรู้ ไม่ใช่การนำเสนอหรือถ่ายทอดความรู้ การเรียนคณิตศาสตร์ควรเริ่มที่พื้นฐานที่เป็นรูปธรรม ผู้สอนสามารถกระตุ้นผู้เรียนให้สร้างความรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้สอนกำหนดไว้

2. หลักของลำดับขั้นและแบบจำลอง (Levels and Models: bridging by vertical instrument)

การเรียนคณิตศาสตร์หรือทักษะทางคณิตศาสตร์ถูกมองว่าเป็นกระบวนการระยะยาวและเคลื่อนย้ายไปสู่ความเป็นนามธรรมในระดับต่าง ๆ

3. หลักการสะท้อนกลับและการงานพิเศษ (Reflection and Special Assignment: pupils' own constructions and productions)

การกระบวนกรเรียนรู้จะเพิ่มระดับเมื่อได้รับการส่งเสริมผ่านการสะท้อนกลับแนวคิด ดังนั้น ผู้สอนจึงจำเป็นต้องให้ความสนใจอย่างมากในการสร้างและผลิตผลงานของผู้เรียน ในกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนต้องได้รับโอกาสและการกระตุ้นในช่วงเวลาที่สำคัญให้ได้สะท้อนสาระการเรียนรู้ที่ค้นพบและคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นต่อไปจากหลักการนั้น ๆ ครูต้องมอบหมายงานพิเศษให้ผู้เรียน เช่น ปัญหาที่มีความขัดแย้ง ที่สามารถช่วยกระตุ้นการสร้างผลงานอย่างอิสระของผู้เรียน

4. หลักบริบท และ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (Social Context and Interaction: interactiveinstruction)

การเรียนรู้ไม่ได้เป็นกิจกรรมที่อยู่โดด ๆ แต่เกิดขึ้นเพราะสังคมชั้นนำและได้รับการกระตุ้นจากบริบททางสังคมวัฒนธรรม เช่นในการทำงานกลุ่ม ผู้เรียนจะมีโอกาสได้แลกเปลี่ยนความคิดและข้อโต้แย้งเพื่อเรียนรู้จากผู้อื่น ดังนั้นการศึกษาคณิตศาสตร์ควรมีการปฏิสัมพันธ์กันอย่างเป็นธรรมชาติ

ชานนท์ จันทรา (2550) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของลักษณะสำคัญที่เป็นลักษณะพื้นฐานของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตว่าประกอบด้วย

1. การใช้บริบทสถานการณ์ชีวิตจริงเป็นจุดเริ่มต้นในการเรียนรู้
2. การใช้แบบจำลองเป็นตัวเชื่อมประสานระหว่างโลกนามธรรมกับโลกความเป็นจริง
3. การใช้ผลงานหรือกลยุทธ์ของผู้เรียนเป็นผลลัพธ์ในการทำงานคณิตศาสตร์
4. การมีปฏิสัมพันธ์เป็นสิ่งสำคัญในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ระหว่างผู้สอนและผู้เรียนหรือระหว่างผู้เรียนด้วยกันเอง
5. การบูรณาการระหว่างสาระการเรียนรู้ สาขาวิชาต่าง ๆ และปัญหาสถานการณ์ในโลกจริงอย่างมีความหมาย

และกล่าวถึงกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงว่ามีขั้นตอนดังนี้

1. ผู้สอนกำหนดปัญหาเชิงบริบทที่สอดคล้องกับหัวข้อที่เรียน
2. ระหว่างทำกิจกรรมที่ส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน ผู้สอนจะให้ผู้เรียนสืบค้นข้อเท็จจริงและหาคำตอบโดยครูทำหน้าที่ให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มในกรณีที่ต้องการความช่วยเหลือ
3. ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อเปรียบเทียบคำตอบที่ผู้เรียนแต่ละบุคคลหรือกลุ่มนำเสนอในชั้นเรียนซึ่งการอภิปรายแสดงให้เห็นถึงแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายของผู้เรียน
4. ผู้สอนให้ผู้เรียนหาคำตอบเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนดที่เป็นของแต่ละบุคคลหรือกลุ่มอย่างอิสระเพื่อสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้และเส้นทางการเรียนรู้ของตนเอง
5. ผู้สอนกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่มีลักษณะใกล้เคียงกับปัญหาที่กำหนดในครั้งแรกให้ผู้เรียนฝึกแก้ปัญหาอีกครั้งเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ

Gravemeijer (1997, อ้างอิงใน ชนิตา จำปาอ่อน, 2562) กล่าวว่าไว้ว่าหลักการสำคัญตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงที่ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการเรียนการสอนประกอบด้วยหลักการสำคัญ 3 ประการ

1. การคิดค้นจากคำแนะนำ (Guided Reinvention)

ผู้เรียนควรได้รับประสบการณ์ที่มีความคล้ายคลึงกับกระบวนการที่คณิตศาสตร์ถูกคิดค้นขึ้นโดยนักคณิตศาสตร์ กระบวนการจัดการเรียนรู้จึงควรควรให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ในสถานการณ์จริง ผู้สอนทำหน้าที่อำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบไม่เป็นทางการแก่ผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีโอกาสในการคิดค้นการปฏิบัติทางคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นแบบแผนมากขึ้น กระบวนการเรียนรู้จึงควรเน้นที่กระบวนการมากกว่าผลลัพธ์

2. ปรากฏการณ์วิทยาที่นำมาใช้สอน (Didactical Phenomenology)

Freudenthal กล่าวถึงความหมายของปรากฏการณ์วิทยาที่นำมาใช้สอนว่าเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ที่นำเสนอโมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์กับตัวมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์นั้น จุดเน้นอยู่ที่การตีความเชิงคณิตศาสตร์ที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ในการให้เหตุผลและการคิดคำนวณการสืบสวนสถานการณ์ที่มีหัวเรื่องทางคณิตศาสตร์ซ่อนอยู่นั้นจะช่วยให้ค้นพบชนิดของการประยุกต์ใช้ที่นำมาใช้ในการสอน และพิจารณาถึงความเหมาะสมของสถานการณ์ที่นำมาใช้ในกระบวนการคิดค้นคณิตศาสตร์แบบก้าวหน้า (progressive mathematisation) โดยจุดมุ่งหมายของการสืบสวนเชิงปรากฏการณ์วิทยา คือ การหาสถานการณ์ปัญหาที่มีความเฉพาะเจาะจงที่สามารถนำมาใช้ในการสรุปนัยทั่วไปได้ (generalized) และหาสถานการณ์ที่สามารถนำไปสู่กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพื้นฐานของการคิดเชิงคณิตศาสตร์แนวตั้งได้หลักการปรากฏการณ์วิทยาที่นำมาใช้สอน (didactica; phenomenology) ให้แนวทางในการกำหนดกิจกรรมการเรียนการสอนที่สนับสนุนกิจกรรมรายบุคคลและการอภิปรายทั้งชั้นเรียน ในการเรียนคณิตศาสตร์ผู้ออกแบบการสอนต้องเสนอปัญหาเชิงบริบทชีวิตจริงที่ได้จากปรากฏการณ์ที่เป็นจริงและมีความหมายแก่ผู้เรียน ซึ่งช่วยสร้างและกระตุ้นกระบวนการเรียนรู้

3. การพัฒนาแบบจำลองด้วยตนเอง (Self-developed Model)

บทบาทของโมเดลที่สร้างขึ้นเองทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างความรู้แบบไม่เป็นทางการและคณิตศาสตร์แบบเป็นทางการ ในการเรียนรู้ต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้และพัฒนาโมเดลของตนเองในการแก้ปัญหา ซึ่งโมเดลที่สร้างขึ้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยในช่วงแรกผู้เรียนจะพัฒนาโมเดลของสถานการณ์ขึ้น ซึ่งโมเดลที่ผู้เรียนค้นเคย และหลังจากกระบวนการวางนัยทั่วไป (generalizing) และการสร้างแบบแผน (formalizing) โมเดลจะค่อยๆ กลายเป็นโมเดลสำหรับการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งเรียกว่าเป็นการเปลี่ยนจาก model-of เป็น model-for ตัวอย่างของโมเดล เช่น ภาพวาด แผนภาพ เส้นจำนวน ตาราง สมการ เป็นต้น จุดมุ่งหมายเบื้องต้นของการใช้โมเดลควรส่งเสริมผู้เรียนให้สร้างคณิตศาสตร์โดยเริ่มต้นจากมุมมองของตนเอง ไม่ใช่จากมุมมองผู้เชี่ยวชาญการพัฒนาโมเดลตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับ

ชีวิตจริงเกิดขึ้นจากการแก้ปัญหาแบบไม่เป็นทางการของผู้เรียนในการแก้ปัญหาบริบทชีวิตจริง ในช่วงต้นโมเดลถูกใช้เพื่อส่งเสริมยุทธวิธีแบบไม่เป็นทางการที่สอดคล้องกับยุทธวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์เฉพาะจากนั้นผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่คล้ายคลึงกับกระบวนการแก้ปัญหา ตัวเลือกยุทธวิธีแก้ปัญหาไม่ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์กับสถานการณ์ปัญหาอีกต่อไป แต่ได้รับอิทธิพลจากลักษณะเฉพาะทางคณิตศาสตร์ของปัญหา ในขั้นนี้บทบาทของโมเดลเริ่มเปลี่ยนไปเนื่องจากมีลักษณะทั่วไปมากขึ้น และท้ายที่สุดโมเดลกลายเป็นโมเดลที่มีความเป็นเอกลักษณ์ในตัวเองหลังจากที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นรูปธรรมแล้ว ในขั้นนี้โมเดลมีความสำคัญมากขึ้นในฐานะของการเป็นฐานในการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์มากกว่าการนำเสนออย่างหนึ่งของปัญหาบริบทชีวิตจริง

Meyer (2001, อ้างอิงใน สุณิสสา สุมิตรณะ, 2555) สรุปหลักการในการจัดการเรียนการสอน 5 ประการ ดังนี้

1. การเรียนคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมในการสร้างความรู้ ซึ่งแตกต่างจากการเรียนการสอนที่ผู้เรียนเป็นผู้รับความรู้ที่ครูนำเสนอหรือถ่ายทอดให้เพียงฝ่ายเดียว การสร้างความรู้เกิดขึ้นได้เมื่อจุดเริ่มต้นของการเรียนการสอนเป็นประสบการณ์จริงของผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนได้เข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีความหมายต่อผู้เรียนแต่ละคน

2. การเรียนรู้คณิตศาสตร์หรือทักษะต้องใช้ระยะเวลายาวนานและผ่านระดับของความเป็นนามธรรมในระดับต่างๆ ในช่วงต้น กิจกรรมทางคณิตศาสตร์แบบไม่เป็นทางการจะสร้างพื้นฐานที่เป็นรูปธรรมจากสิ่งๆ ที่ผู้เรียนสามารถสรุปและสร้างมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ผู้เรียนเชื่อมโยงความเป็นรูปธรรมและระดับที่เป็นนามธรรมมากขึ้นจากการสร้างและการใช้โมเดลการวาดภาพ แผนภาพ ตาราง หรือสัญลักษณ์ต่างๆ

3. การเรียนรู้คณิตศาสตร์และพัฒนาการของผู้เรียนผ่านระดับต่างๆ ของความเข้าใจนั้นได้รับการสนับสนุนจากการคิดสะท้อนความคิดของตนเองและผู้อื่น ผู้เรียนต้องได้รับโอกาสที่ดีในการคิดสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้

4. การเรียนรู้ไม่ได้เกิดขึ้นโดยลำพัง แต่เกิดขึ้นในบริบททางสังคมวัฒนธรรมดังนั้นการมีปฏิสัมพันธ์จึงเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นในการเรียนการสอน กิจกรรมการเรียนการสอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนได้สะท้อน อธิบายและตัดสินคำตอบ เข้าใจคำตอบของเพื่อน เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับคำตอบอื่น และตั้งคำถามเกี่ยวกับทางเลือก

5. ความเข้าใจคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างกัน ปรากฏการณ์จริงที่โครงสร้างและมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ปรากฏอยู่มักจะประกอบด้วยคณิตศาสตร์จากหลากหลายสาขาวิชา ดังนั้นสาระการเรียนรู้ควรมีการถักทอเรียงร้อยเข้าด้วยกันมากกว่าจะแยกออกเป็นอิสระจากกัน

จากการศึกษา หลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงและแนวทางการนำไปจัดกิจกรรม สรุปได้ว่าแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตมีจุดประสงค์ตั้งต้นเพื่อปฏิบัติการศึกษาในประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยมีแนวคิดหลักว่าคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมของ

มนุษย์มิใช่เพียงการถ่ายทอดวิชา ผู้เรียนควรได้รับโอกาสให้คิดค้นคณิตศาสตร์ข้อสรุป ข้อสันนิษฐาน อย่างไม่เป็นการเอง โดยมีผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นให้ข้อสรุป ข้อสันนิษฐานที่ผู้เรียนคิดค้นอย่างไม่เป็น ทางการนั้นได้พัฒนาให้ซับซ้อนขึ้นและพัฒนาเป็นข้อสรุป ข้อสันนิษฐานอย่างเป็นทางการที่ใช้ได้ใน บริบททั่วไป

และจากหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงของนักการศึกษา ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปหลักการออกมาได้ทั้งหมด 4 หลักการ ดังนี้

1. เรียนรู้ผ่านกิจกรรม
2. ใช้บริบทจริงในกิจกรรมไล่เรียงจากง่ายไปซับซ้อน
3. มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม
4. ผู้สอนติดตามผู้เรียนอย่างใกล้ชิดเพื่อประเมินว่าจุดใดควรให้คำแนะนำและคำแนะนำควร เป็นอย่างไรจึงจะเหมาะสมกับผู้เรียน

3. การเรียนรู้แบบออนไลน์(Online learning)

3.1 ความหมายของการเรียนรู้แบบออนไลน์(Online learning)

พจนานุกรมศึกษาศาสตร์ร่วมสมัย ฉบับบัณฑิตยสภา (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2558) ได้ให้ความหมายการเรียนการสอนแบบออนไลน์ว่าหมายถึง การเรียนการสอนที่ผู้สอนและผู้เรียนมีได้ อยู่ที่เดียวกัน แต่เป็นการสอนผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หรือระบบการติดต่อสื่อสารอื่น ๆ ทาง อิเล็กทรอนิกส์ ที่สามารถนำเนื้อหาสาระ แนวคิด ข้อมูลสารสนเทศ คำอธิบาย ตัวอย่าง การทดลอง การวัดและประเมินผล ในรูปแบบของเสียง คำอธิบาย การอภิปราย เอกสาร กราฟ ภาพสีหรือภาพ ขาวดำ วิดีโอเทป ภาพยนต์ ทำให้ผู้เรียนได้ฟัง ได้เห็นครูอาจารย์ ผู้สอนได้เรียนรู้จากเอกสารจากสื่อ การสอนดังกล่าว สามารถทำแบบฝึกหัดเพื่อวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองหลังจากจบ บทเรียนแต่ละบทรวมทั้งสามารถผ่านการวัดและประเมินผลตามเกณฑ์โดยรวมของแต่ละวิชา หรือ ผ่านการวัดและประเมินผลวิชาโดยรวมของแต่ละระดับชั้นเรียน หรือตามหลักสูตรที่สถาบันการศึกษา กำหนดไว้ได้

การเรียนการสอนแบบออนไลน์เกิดขึ้นหลังจากระบบอินเทอร์เน็ตและคอมพิวเตอร์สามารถ เชื่อมต่อกันได้ ทำให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปอย่างกว้างขวาง รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ และนำมาใช้ ในระบบการศึกษา การเรียนการสอนแบบออนไลน์ช่วยให้ผู้เรียนที่อยู่ต่างสถานที่กับผู้สอนสามารถ สื่อสารกันได้ เปิดโอกาสให้ผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีความประสงค์อยากเรียนรู้เพิ่มพูนประสบการณ์สามารถ เรียนรู้ได้สะดวกเป็นไปตามวันและเวลาที่ต้องการ ซึ่งการเรียนการสอนผ่านระบบออนไลน์ยังช่วย ขยายโอกาสทางการศึกษาให้กว้างขึ้น

3.2 รูปแบบการของการเรียนการสอนแบบออนไลน์

ฐาปนีย์ ธรรมเมธา (2557) กล่าวถึงรูปแบบการสอนแบบออนไลน์ว่าสามารถจำแนกตาม วิธีการจัดการเรียนการสอนได้ 2 วิธีการ ดังนี้

1) ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นการเรียนที่ทดแทนการสอนปกติ โดยเรียนเนื้อหาจากสื่อการเรียน เครื่องมือสื่อสารทางอินเทอร์เน็ต และประเมินผลการเรียนของตัวเอง การเรียนด้วยวิธีนี้ ผู้สอนมีหน้าที่ออกแบบการเรียนรู้ จัดเตรียมสื่อ และกิจกรรมการเรียนรู้ไว้เท่านั้น ไม่มีบทบาทในขณะที่ผู้เรียนกำลังเรียน

2) ผู้เรียนเรียนรู้จากครูผู้สอน เป็นการเรียนที่ทดแทนการสอนในระบบชั้นเรียนโดยเรียนผ่านเนื้อหา สื่อการเรียน เครื่องมือสื่อสารทางอินเทอร์เน็ต และประเมินผลการเรียนในระบบออนไลน์ โดยผู้สอนเป็นผู้กำหนดกิจกรรมตามระยะเวลา เหมือนการสอนในระบบชั้นเรียน ต่างที่ผู้สอนและผู้เรียนไม่ได้อยู่ต่อหน้ากัน (face-to-face instruction) การเรียนด้วยวิธีนี้ผู้สอนรับหน้าที่การออกแบบการเรียนรู้ จัดเตรียมสื่อ และกิจกรรมการเรียนรู้ ร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเครื่องมือสื่อสารการเรียน การสอนตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ ผู้สอนมีบทบาทสำคัญในสอนออนไลน์

และมียังสามารถจำแนกตามลักษณะการสื่อสารการเรียนการสอนได้อีก 2 รูปแบบ ดังนี้

1) การเรียนการสอนแบบไม่ประสานเวลา (Asynchronous Learning Methods) เป็นการเรียน การสอนที่สร้างเว็บไซต์ขึ้นมาเพื่อให้ผู้เรียนเข้าเรียนรู้เนื้อหาวิชา ณ เวลาใดก็ได้ ที่ได้ก็ได้ โดยที่ผู้เรียนและผู้สอนไม่ต้องรอเพื่อโต้ตอบกันภายในเวลาเดียวกัน ซึ่งสามารถใช้เครื่องมือสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เช่น จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) กระดานข่าว (Web-board) เป็นต้น

2) การเรียนการสอนแบบประสานเวลา (Synchronous Learning Methods) เป็นการเรียนการสอน ที่มีผู้ส่งและผู้รับอยู่ในเวลาเดียวกัน โดยใช้การรับส่ง ข่าวสาร ข้อมูลภายในเวลาเดียวกันหรือพร้อมกัน เกิดการปฏิสัมพันธ์แบบทันทีทันใด เช่น ห้องสนทนา (Chat Room) การประชุมผ่านวิดีโอคอนเฟอเรนซ์ (Video Conference) เป็นต้น

4. มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Concept)

4.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

ราชบัณฑิตยสถาน (2556) กล่าวถึงมโนทัศน์ไว้ว่า มโนทัศน์ประกอบด้วยคำว่า “มโน” แปลว่าใจ และ “ทัศน์” ซึ่งมาจากทัศนะ แปลว่า ความเห็น, การเห็น, สิ่งที่เห็น จึงหมายถึงภาพหรือสิ่งที่เห็นในใจ ซึ่งเป็นตัวแทนของสรรพสิ่งแต่ละชนิด

Toumasis (1995) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นความคิดขั้นสุดท้ายเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ซึ่งเกิดจากการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีต่อสิ่งเร้าโดยผู้เรียนสามารถแยกประเภทของสิ่งเร้าที่มีความสัมพันธ์กันและไม่สัมพันธ์กันได้

Cooney และคณะ (Cooney and others, 1975) ได้กล่าวว่ามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หมายถึง ความเข้าใจเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้โดยผู้เรียนสามารถสรุปความเข้าใจออกมาเป็นบทนิยามหรือความหมายของเรื่องนั้นๆ ได้ เช่น มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เรื่องฟังก์ชัน คือผู้เรียนสามารถบอกนิยามของฟังก์ชันได้

Eggen และ Kauchak (Eggen and Kauchak, 1981) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เป็นความคิดความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้า ซึ่งบุคคล

สามารถจัดประเภทหรือจัดกลุ่มของสิ่งเร้าที่มีคุณสมบัติบางประการร่วมกัน โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้

อัมพร ม้าคนอง (2546) กล่าวโดยสรุปว่า มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นข้อสรุปที่ได้รับจากประสบการณ์ ซึ่งข้อสรุปนี้นำไปสู่ความสามารถในการจำแนก หรือจัดกลุ่มสิ่งของต่างๆ และการนำไปใช้ในวิชาคณิตศาสตร์

อาทิตยา สำราญอินทร์ (2553) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ไว้ว่ามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความคิดสำคัญของผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เรื่องใดเรื่องหนึ่ง อันเกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์จากการเรียนรู้ โดยผู้เรียนสามารถสรุปออกมาเป็นบทนิยามหรือความหมาย ทฤษฎีบท กฎ สูตร ขั้นตอน หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์และสมบัติต่าง ๆ

จากการศึกษาข้างต้นในส่วนความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่ามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หมายถึงข้อสรุปที่ได้รับจากประสบการณ์การเรียนรู้ ที่ทำให้ผู้เรียนสามารถจำแนกสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ว่าสถานการณ์ใดเป็นไปตาม บทนิยาม สูตร สมบัติต่าง ๆ

4.2 แนวทางการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

Travers (1967) กล่าวถึงการสอนมโนทัศน์ว่า ผู้เรียนจะเกิดมโนทัศน์อย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับวิธีสอนของครู ครูต้องใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียนซึ่งแนวทางในการจัดสภาพการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดมโนทัศน์มีดังนี้

1. สิ่งที่จะอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียนในการเรียนมโนทัศน์ คือ ผู้เรียนเห็นความแตกต่างระหว่างตัวอย่างทางบวกและตัวอย่างทางลบ
2. ปัญหาที่มีลักษณะซ้ำๆกันมักจะแก้ไขได้ง่ายกว่าปัญหาที่มีลักษณะไม่ซ้ำกัน
3. ผู้เรียนจะเรียนรู้มโนทัศน์ได้ง่ายขึ้น ถ้าตัวอย่างทางบวกและตัวอย่างทางลบควบคู่กัน

Ausubel (1968) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้มโนทัศน์สรุปได้ว่า การเรียนรู้มโนทัศน์เกิดขึ้นได้ 2 วิธี คือ

1. การสร้างมโนทัศน์ (Concept Formation) หมายถึง กระบวนการเรียนรู้มโนทัศน์จากประสบการณ์ การสังเกต เป็นการเรียนรู้โดยค้นพบ หรือใช้วิธีอุปมาน (Inductive process)
2. การแตกย่อยมโนทัศน์ (Concept Assimilation) หมายถึง กระบวนการเรียนรู้มโนทัศน์แบบอนุমান (Deductive Process) โดยทราบคำจำกัดความของมโนทัศน์พร้อมกับตัวอย่างของมโนทัศน์ และคุณลักษณะวิกฤติ(Critical Attributes) ของมโนทัศน์นั้น

ชาญชัย อาจินสมาจาร และจินดา สิทธิฤทธิ์ (2533) ได้กล่าวถึงการสอนเพื่อให้เกิดมโนทัศน์ โดยเสนอหลักการดังนี้

1. ทำความเข้าใจว่า เนื้อเรื่องนั้นๆ ควรจะให้มีโนทัศน์อะไรแก่ผู้เรียนที่เป็นแก่นแท้หรือหลักการและต้องให้เป็นไปตามขั้นตอนของการให้มโนทัศน์

2. พยายามให้ผู้เรียนได้เกิดมโนทัศน์ โดยต้องหาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสม ซึ่งอยู่ที่ไหวพริบและเทคนิคของผู้สอนในการสอนหลังจากผู้เรียนได้เรียนรู้ไปแล้ว ผู้สอนและผู้เรียนต้องช่วยกันสรุปในหลักการอีกครั้ง ในการสอนต้องใช้ทักษะในการสอนให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ โดยต้องพยายามใช้เทคนิคในการตั้งคำถาม การอภิปรายและสรุปรวมยอดของคำตอบ เพื่อให้เข้าสู่มโนทัศน์นั้นๆ ให้ได้

อัมพร ม้าคนอง (2546) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่ควรคำนึงในการสอนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. ขั้นการวางแผนการสอน ครูควรพิจารณารายละเอียดของหัวข้อต่อไปนี้
 - ชื่อมโนทัศน์
 - ลักษณะที่สำคัญและไม่สำคัญของมโนทัศน์
 - กฎของความเป็นมโนทัศน์
 - ตัวอย่างมโนทัศน์ สิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างแต่คล้ายคลึง
 - คำถามและทิศทางที่จะเน้น
 - สื่อการเรียนรู้ที่น่าสนใจและมีประสิทธิภาพ
 - ระดับที่ต้องการให้ผู้เรียนเรียนรู้
2. ขั้นการสอน กิจกรรมที่จัดเพื่อนสอนมโนทัศน์ควรรวมถึงสิ่งต่อไปนี้
 - การนำเข้าสู่มโนทัศน์
 - การให้ตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างตามลำดับอันควร
 - การฝึกการคิดเชิงเปรียบเทียบ
 - การกระตุ้นให้ผู้เรียนถาม
 - และการประเมินระดับการเรียนรู้ของผู้เรียน
3. ขั้นการประเมินผล ควรประเมินในประเด็นสำคัญๆ ดังนี้
 - ลักษณะของมโนทัศน์ ได้แก่ ลักษณะเฉพาะของลักษณะที่สำคัญและลักษณะที่ไม่สำคัญ ลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์
 - ตัวอย่างของมโนทัศน์และตัวอย่างที่ไม่ใช่มโนทัศน์ ได้แก่ การจำแนกที่เป็นตัวอย่างที่เป็นมโนทัศน์และไม่ใช่มโนทัศน์ และเหตุผลที่ใช้จำแนกตัวอย่างที่เป็นมโนทัศน์ออกจากตัวอย่างที่ไม่ใช่มโนทัศน์

จากแนวทางการพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปแนวทางการพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ได้ 2 แนวทาง ดังนี้

1. เรียนรู้มนวัตกรรมผ่านประสบการณ์ เช่น การสังเกต การเรียนรู้โดยค้นพบ การใช้วิธีอุปมาน

2. การเรียนรู้มนวัตกรรมแบบอนุमान โดยทราบคำจำกัดความของมนวัตกรรมพร้อมกับตัวอย่างของมนวัตกรรม และคุณลักษณะเฉพาะของมนวัตกรรมนั้น ๆ ซึ่งการพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์สามารถเกิดขึ้นได้ตลอดขั้นการจัดการเรียนรู้ ฉะนั้นผู้สอนจึงควรคำนึงถึงการพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ 3 ขั้น ดังนี้ 1) ขั้นการวางแผนการสอน 2) ขั้นการสอน และ 3) ขั้นการประเมินผล

4.3 แนวทางการวัดและการประเมินผลมนวัตกรรมทางคณิตศาสตร์

Wilson (1971) ได้กล่าวถึง การวัดมนวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ ว่า การวัดมนวัตกรรมทางคณิตศาสตร์เป็นการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยในระดับความเข้าใจ ซึ่งความรู้เกี่ยวกับมนวัตกรรมนั้นหมายถึง ความสามารถในการสรุปความหมายของสิ่งที่ได้รับจากการเรียนการสอนตามความเข้าใจของตนเอง รู้จักนำข้อเท็จจริงของเนื้อหาต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้มาแล้วสัมพันธ์กันดังตัวอย่างของข้อสอบวัดมนวัตกรรมทางคณิตศาสตร์

โสภณ บารุงสงฆ์ และ สมหวัง ไตรตันวงศ์ (2520) กล่าวถึง การวัดมนวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ โดยสรุปว่า การวัดมนวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ ได้แก่การวัดความคิดในเชิงนามธรรม คือความเข้าใจเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ วิธีการในทางคณิตศาสตร์ เพื่อคว่าผู้เรียนมีความเข้าใจและมีมนวัตกรรมในทางคณิตศาสตร์เพียงใด ดังนั้น ข้อสอบวัดมนวัตกรรมทางคณิตศาสตร์จึงเป็นข้อสอบที่ถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริงหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ และไม่ต้องการคำตอบที่เป็นผลลัพธ์ของปัญหา

ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่าการวัดมนวัตกรรมทางคณิตศาสตร์เป็นวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยในระดับความเข้าใจ ซึ่งเกี่ยวกับความเข้าใจเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ วิธีการในทางคณิตศาสตร์ โดยแบบทดสอบจึงควรมีลักษณะการถามข้อเท็จจริงหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ใช่การหาคำตอบในปัญหานั้น ๆ โดยใช้เครื่องมือคือแบบวัดมนวัตกรรม

5. ความสามารถแก้ปัญหทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving)

5.1 ความหมายของความสามารถแก้ปัญหทางคณิตศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) กล่าวว่า การแก้ปัญหเป็นความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหและเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง

Piaget (1969) อธิบายว่าความสามารถแก้ปัญหเริ่มตั้งแต่เด็กอายุ 7-11 ปี ผู้เรียนในวัยนี้เริ่มมีความคิดในการแก้ปัญหแบบง่าย ๆ ภายในขอบเขตจำกัด เมื่อผู้เรียนอายุ 12-15 ปีจะมีความสามารถคิดหาเหตุผลที่ขึ้นและสามารถคิดแก้ปัญหที่ซับซ้อนได้ ซึ่งการคิดแก้ปัญหว่าเป็น

รูปแบบของการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ต้องอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการที่มีความเกี่ยวข้องกันตั้งแต่สองประเภทขึ้นไป โดยการเรียนรู้ประเภทหลักต้องอาศัยความสามารถในการมองเห็นลักษณะร่วมกันของสิ่งเร้า และใช้หลักการนั้นผสมผสานจนเป็นความสามารถชนิดใหม่ที่เรียกว่าความสามารถทางการคิดแก้ปัญหา อีกทั้งยังต้องใช้ความสามารถในการใช้ประสบการณ์เดิมจากประสบการณ์ทางตรงและทางอ้อม เพราะการแก้ปัญหาถือเป็นกระบวนการที่บุคคลจะใช้ประสบการณ์ ทักษะ ความรู้ที่ได้เรียนรู้มาก่อนหน้า โดยนำมาจัดเรียงลำดับใหม่ เพื่อหาข้อสรุปที่ได้มาจากการพิจารณาอย่างถี่ถ้วน และผู้เรียนจะต้องวิเคราะห์ได้ว่าจะนำความรู้ที่ได้เรียนมาใช้ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ได้อย่างไร เพื่อนำมาสู่การแก้ปัญหาตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการของแต่ละบุคคล

Good (1973) มองว่าการคิดแก้ปัญหาเป็นแบบแผนหรือวิธีดำเนินการซึ่งอยู่ในสภาวะยากลำบากที่ต้องพยายามตรวจสอบข้อมูล มีการตั้งสมมติฐาน ตรวจสอบสมมติฐานภายใต้การควบคุมมีการรวบรวมเก็บข้อมูลจากการทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ที่ทดแทนสมมติฐานนั้นว่าเป็นจริงหรือไม่ ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีขั้นตอนหลากหลาย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้เสนอว่าความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถประยุกต์ความรู้ ขั้นตอน หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กลวิธีและกลยุทธ์วิธีการแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์มักเป็นปัญหาที่ผู้เรียนไม่คุ้นเคยมาก่อน และต้องใช้การคิดที่หลากหลาย เพื่อหาแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

จากการศึกษาข้างต้นในส่วนของความหมายความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหาและเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง

5.2 กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) กล่าวถึงการพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แบ่งการพัฒนาออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การทำความเข้าใจปัญหา คือ การพิจารณาว่าสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวข้องกับอะไร ต้องการหาอะไร กำหนดให้ให้บ้าง ความรู้ที่เกี่ยวข้องคืออะไร และการทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหานั้น ๆ อาจต้องใช้วิธีการต่าง ๆ ช่วย เช่น การวาดภาพ การเขียนตาราง การเขียนหรือบอกสถานการณ์ปัญหาด้วยภาษาของตนเอง

2. การวางแผนแก้ปัญหา คือ การพิจารณาว่าต้องวิธีการหรือกลยุทธ์ใดในการแก้สถานการณ์ปัญหา และพิจารณาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในปัญหา ผสมผสานกับประสบการณ์การแก้ปัญหาที่ผู้เรียนมีอยู่

3. การดำเนินการแก้ปัญหา คือ การลงมือปฏิบัติตามแผนแก้ปัญหาที่วางไว้ จนสามารถหาคำตอบได้ ถ้าแผนหรือกลยุทธ์ที่วางไว้ไม่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้ ผู้เรียนจะต้องตรวจสอบความถูกต้องของแต่ละขั้นตอนในแผนที่วางไว้

4. การตรวจสอบ คือ การพิจารณาความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้รับจากการดำเนินการแก้ปัญหา โดยอาจพิจารณากลยุทธ์ที่นำมาหาคำตอบ ขยายไปสู่กลยุทธ์อื่น ๆ ที่สามารถนำมาแก้ปัญหาได้เช่นเดียวกับกลยุทธ์ที่ตั้งต้น ตลอดจนสามารถนำแนวคิดที่ได้ไปใช้กับสถานการณ์ปัญหาอื่นได้

5.3 แนวทางการพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สมาคมคณิตศาสตร์ในสหรัฐอเมริกา (NTCM, 1991 อ้างอิงใน นวลละออง ปิริยะ, 2551) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่จะเอื้อให้เกิดการพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาของผู้เรียนไว้ดังนี้

1. เป็นบรรยากาศที่ยอมรับและเห็นคุณค่าของแนวคิด วิธีการคิด และความรู้สึของผู้เรียน

2. ให้ความเวลาในการสำรวจแนวคิดทางคณิตศาสตร์

3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลองใช้ความสามารถในการกำหนดปัญหาและสร้างข้อาคตเตา

4. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ให้เหตุผลและสนับสนุนแนวคิดด้วยข้อความทางคณิตศาสตร์

Bitter (1990) ได้เสนอวิธีการสอนของครูเพื่อช่วยพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน สรุปได้ดังนี้

1. ควรเลือกปัญหาที่น่าสนใจ และไม่ยากหรือง่ายจนเกินไปมาสอนผู้เรียน

2. ควรแบ่งผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อย ๆ เพื่อให้ร่วมกันแก้ปัญหา เป็นการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการทำงานร่วมกัน

3. ควรให้ผู้เรียนพิจารณาว่า โจทย์กำหนดข้อมูลอะไรมาให้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาและยังต้องการใช้ข้อมูลอื่นใดบ้างในการแก้ปัญหาข้อนั้นๆ

4. ควรให้ผู้เรียนพิจารณาว่า ปัญหาถามอะไร ถ้าไม่สามารถบอกได้ให้อ่านปัญหานั้นใหม่และถ้าจำเป็นจริงๆ ให้ครูอธิบายความหมายของคำที่ใช้ในปัญหาข้อนั้นให้ผู้เรียนทราบ

5. ควรให้ฝึกการแก้ปัญหาหลาย ๆ รูปแบบ เพื่อไม่ให้รู้สึกเบื่อกับการแก้ปัญหาที่ซ้ำซากไม่ท้าทายความสามารถ

6. ควรให้ผู้เรียนทำการแก้ปัญหาลด ๆ จนเคยชินว่าเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนการสอน

7. ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนแก้ปัญหาหลาย ๆ ข้อ โดยใช้วิธีการเดียวกัน เพื่อจะได้ฝึกทักษะและส่งเสริมให้ใช้การแก้ปัญหาหลาย ๆ วิธีในข้อเดียวกัน เพื่อให้เห็นว่ายังมีวิธีการอื่น ๆ อีกที่จะใช้ในการแก้ปัญหาในข้อนั้นๆ ได้

8. ควรช่วยเหลือผู้เรียนในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมสำหรับรูปแบบเฉพาะข้อ

9. ควรให้ผู้เรียนพิจารณาว่า ปัญหาในข้อนี้คล้ายกับปัญหาที่เคยพบมาก่อนหรือไม่

10. ควรให้เวลากับผู้เรียนในการลงมือแก้ปัญหา อภิปรายผลการแก้ปัญหาและวิธีการดำเนินการแก้ปัญหา

11. ควรให้ผู้เรียนฝึกการคาดคะเนคำตอบและการทดสอบคำตอบที่ได้ เพื่อประหยัดเวลาในการแก้ปัญหา

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2538) ได้เสนอวิธีการสอนของครู เพื่อช่วยพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยพิจารณาตามขั้นตอนของการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน ของโพลยา (Polya) และนำมาเป็นแนวทางในการช่วยพัฒนาความสามารถในการช่วยพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน สรุปได้ดังนี้

1. การพัฒนาความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา สามารถทำได้โดย

1.1 การพัฒนาทักษะการอ่าน โดยให้ผู้เรียนฝึกการอ่านและทำความเข้าใจข้อความในปัญหาที่ครูยกมาเป็นตัวอย่างในการสอนก่อนที่จะมุ่งไปที่วิธีหาเพื่อหาคำตอบ โดยอาจฝึกเป็นรายบุคคลหรือฝึกเป็นกลุ่ม อภิปรายร่วมกันถึงสาระสำคัญของโจทย์ปัญหาความเป็นไปได้ของคำตอบที่ต้องการ ความพอเพียงหรือความมากเกินไปของข้อมูลที่กำหนดให้

1.2 การใช้กลวิธีช่วยเพิ่มพูนความเข้าใจ เช่น การเขียนภาพ เขียนแผนภาพหรือสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ของปัญหา จะทำให้เป็นรูปธรรมมากขึ้นสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

1.3 การใช้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันมาให้ผู้เรียนฝึกทำเพื่อความเข้าใจเช่น การนำปัญหาที่กำหนดข้อมูลให้เกินความจำเป็น หรือกำหนดข้อมูลให้ไม่เพียงพอ มาให้ผู้เรียนฝึกวิเคราะห์ข้อมูลว่า ข้อมูลที่กำหนดให้ข้อมูลใดใช้ได้บ้าง หรือหาว่าข้อมูลที่กำหนดให้เพียงพอหรือไม่

2. การพัฒนาความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา สามารถทำได้โดย

2.1 ต้องไม่บอกวิธีการแก้ปัญหากับผู้เรียนโดยตรง แต่ควรใช้วิธีการกระตุ้นคิดด้วยตนเอง เช่น การใช้คำถามนำ โดยอาศัยข้อมูลต่างๆ ที่โจทย์ปัญหากำหนดให้ หักใช้คำถามเมื่อผู้เรียนมองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหา

2.2 ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดออกมาดัง ๆ คือ สามารถบอกให้คนอื่น ๆ ทราบว่าตนเองคิดอะไร การคิดออกมาดัง ๆ อาจอยู่ในรูปการบอก หรือการเขียนแผนภาพ และแบบแผนแสดงลำดับขั้นตอน การคิดออกมาให้ผู้อื่นทราบ ทำให้เกิดการอภิปรายเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

2.3 ควรสร้างลักษณะนิสัยของผู้เรียนให้รู้จักคิดวางแผนก่อนลงมือทำสิ่งใดเสมอ ๆ เพราะจะทำให้สามารถประเมินความเป็นไปได้ในปัญหานั้น ๆ ควรเน้นวิธีการแก้ปัญหานั้นสำคัญกว่าคำตอบที่ได้เพราะวิธีการสามารถนำไปใช้ได้กว้างขวางกว่า

2.4 ควรจัดหาปัญหามาให้ผู้เรียนฝึกบ่อยๆ ซึ่งต้องเป็นปัญหาที่ท้าทายและน่าสนใจ

2.5 ควรส่งเสริมให้รู้จักใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา แต่ละข้อให้มากกว่าหนึ่งวิธี เพื่อให้ผู้เรียนมีความยืดหยุ่นในการคิด และจะมีโอกาสฝึกการวางแผนมากขึ้น

3. การพัฒนาความสามารถในการดำเนินการตามแผน ควรฝึกให้ผู้เรียนลงมือแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผนที่วางไว้และควรให้ผู้เรียนฝึกการตรวจสอบการวางแผน ก่อนที่จะลงมือทำตามแผน โดยพิจารณาความเป็นไปได้ ความถูกต้องของแผนที่วางไว้ และพิจารณาว่าวิธีการเหมาะสม ถูกต้องกับการแก้ปัญหานั้นๆ หรือไม่

4. การพัฒนาความสามารถในการตรวจสอบผล/คำตอบ สามารถทำได้โดย

4.1 ควรกระตุ้นให้เห็นความสำคัญของการตรวจสอบวิธีทำและคำตอบให้เคยชินโดยครู อาจสร้างกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ฝึกการตรวจสอบความถูกต้อง หาข้อบกพร่องจากการแสดงการแก้ปัญหาที่ครูยกตัวอย่างให้

4.2 ควรกระตุ้นให้รู้จักตีความหมายของคำตอบที่ได้ว่ามีความหมายสอดคล้องกับปัญหาหรือไม่ 4.3 ควรสนับสนุนให้หาแบบฝึกหัด โดยใช้วิธีการหาคำตอบได้มากกว่าหนึ่งวิธีเพื่อเป็นการตรวจสอบวิธีการที่ใช้นั้นกับวิธีการอื่นสามารถใช้หาคำตอบในปัญหานั้นได้อีก

4.4 ควรให้ผู้เรียนฝึกหัดสร้างโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน เพื่อช่วยทำให้มีความเข้าใจในโครงสร้างของปัญหา ทำให้สามารถมองเห็นแนวทางในการคิดแก้ปัญหาด้วยวิธีอื่นๆได้

แนวทางการพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้นักการศึกษาให้แนวทางไว้อย่างหลากหลาย ผู้วิจัยสามารถระบุดูร่วมกันของแนวทางได้ดังนี้

1. บรรยากาศที่ยอมรับและเห็นคุณค่าของแนวคิด วิธีการคิด และความรูสึกของผู้เรียนมีส่วนช่วยในการพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2. ควรให้เวลาในการสำรวจแนวคิดทางคณิตศาสตร์

3. ผู้เรียนควรได้ลองใช้ความสามารถในการกำหนดปัญหาและสร้างข้อาคัดเดาในหลายๆ บริบททั้งในบริบทที่คล้ายคลึงกันและแตกต่างกันในหลาย ๆ ระดับ

4. ควรให้ผู้เรียนแสดงผลและการสนับสนุนแนวคิดด้วยข้อความทางคณิตศาสตร์

5.3 แนวทางการวัดและการประเมินผลความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (The National Council of Teachers of Mathematics : NCTM) (NCTM, 2001) กล่าวถึง การวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน มีดังนี้

1) สามารถสร้างความรู้ใหม่ๆ ทางคณิตศาสตร์ ผ่านการแก้ปัญหาได้
2) สามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นได้ และสามารถแก้ไขสถานการณ์หรือบริบทอื่น ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกันได้

3) สามารถประยุกต์ความหลากหลายของวิธีการมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม และ

4) สามารถตรวจสอบและสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้

สิริพร ทิพย์คง (2537, อ่างอิงโน อัญชลี พันธุ์เครือบุตร, 2544) เสนอแนะว่า การวัดผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนควรเป็นการชี้ให้ผู้เรียนได้เห็นพัฒนาการในด้านการเรียนของตนเอง โดยครูใช้การวัดแบบอิงเกณฑ์ ซึ่งเป็นการวัดที่แสดงให้เห็นความสามารถของผู้เรียนแต่ละคนว่า มีความสามารถหรือได้เรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์มากน้อยเพียงใด โดยไม่นำความสามารถไปเปรียบเทียบกับกลุ่มแต่อาจจะมีเกณฑ์มาตรฐานกำหนดอย่างชัดเจนว่า ต้องการให้ผู้เรียนมีความสามารถมากน้อยเพียงใด ส่วนการประเมินผล นอกจากดูคะแนนสอบของผู้เรียนแล้ว ครูควรดูผลจากการทำแบบฝึกหัดของผู้เรียนระหว่างเรียน การตอบคำถาม การร่วมกิจกรรมของผู้เรียน และการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างเรียน การสัมภาษณ์ผู้เรียน ทั้งนี้เพราะคะแนนสอบอย่างเดียวไม่ควรบ่งชี้ความสำเร็จในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ดังนั้นแนวโน้มการวัดและการประเมินผลการเรียนของผู้เรียนควรมีลักษณะดังนี้

1. แบบทดสอบ ควรเน้นกระบวนการคิด การได้มาซึ่งคำตอบมากกว่าคำตอบที่ผู้เรียนคิด
2. แบบทดสอบที่ใช้ควรเป็นแบบอัตนัยที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหา
3. ครูควรมีการวินิจฉัยความรู้พื้นฐานของผู้เรียนก่อนการสอนเนื้อหาใหม่

การประเมินผลงานที่ผู้เรียนปฏิบัติ โดยครูมอบหมายโครงการเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ให้ผู้เรียนร่วมกันรับผิดชอบทำเป็นกลุ่ม เมื่อผู้เรียนทำโครงการเสร็จแล้วครูควรให้ผู้เรียนทุกคนในกลุ่มประเมินผลการทำงานของตนเองและสมาชิกภายในกลุ่ม โดยการให้คะแนนและครูประเมินผลงานที่ผู้เรียนทำด้วยแล้วนำผลการประเมินของแต่ละกลุ่มมาสรุป โดยพิจารณาจากคะแนนที่ผู้เรียนประเมินตนเอง คะแนนที่ผู้เรียนแต่ละคนในกลุ่มประเมินเพื่อนสมาชิกและการประเมินของครู ซึ่งผู้เรียนแต่ละคนอาจจะได้คะแนนไม่เท่ากันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลงานตนเอง

อัมพร ม้าคนอง (2553) กล่าวถึง การวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สามารถประเมินได้หลากหลายตามความสามารถดังต่อไปนี้

- 1) การแก้ปัญหาได้เป็นความสามารถของผู้เรียนในการหาผลลัพธ์ แนวทางจัดการกับปัญหา
- 2) การสร้างโจทย์หรือประเด็นปัญหา เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อหาความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ อันจะนำไปสู่การสร้างโจทย์ ปัญหา สถานการณ์ หรือคำถาม
- 3) การใช้วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายวิธีเป็นความสามารถแก้ปัญหา
- 4) การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ เป็นความสามารถในการพิจารณาคำตอบหรือการแก้ปัญหาที่ได้ว่าเหมาะสม สอดคล้อง และสมเหตุสมผลเพียงใด และ
- 5) การขยายความคิดจากผลการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหาไปพิจารณาคิดต่อ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้เสนอการวัดประเมินความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 4 ด้าน คือ

- 1) ความเข้าใจปัญหา

- 2) การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา
- 3) การใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา
- 4) การสรุปคำตอบ

โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตาราง 1 ตัวอย่างการประเมินความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รายการการประเมิน	คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
1. ความเข้าใจปัญหา	3 (ดี)	- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง
	2 (พอใช้)	- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน
	1 (ต้องปรับปรุง)	- เข้าใจปัญหาน้อยมากหรือไม่เข้าใจปัญหา
2. การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา	3 (ดี)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และสอดคล้องกับปัญหา
	2 (พอใช้)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องแต่ยังไม่ยังไม่เหมาะสมหรือไม่
	1 (ต้องปรับปรุง)	- ครอบคลุมประเด็นของปัญหา - เลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้
3. การใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา	3 (ดี)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้อย่างถูกต้องและแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน
	2 (พอใช้)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้อย่างถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน
	1 (ต้องปรับปรุง)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา
4. การสรุปคำตอบ	3 (ดี)	- สรุปคำตอบได้ถูกต้อง สมบูรณ์
	2 (พอใช้)	- สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน หรือสรุปคำตอบไม่ครบถ้วน
	1 (ต้องปรับปรุง)	- ไม่มีการสรุปคำตอบ หรือสรุปคำตอบ ถูกต้อง

จากแนวทางการวัดและการประเมินผลความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แนวทางการวัด ผู้วิจัยสามารถระบุแนวทางประเมิน โดยปรับปรุงจากแนวทาง สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 4 ด้านได้ดังนี้

- 1) ความสามารถทำความเข้าใจกับปัญหา

- 2) ความสามารถวางแผนการแก้ปัญหา
- 3) ความสามารถดำเนินการแก้ปัญหา
- 4) ความสามารถการสรุปคำตอบ

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศไทย

นิตาวรรณ ทองไทย (2562) ได้ทำวิจัยเรื่องผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีต่อทักษะการ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในโรงเรียนขนาดเล็ก โดยมีจุดประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบทักษะการ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ 2) เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์กับ ผู้เรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 5 - 6 โรงเรียนขนาดเล็กแห่งหนึ่งในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา สิงห์บุรี จำนวน 24 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการ เก็บข้อมูล คือ แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน-หลังเรียน แบบบันทึกการสังเกต พฤติกรรมในการแก้ปัญหา และ แบบบันทึกการสัมภาษณ์แนวทางการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า 1) ผู้เรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่ สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะในการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนแตกต่างจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยคะแนนทักษะหลัง เรียนสูงกว่าก่อนเรียน 2) ผู้เรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่ สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะในการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์แตกต่างจากผู้เรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมี นัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยคะแนนทักษะผู้เรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม 3) ผู้เรียนที่ได้รับการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับความสามารถ ด้านมิติสัมพันธ์มีทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น โดยจากจบบกระบวนการวิจัย นิตาวรรณ ทองไทย ได้สะท้อนในข้อเสนอว่าแต่ละกิจกรรมนั้นควรเพิ่มมากขึ้นเพื่อผู้เรียนจะได้สร้าง กระบวนการคิดและแบบจำลองได้หลากหลายมากขึ้น

เกศินี เพ็ชรรุ่ง (2556) ได้วิจัยการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษา คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเพื่อส่งเสริมโน้ตทัศน์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทาง คณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียน บ้านนา “นายกพิทยากร” จำนวน 80 คน เป็นผู้เรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 40 คน และผู้เรียนกลุ่ม

ควบคุม จำนวน 40 คน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ผลคือผู้เรียนที่ใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงมีมโนทัศน์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากข้อเสนอแนะเกณนี้ เพ็ชรรุ่ง ให้สังเกตว่าจากขั้นตอนในงานวิจัยมีโอกาสที่วิจัยนี้สามารถพัฒนาทักษะอื่น ๆ คือ ทักษะการสื่อสารและทักษะการแก้ปัญหาได้หรือไม่

ชนิดา จำปาอ่อน (2562) ได้วิจัยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงเพื่อส่งเสริมความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น โดยมีจุดประสงค์ 3 ข้อคือ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ 2) เพื่อศึกษาพัฒนาการของความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ และได้ผลวิจัยคือ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยก่อนเรียนคือ 10.74 คะแนนและหลังเรียนคือ 23.43 คะแนน 2) พัฒนาการของความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้านคือ เข้าใจปัญหา การเลือกวิธีแก้ปัญหา การใช้วิธีการแก้ปัญหา และการสรุปคำตอบ ซึ่งด้านการสรุปคำตอบมีค่าเฉลี่ยการพัฒนามากที่สุดคือ 2.75 คะแนน และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียนเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง โดยภาพรวมมีค่า 3.99 ซึ่งอยู่ในระดับดีมากและในรายด้าน พบว่า ค่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทุกด้านเช่นกัน ประกอบด้วย ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ย 3.96 ด้านการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ย 3.93 และด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ย 4.10 หนึ่งในข้อเสนอแนะที่น่าสนใจสำหรับข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไปที่ผู้วิจัยนั้นเสนอไว้คือควรมีการศึกษาเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงกับการจัดการเรียนรู้จากชีวิตจริงที่เชื่อมโยงกับคณิตศาสตร์

จันทร์ ดิยะวงศ์ (2021) ได้วิจัยเรื่องผลของการเรียนการสอนออนไลน์ในเรื่องเส้นขนานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีจุดประสงค์เพื่อเพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนและหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 2) ศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนมหิศราธิปัตย์ อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 28 คน จัดการเรียนการ

สอนออนไลน์โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องเส้นขนาน โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกจำนวน 30 ข้อ และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ซึ่งเป็นมาตรวัดประเมินค่า 5 ระดับจำนวน 15 ข้อ ใช้การวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Design สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน และค่าสถิติทดสอบค่าที (t-test) ผลการวิจัย พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนออนไลน์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและก่อนเรียนคือ 35.07 และ 15.04 คะแนนตามลำดับ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 2) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนการสอนออนไลน์โดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยคือ 4.37 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.96 โดยผู้วิจัยได้นำเสนอข้อเสนอแนะว่าการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ที่หลากหลายนั้นส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนควรเปรียบเทียบกับวิธีการสอนแบบอื่น ๆ และศึกษาด้านทักษะกระบวนการด้วย

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Judah P. Makonye (2014) ได้วิจัยในหัวข้อเรื่อง การสอนฟังก์ชันโดยใช้คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง : มุมมองเชิงทฤษฎี (Teaching Functions Using a Realistic Mathematics Education Approach: A Theoretical Perspective) ที่กล่าวถึงวิธีพัฒนาแนวคิดของฟังก์ชันสำหรับผู้เรียนระดับมัธยมปลายผ่านการใช้แบบจำลองและรูปแบบต่างๆ ทางคำพูด ภาพ กราฟิก และสัญลักษณ์ คณิตศาสตร์เสมือนจริงแนวทางการศึกษาให้กรอบการทำงานที่เป็นแนวทางในการอภิปราย ใช้ปัญหาไม้ขีดไฟเป็นตัวอย่ง การแทนค่าหลายส่วนของแนวคิดฟังก์ชันที่มีอยู่ในนั้นจะถูกคำนวณทางคณิตศาสตร์ เป็นไปได้การเป็นตัวแทนของฟังก์ชันคือ; รูปแบบทางเรขาคณิต ตัวแปรอิสระ-ตาม ลำดับคู่ ปลาโตอะแกรม ลำดับตัวเลข (ลำดับกำลังสอง ลำดับเลขคณิต ลำดับเรขาคณิต) กราฟแท่งคู่กราฟบนระนาบคาร์ทีเซียนและสัญลักษณ์ฟังก์ชัน $f(x)$ เป็นที่ถกเถียงกันอยู่หลายประการว่าเริ่มต้นอย่างไม่เป็นทางการ แล้วค่อย ๆ ก้าวหน้าสู่ความเป็นทางการและนามธรรม ช่วยให้ผู้เรียนได้รับความเข้าใจในหน้าที่ของแนวคิดใหญ่ในวิชาคณิตศาสตร์ Judah เขียนในบทความวิจัยเสริมว่าควรให้ผู้เรียนมีเวลามากพอที่จะหารือเกี่ยวกับบริบทปัญหาที่เพื่อนร่วมงานเพื่อให้พวกเขาสามารถเห็นพ้องต้องกัน สิ่งนี้ถือว่าการพัฒนาทักษะที่สำคัญ

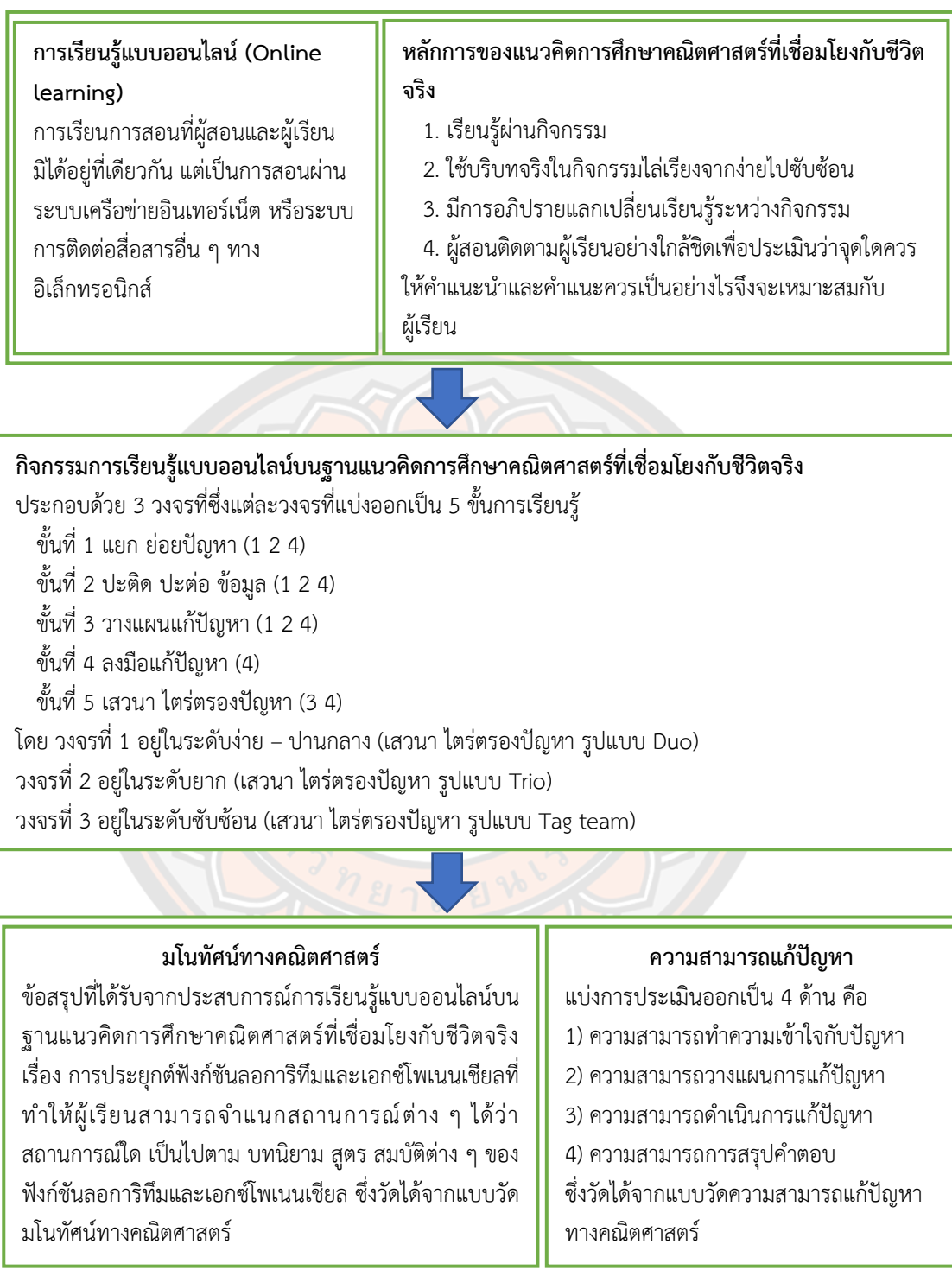
David C. Webb, Henk van der Kooij and Monica R. Geist (2011) ได้วิจัยการออกแบบการเรียนรู้ในเนเธอร์แลนด์: แนะนำเกี่ยวกับลอการิทึมในแนวทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (Design Research in the Netherlands: Introducing Logarithms Using Realistic Mathematics Education) โดยกิจกรรมจากหน่วยพัฒนานักศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับลอการิทึมถูกใช้เพื่อแสดงตัวอย่างหลักการออกแบบแนวทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ในกิจกรรมจะใช้บริบทกระตุ้น

ให้ผู้เรียนใช้เหตุผลแบบไม่เป็นทางการ(informal reasoning) ชุดการแสดงแทน(a series of representations) และคำถามซึ่งเป็นหัวใจหลัก(key questions) ทั้ง 3 อย่างถูกนำมาใช้เพื่อสร้างความเชื่อมโยงระหว่างการแสดงแทนคณิตศาสตร์อย่างไม่เป็นทางการแล้วจึงค่อยพัฒนาให้เป็นทางการมากขึ้นตามลำดับ ด้านความคิดเห็นของผู้เรียนและครูจากโครงการนำร่องในหลักสูตรพีชคณิตของวิทยาลัยในชุมชนสหรัฐอเมริกาที่ได้ร่วมกิจกรรมนี้ แนะนำว่าแนวทางนี้อาจเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนที่ยังเรียนคณิตศาสตร์แบบเดิม ๆ

Jinnie Choi and Alyssa Walters (2018) ได้ศึกษาผลกระทบของการสนทนาของกลุ่มย่อยในการเรียนแบบประสานเวลาในการเรียนออนไลน์วิชาคณิตศาสตร์ (Exploring the Impact of Small-Group Synchronous Discourse Sessions in Online Math Learning) ปัญหาที่เกิดขึ้นคือสภาพแวดล้อมที่มีเฉพาะการเรียนรู้แบบออนไลน์ทำให้ผู้เรียนถูกจำกัดการพูดคุยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแม้ว่าการสอนจะปรับให้มีวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นแต่วิธีการเหล่านั้นก็ยังไม่ได้ปรับเข้าหาวิชาคณิตศาสตร์มากพอที่จะทำให้เป็นการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบออนไลน์ ผู้วิจัยในงานวิจัยข้างต้นได้วิเคราะห์ข้อมูลแพลตฟอร์มออนไลน์จากโรงเรียนประถมศึกษาเสมือนจริงแบบออนไลน์สองแห่งในสหรัฐอเมริกาเพื่อตอบคำถามการวิจัย 2 ข้อ คือ 1) ในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ออนไลน์ การมีส่วนร่วมในการสนทนาทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการให้เหตุผลและการแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับความมั่นใจทางคณิตศาสตร์ การรับรู้ความสามารถของตนในวิชาคณิตศาสตร์และเจตคติทางคณิตศาสตร์หรือไม่ และ 2) การมีส่วนร่วมในการสนทนาทางคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับผลการเรียนคณิตศาสตร์หรือไม่ โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนในระดับโรงเรียนที่สมัครใจและใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแพลตฟอร์มออนไลน์ย้อนหลัง ผลการวิจัยพบว่า การเข้าร่วมการสนทนาทางคณิตศาสตร์ซ้ำกันหลายครั้งในหลักสูตรไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงความเชื่อมั่นทางคณิตศาสตร์ การรับรู้ความสามารถของตนในวิชาคณิตศาสตร์ และเจตคติทางคณิตศาสตร์ แต่การมีส่วนร่วมในกลุ่มสนทนาของนักเรียนที่สูงขึ้นนั้นส่งผลให้ชั้นท้ายสุดผลการเรียนและผลการประเมินสถานะทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศและต่างประเทศสรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความสามารถแก้ปัญหาของผู้เรียน หากดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ต่าง ๆ และใช้ฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงที่ประกอบด้วยหลัก 4 ประการ คือ 1) เรียนรู้ผ่านกิจกรรม 2) ใช้บริบทจริงในกิจกรรมใกล้เคียงจากง่ายไปซับซ้อน 3) มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม และ 4) ผู้สอนติดตามผู้เรียนอย่างใกล้ชิดเพื่อประเมินว่าจุดใดควรให้คำแนะนำและคำแนะนำควรเป็นอย่างไรจึงจะเหมาะสมกับผู้เรียน จะสามารถเสริมสร้างมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ให้แก่ผู้เรียนอีกทั้งได้เรียนรู้การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เสริมสร้างความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยดังภาพที่ 1

7. กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพ 1 กรอบแนวคิดในการดำเนินการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการการเสริมสร้างมโนทัศน์ และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. การศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 2. การออกแบบการวิจัย
 3. การกำหนดผู้เข้าร่วมวิจัย
 4. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
 - 4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองปฏิบัติ
 - 4.2 เครื่องมือที่ใช้สะท้อนผลการปฏิบัติ
 - 4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้
 5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
 6. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย
 7. การวิเคราะห์ข้อมูล
 8. สถิติใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
- โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศเพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการทำวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศเกี่ยวกับแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง กิจกรรมการเรียนรู้ มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการปฏิบัติการวิจัย
2. ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
3. ศึกษาเอกสาร ตำรา ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต เกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ การสร้างเครื่องมือในการวิจัย วิธีการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การออกแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแบบของ Schmuck, R. (2006) ซึ่งดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติการที่ต่อเนื่องกัน แต่ละวงจรประกอบด้วย ขั้นตอนวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Act) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) ตามลำดับ ดำเนินการวิจัยทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ โดยเมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มาถึงขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากขั้นข้างต้นมาสรุปเป็นแนวทางจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นวางแผนในวงจรปฏิบัติการถัดไปจนครบจำนวนวงจรปฏิบัติการที่กำหนด ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act)

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

การกำหนดผู้เข้าร่วมวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (แผนการเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ - หองปกติ) โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในเขตภาคเหนือตอนล่าง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ 4 จำนวน 34 คน โดยบริบทของผู้เรียนคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (แผนการเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ - หองปกติ) ของโรงเรียนแห่งนี้มีทั้งหมด 5 ห้องเรียน แต่ละห้องเรียนมีนักเรียนจำนวน 30 ถึง 40 คน ซึ่งผลระดับผลการเรียนในทุกห้องเรียน ดังนั้นผู้เรียนแต่ละห้องจึงมีความเท่าเทียมกัน

การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยแสดงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการวิจัยในแต่ละข้อดังตารางที่ 2

ตาราง 2 ตารางแสดงจุดมุ่งหมายของการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

จุดมุ่งหมายของการวิจัย	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	- แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

ตาราง 2 (ต่อ) ตารางแสดงจุดมุ่งหมายของการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

จุดมุ่งหมายของการวิจัย	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
2. เพื่อศึกษาผลการเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง	
2.1 เปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง	- แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
2.2 เปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงกับเกณฑ์ร้อยละ 70	- แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
2.3 เปรียบเทียบความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง	- แบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
2.4 เปรียบเทียบความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง กับเกณฑ์ร้อยละ 70	- แบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยแสดงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองปฏิบัติ ได้แก่ แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้
2. เครื่องมือที่ใช้สะท้อนผลการปฏิบัติ ได้แก่ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่บันทึกโดยผู้วิจัย และ ผู้สังเกตการณ์

3. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้แก่ แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และ แบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยมีกระบวนการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองปฏิบัติ ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 สัปดาห์ มีขั้นตอนการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1.1.1 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังนี้ 1) เป้าหมายหลักสูตร 2) เรียนรู้อะไรในคณิตศาสตร์ 3) สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ 4) ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์ในการเรียนคณิตศาสตร์ 6) คุณภาพผู้เรียน 7) ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 8) สาระคณิตศาสตร์เพิ่มเติม 9) ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม 10) การวัดประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 11) การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ ประกอบด้วย การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับผู้เรียนทั่วไปและการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับผู้เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์

1.1.2 ศึกษาเนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม จากเอกสารประกอบการสอน ตำราเรียน ตำราต่างประเทศ และเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

1.1.3 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และหลักการเกี่ยวกับกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

1.1.4 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปประยุกต์สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

1.1.5 จัดทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง ดังตาราง 3

ตาราง 3 ตารางแสดงลำดับวงจรปฏิบัติการ เนื้อหา แผนกิจกรรมการเรียนรู้และจำนวนชั่วโมงการจัดการเรียนรู้

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผนการ จัดการ เรียนรู้ที่	เนื้อหา	ชื่อแผนการ จัดกิจกรรม การเรียนรู้	กิจกรรม	หลักการ RME	ความสามารถ แก้ปัญหา	จำนวน ชั่วโมง
1	1	การประยุกต์ ฟังก์ชันเอกซ์ โพเนนเชียล และฟังก์ชัน ลอการิทึม	สถานการณ์ที่ 1 อาหารเป็นพิษ จากแบคทีเรีย C. perfringens	กิจกรรมที่ 1 แยกย่อยปัญหา	ข้อ 1 2 และ 4	ความสามารถทำความเข้าใจกับปัญหา	1
				กิจกรรมที่ 2 ประติด ประต่อ ข้อมูล	ข้อ 1 2 และ 4	เข้าใจกับปัญหา	
				กิจกรรมที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา	ข้อ 1 2 และ 4	ความสามารถวางแผน การแก้ปัญหา	1
				กิจกรรมที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา	ข้อ 4	ความสามารถดำเนินการ แก้ปัญหา	1
				กิจกรรมที่ 5 เเสวนา ไตร่ตรอง ปัญหา	ข้อ 3 และ 4	ความสามารถการสรุป คำตอบ	1
2	2		สถานการณ์ที่ 2 เสียงดังรบกวน	กิจกรรมที่ 1 แยกย่อยปัญหา	ข้อ 1 2 และ 4	ความสามารถทำความเข้าใจกับปัญหา	1
				กิจกรรมที่ 2 ประติด ประต่อ ข้อมูล	ข้อ 1 2 และ 4	เข้าใจกับปัญหา	
				กิจกรรมที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา	ข้อ 1 2 และ 4	ความสามารถวางแผน การแก้ปัญหา	1
				กิจกรรมที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา	ข้อ 4	ความสามารถดำเนินการ แก้ปัญหา	1
				กิจกรรมที่ 5 เเสวนา ไตร่ตรอง ปัญหา	ข้อ 3 และ 4	ความสามารถการสรุป คำตอบ	1

ตาราง 3 (ต่อ) ตารางแสดงลำดับวงจรปฏิบัติการ เนื้อหา แผนกิจกรรมการเรียนรู้และจำนวนชั่วโมงการจัดการเรียนรู้

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผนการ จัดการ เรียนรู้ที่	เนื้อหา	ชื่อแผนการ จัดกิจกรรม การเรียนรู้	กิจกรรม	หลักการ RME	ความสามารถ แก้ปัญหา	จำนวน ชั่วโมง
3	การประยุกต์ ฟังก์ชันเอกซ์ โพเนนเชียล และฟังก์ชัน ลอการิทึม	สถานการณ์ที่ 3 อาหารบนเบื่อน สารกัมมันตรังสี	กิจกรรมที่ 1 แยกย่อยปัญหา	ข้อ 1 2 และ 4	ความสามารถทำความเข้าใจกับปัญหา	1	
			กิจกรรมที่ 2 ประดิษฐ์ต่อ	ข้อ 1 2 และ 4	เข้าใจกับปัญหา		
			กิจกรรมที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา	ข้อ 1 2 และ 4	ความสามารถวางแผน การแก้ปัญหา	1	
			กิจกรรมที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา	ข้อ 4	ความสามารถดำเนินการ แก้ปัญหา	1	
			กิจกรรมที่ 5 เสวนา ไตร่ตรอง ปัญหา	ข้อ 3 และ 4	ความสามารถการสรุป คำตอบ	1	
รวม							12

หลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง (RME)

1. เรียนรู้ผ่านกิจกรรม
3. มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม
2. ใช้บริบทจริงในกิจกรรมไม่เรียงจากง่ายไปซับซ้อน
4. ผู้สอนติดตามผู้เรียนอย่างใกล้ชิดเพื่อประเมินว่าจุดใดควรให้คำแนะนำ

โดยแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยองค์ประกอบ ดังนี้

1. ผลการเรียนรู้
2. จุดประสงค์การเรียนรู้
3. สาระสำคัญ
4. สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
5. กิจกรรมการเรียนรู้
6. สื่อการเรียนรู้
7. แหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติม
8. การวัดและการประเมินผล
9. แบบบันทึกผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.1.6 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษา คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบจำนวน 3 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เสนอ ต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน

- 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์
- 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ศึกษา
- 3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมปลาย

เพื่อพิจารณาและตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 ด้าน คือ ด้าน สาระสำคัญ ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านสาระการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อ และด้านการวัดประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งแบบประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้สร้างขึ้นเป็นแบบ มาตรฐานประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีการประมาณค่าของ Likert โดยกำหนดคะแนน คะแนนของระดับความคิดเห็นแต่ละช่วง คือ

ระดับ 5 คะแนน หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

ระดับ 4 คะแนน หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดี

ระดับ 3 คะแนน หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 2 คะแนน หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับพอใช้

ระดับ 1 คะแนน หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับต้องปรับปรุง

จากนั้นจึงนำคะแนนที่ได้รับจากการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน มาหาค่าเฉลี่ยโดยการแปลความหมายจากข้อมูลได้ดังนี้

ระดับ 4.50 – 5.00 คะแนน หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

ระดับ 3.50 – 4.49 คะแนน หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดี

ระดับ 2.50 – 3.49 คะแนน หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 1.50 – 2.49 คะแนน หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับพอใช้

ระดับ 1.00 – 1.49 คะแนน หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับต้องปรับปรุง

โดยมีผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

ตาราง 4 ตารางแสดงผลการประเมินแผนการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญ	การประเมินผล					ด้านการวัดและประเมินผล การเรียนรู้
	ด้านสาระสำคัญ	ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้	ด้านสาระการเรียนรู้	ด้านกิจกรรมการเรียนรู้	ด้านสื่อ	
ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา คณิตศาสตร์	5	5	5	5	5	5
ผู้เชี่ยวชาญด้าน คณิตศาสตร์ ศึกษา	4	4.67	3.67	4.63	4.67	2.67
ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน คณิตศาสตร์ ระดับมัธยม ปลาย	5	4.33	5	4.25	4.33	4
ค่าเฉลี่ย	4.67	4.67	4.56	4.63	4.67	3.89

ซึ่งผลการประเมินแผนกิจกรรมการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ด้านสรุปได้ดังนี้ 1) ด้านสาระสำคัญได้ค่าเฉลี่ย 4.67 อยู่ในระดับดีมาก 2) ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ค่าเฉลี่ย 4.67 อยู่ในระดับดีมาก 3) ด้านสาระการเรียนรู้ได้ค่าเฉลี่ย 4.56 อยู่ในระดับดีมาก 4) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ได้ค่าเฉลี่ย 4.63 อยู่ในระดับดีมาก 5) ด้านสื่อได้ค่าเฉลี่ย 4.67 อยู่ในระดับดีมาก และ 6) ด้านวัดและประเมินผลการเรียนรู้ได้ค่าเฉลี่ย 3.89 อยู่ในระดับดี

และข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน สามารถสรุปได้ ดังนี้

ตาราง 5 ตารางแสดงข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแผนการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้

การพิจารณา	ข้อเสนอแนะ
ด้านสาระสำคัญ	-
ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้	ทบทวนจุดประสงค์การเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละสถานการณ์
ด้านสาระการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้สามารถปรับให้สอดคล้องกับกิจกรรมได้มากกว่านี้

ตาราง 5 (ต่อ) ตารางแสดงข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การพิจารณา	ข้อเสนอแนะ
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้	<p>- ในขณะที่นักเรียนตอบคำถามตามความคิดเห็นผ่านข้อความการประชุม (Meeting chat) ในขั้นที่ 2 นั้นนักเรียนสามารถมีส่วนร่วมโดยการเปิดไมค์ตอบเพื่อให้บรรยากาศในชั้นเรียนไม่เงียบเหงาเกินไป ระหว่างนั้นครูสามารถจับประเด็นที่ได้จากนักเรียนมาเขียนแสดงบนหน้าจอได้ โดยกระตุ้นด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่ง</p> <p>- มโนทัศน์ในสาระการเรียนรู้สามารถนำมาใช้เป็นฐานความรู้ในการจัดกิจกรรมได้</p> <p>- กิจกรรมมีความน่าสนใจ ควรเพิ่มเติมและเน้นการเชื่อมต่อแต่ละขั้น</p>
ด้านสื่อ	-
ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	การวัดผลด้านกระบวนการ สามารถวัดจากกิจกรรมที่ 5 ได้ ในกรณีที่กิจกรรมที่ 4 นักเรียนทำมาผิดพลาดสามารถนำนักเรียนสะท้อนผลในกิจกรรมที่ 5 มาประกอบการวัดได้

1.1.7 สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนในขั้นต่อไป

2. เครื่องมือที่ใช้สะท้อนผลการปฏิบัติ

2.1 แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยจะบันทึกประเด็นปัญหา อุปสรรค ลักษณะของคำถามที่เหมาะสม และข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการในขั้นถัดไป ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

2.1.1 กำหนดขอบเขตการบันทึกการสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2.1.2 สร้างแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีลักษณะเป็นแบบบันทึกชนิดกิ่งโครงสร้าง โดยบันทึกประเด็นตามขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ปัญหา อุปสรรค ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางปรับปรุงแก้ไข พฤติกรรมของผู้เรียนที่ระบุดังถึงความสามารถด้านการแก้ปัญหา และพฤติกรรมนั้นเกิดจากพฤติกรรมใดของผู้สอน

2.1.3 นำแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ดังนี้

- 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์
- 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ศึกษา

3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมปลาย

2.1.4 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ไปใช้บันทึกข้อมูลจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

3. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ โดยมีเครื่องมือดังนี้

3.1 แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ สร้างขึ้นเพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม เมื่อสิ้นสุดแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ซึ่งมีรูปแบบเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ ประกอบด้วย

1) แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

2) แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียน

โดยมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.1.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์จากเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดกรอบแนวคิดและรูปแบบที่เหมาะสมในการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

3.1.2 ศึกษาเนื้อหา เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ที่จะนำมาใช้วัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์จากหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3.1.3 สร้างตารางกำหนดโครงสร้างของแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้
ตาราง 6 วิเคราะห์แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม

มโนทัศน์	จำนวน(ข้อ)
1. ลักษณะของกราฟฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล	6
2. ลักษณะของกราฟฟังก์ชันลอการิทึม	6
3. การแก้สมการเอกซ์โพเนนเชียล	6
4. การแก้สมการลอการิทึม	6
รวม	24

3.1.4 สร้างแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 24 ข้อ โดยมีเกณฑ์การตรวจ คือ คำตอบที่ถูกต้องให้ข้อละ 1 คะแนน และคำตอบที่ไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบให้ข้อละ 0 คะแนน

3.1.5 นำแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบและมอบคำแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไข

3.1.6 นำแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ประเมินความตรงและความเหมาะสมของเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษา พร้อมทั้งคำเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะ ดังนี้

1) ข้อ 1 และ 2 ลักษณะเหมือนกัน ลักษณะคำตอบตัวเลือกที่ 3 สามารถตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

2) ข้อที่ 3 และ 4 ลักษณะเหมือนกัน แนะนำว่าหากต้องการทดสอบว่านักเรียนสามารถดูกราฟและแสดงสมการได้หรือไม่ อาจเริ่มจากกราฟที่ไม่มีค่าคงที่ หรืออาจจะมาจากภาพเดียวกันรวมทุกกราฟ และ ป้าย (label) กราฟ a, b, c แล้วถามสมการแต่ละกราฟก็ได้

3) ข้อ 7 และ 8 ลักษณะเหมือนกัน การกำหนดกราฟของฟังก์ชันลอการิทึมหลาย ๆ อันสามารถช่วยวัดความเข้าใจนักเรียนได้อย่างดี

4) ข้อเสนอแนะสำหรับทุกข้อที่มีการใช้กราฟ อยากรู้ให้ผู้วิจัยทำแกน และ มาตรฐานส่วน (scale) ที่ชัดเจนมากขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนสังเกตได้ง่าย

5) ข้อ 16, 17, 23 และ 24 เพิ่มเติมประโยคจาก “ข้อใดคือ x ” เป็น “ข้อใดคือค่าของ x ที่สอดคล้อง”

3.1.7 นำแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญและมีค่าความตรง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จำนวน 24 ข้อ ไปทดลองกับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (แผนการเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ - ห้องปกติ) โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในเขตภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 30 คน ซึ่งเรียนเรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกโพเนนเชียลและลอการิทึม มาแล้ว นำมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด

3.1.8 นำคะแนนจากข้อ 3.1.7 มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงของแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรมตรวจข้อสอบ วิเคราะห์ข้อสอบ และวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ที่พัฒนาโดย รองศาสตราจารย์ ดร. ปกรณ์ ประจันบาน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2552 ที่อ้างอิงใช้สูตรของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน 20 (Kuder – Richardson – 20 : KR - 20) โดยมีเกณฑ์เที่ยงตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป ค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่า 0.20 ขึ้นไป

3.1.9 เลือกข้อสอบที่มีค่าความเที่ยง ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่กำหนด และครอบคลุมตามโครงสร้างแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์จำนวน 12 ข้อ สำหรับ

1) แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

2) แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียน

ซึ่งแบบทดสอบทั้งสองชุดมีความเท่าเทียมกันในด้านเนื้อหาและระดับความยาก โดยทั้งสองฉบับใช้การสลับลำดับข้อและตัวเลือก ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

ค่าความเที่ยง	0.81
ค่าความยากง่าย (p)	0.2 ถึง 0.8
ค่าอำนาจจำแนก (r)	0.36 ถึง 0.72

3.1.10 นำแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ใ้ใช้กับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัย

3.2 แบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สร้างขึ้นเพื่อใช้ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม เป็นแบบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ซึ่งประกอบด้วย 4 ข้อย่อยรวมเป็น 24 ข้อ ประกอบด้วย

- 1) แบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน
- 2) แบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน

โดยมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.2.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดกรอบแนวคิดและรูปแบบที่เหมาะสมในการสร้างแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3.1.2 ศึกษาเนื้อหา เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ที่จะนำมาใช้วัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3.1.3 สร้างตารางกำหนดโครงสร้างของแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ตาราง 7 วิเคราะห์แบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม

ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	จำนวน(ข้อ)
ด้านที่ 1 ความสามารถทำความเข้าใจกับปัญหา	6
ด้านที่ 2 ความสามารถวางแผนการแก้ปัญหา	6
ด้านที่ 3 ความสามารถดำเนินการแก้ปัญหา	6
ด้านที่ 4 ความสามารถการสรุปคำตอบ	6
รวม	24

3.1.4 กำหนดกรอบสร้างแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระบุการวัดไว้ 4 ด้าน ดังนี้

- ด้านที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา
- ด้านที่ 2 การวางแผน
- ด้านที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา
- ด้านที่ 4 การตรวจสอบ

3.1.5 นำแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่สร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษา ตรวจสอบ และมอบคำแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไข

3.1.6 นำแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่ปรับปรุงตามคำแนะนำ ของอาจารย์ที่ปรึกษาเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ประเมินความตรงและความเหมาะสมของ เนื้อหา ความเหมาะสมของภาษา พร้อมทั้งคำแนะนำเพิ่มเติม เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขซึ่งผู้เชี่ยวชาญ ได้เสนอแนะ ดังนี้

1) แนะนำให้แบบทดสอบต่างจากแผนการจัดการเรียนรู้ โดยอาจมีการต่อยอดจาก แผนการจัดการเรียนรู้ได้บ้างเล็กน้อย แต่หากสำหรับการทดสอบหลังเรียน ควรจะเป็นสถานการณ์ที่ แตกต่างจากกิจกรรมการเรียนรู้

2) ขอแนะนำหากสถานการณ์ที่ 1 และ 2 สามารถรวมสถานการณ์อาหารหลายชนิด ว่า ไม่ควรวางในสถานะที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเป็นระยะเกินกว่าระยะเวลาเท่าไร อย่างไร สามารถเป็นไปได้หรือไม่

3) เพิ่มเติมสถานการณ์ข้อที่ 5 อาจกำหนดสถานการณ์อยู่บริเวณในไซต์งานก่อสร้าง นักเรียนอาจจะได้รับความรู้สึกถึงความตึงตังได้ง่ายกว่า

3.1.7 นำแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านการพิจารณาจาก ผู้เชี่ยวชาญและมีค่าความตรง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ไปทดลองกับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (แผนการเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ - หอพักติ) โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในเขต ภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 30 คน ซึ่งเรียนเรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกโพเนนเชียลและลอการิทึม มาแล้ว นำมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด

3.1.8 นำคะแนนจากข้อ 3.1.7 มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงของแบบวัด ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรมตรวจและวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ โดยวิธีหาค่าดัชนีจำแนก B การวิเคราะห์ข้อสอบอัตนัยและแบบสอบถาม Rating Scale (B – Index & Non 0 – 1 method Item Analysis Program) ที่อ้างอิงการใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) โดยมีเกณฑ์เที่ยงตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป ค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่า 0.20 ขึ้นไป

3.1.9 เลือกข้อสอบที่มีค่าความเที่ยง ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกใกล้เคียง กับเกณฑ์ที่กำหนด และครอบคลุมตามโครงสร้างแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ ซึ่งประกอบด้วย 4 ข้อย่อย แบ่งเป็น

1) แบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

2) แบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน

ซึ่งแบบทดสอบทั้งสองชุดมีความเท่าเทียมกันในด้านเนื้อหาและระดับความยาก โดย ทั้งสองฉบับใช้การสลับลำดับข้อ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

ค่าความเที่ยง

0.937

ค่าความยากง่าย (p) 0.66 ถึง 0.80

ค่าอำนาจจำแนก (r) 0.25 ถึง 0.68

3.1.10 นำแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้กับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ประเมินทิศและชี้แจงจุดประสงค์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนที่เป็นผู้เข้าร่วมวิจัย

2. ก่อนดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะทดสอบผู้เรียนโดยทำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ก่อนเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน โดยใช้เวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง

3. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวความคิดศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์ และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในชั่วโมงการปกติของโรงเรียน โดยใช้เวลาการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง

4. ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้บันทึกผลการสังเกตพฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ลงในแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

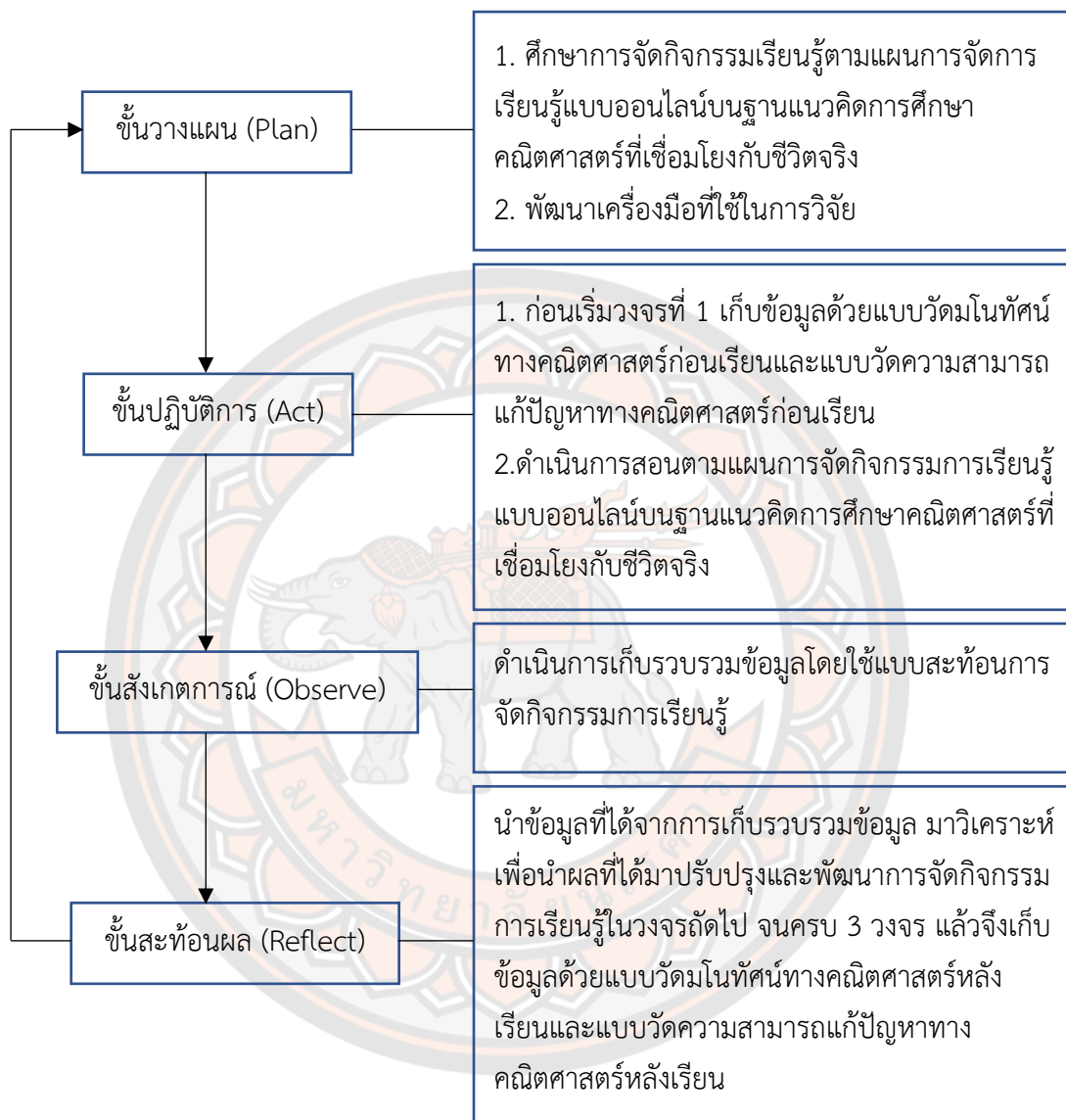
5. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะนำผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มอบให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อนำผลสะท้อนนั้นไปปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งถัดไป

6. เมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้งสามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะทดสอบผู้เรียนโดยทำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์หลังเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน โดยใช้เวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง

7. นำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังแผนภาพ ดังนี้



ภาพ 2 แสดงขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ที่มา : พัชรินทร์ ชุกกลีน, 2554

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำคะแนนที่ได้จากแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังเรียน มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ชุดโปรแกรมช่วยการวิเคราะห์งานวิจัยทางการศึกษา ที่พัฒนาโดย รองศาสตราจารย์ ดร. ประจักษ์ ประจักษ์บาน มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2541 และเพิ่มเติมโดย นายศักดิ์สิทธิ์ วัชรารัตน์ วิทยาลัยสารพัดช่างพิษณุโลก สำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษา, 2552 ดังนี้

1. เปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงจากแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์โดยนำมาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t - test for dependent sample)

2. เปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงกับเกณฑ์ร้อยละ 70 จากแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์โดยนำมาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t - test for sample)

3. เปรียบเทียบความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงจากแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยนำมาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t - test for dependent sample)

4. เปรียบเทียบความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง กับเกณฑ์ร้อยละ 70 จากแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยนำมาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t - test for sample)

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของแผนการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง แบบวัดมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Validity) โดยใช้สูตร

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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์
 $\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
 N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2. สถิติที่ใช้หาคุณภาพของแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าความเที่ยง ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกใช้โปรแกรมตรวจข้อสอบ วิเคราะห์ข้อสอบ และวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ที่พัฒนาโดย รองศาสตราจารย์ ดร. ปกรณ์ ประจันบาน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2552

3. สถิติที่ใช้หาคุณภาพของแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าความเที่ยง ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ใช้โปรแกรมตรวจและวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ โดยวิธีหาค่าดัชนีจำแนก B การวิเคราะห์ข้อสอบอัตนัยและแบบสอบถาม Rating Scale (B – Index & Non 0 – 1 method Item Analysis Program)

4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน วิเคราะห์ค่าที (t - test) ด้วยชุดโปรแกรมช่วยการวิเคราะห์งานวิจัยทางการศึกษา ที่พัฒนาโดย รองศาสตราจารย์ ดร. ปกรณ์ ประจันบาน มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2541 และเพิ่มเติมโดย นายศักดิ์สิทธิ์ วัชรรัตน์ วิทยาลัยสารพัดช่างพิษณุโลก สำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษา, 2552

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเสริมสร้างมโนทัศน์ และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง แบ่งออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 2 ผลการเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ประกอบด้วย

- ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง
- ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงกับเกณฑ์ร้อยละ 70
- ผลการเปรียบเทียบความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง
- ผลการเปรียบเทียบความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษา
คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทาง
คณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4

งานวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ในวงจร
ปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 แต่ละวงจรปฏิบัติการประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน
(Planning) ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Acting) ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observing) และ ขั้นที่ 4 ขั้น
สะท้อนผล (Reflecting) โดยการดำเนินแต่ละวงจรจะใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบ
ออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และ
ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนละ 1 วงจรปฏิบัติการ รวมเป็นจำนวน 3 แผนการจัดการ
เรียนรู้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

การดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีลักษณะการดำเนินการจัดการ
เรียนรู้ ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Planning)

1. การเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยออกแบบและวางแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบ
ออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และ
ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้งหมด 3 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 12 ชั่วโมง โดยแต่ละแผน
ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 แยกย่อยปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 ปะติดปะต่อ ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 5 เสวนา ไตร่ตรองปัญหา

ซึ่งรายละเอียดของ 3 แผนการจัดการเรียนรู้มีดังนี้

- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 สถานการณ์ที่ 1 อาหารเป็นพิษจากแบคทีเรีย

C. perfringens จำนวน 4 ชั่วโมง

- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 สถานการณ์ที่ 2 เสียงดังรบกวน จำนวน 4 ชั่วโมง

- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สถานการณ์ที่ 3 อาหารปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี

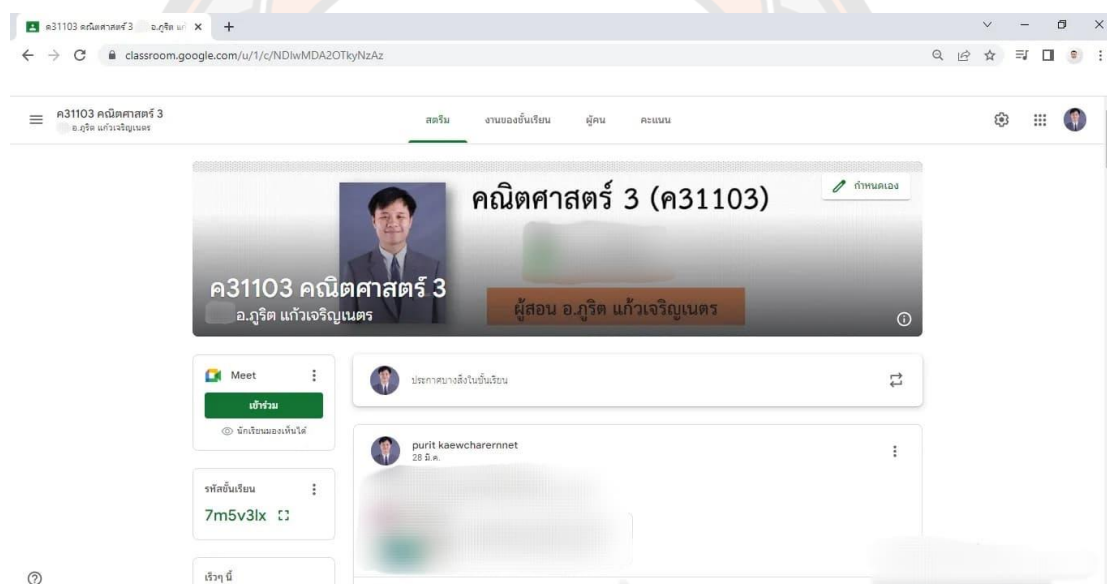
จำนวน 4 ชั่วโมง

2. การเตรียมเอกสาร

ผู้วิจัยจัดเตรียมเอกสารโดยจำแนกเป็น 3 ส่วน คือ 1) เอกสารสำหรับผู้วิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ 2) เอกสารสำหรับผู้สังเกตการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และ 3) เอกสารสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย หรือนักเรียนโดยอัปโหลดผ่านระบบ Google Classroom ห้องผู้เข้าร่วมวิจัยหรือห้องนักเรียน ประกอบด้วยใบกิจกรรม แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ในฉบับออนไลน์

3. การเตรียมโปรแกรมสำหรับการจัดการเรียนรู้ออนไลน์

สำหรับการเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ใช้การประชุมทางวิดีโอผ่าน Google Meet โดยเป็นลิงก์ Google Meet นั้นจะถูกสร้างขึ้นใน Google Classroom ห้องผู้เข้าร่วมวิจัยหรือห้องนักเรียน ซึ่งสามารถกดเข้าร่วมได้ทันที



ภาพ 3 หน้าต่าง Google Classroom ที่สร้างลิงก์ Google Meet ขึ้นมาแล้ว

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Acting)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 สถานการณ์ที่ 1 อาหารเป็นพิษจากแบคทีเรีย C. perfringens จำนวน 4 ชั่วโมง ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

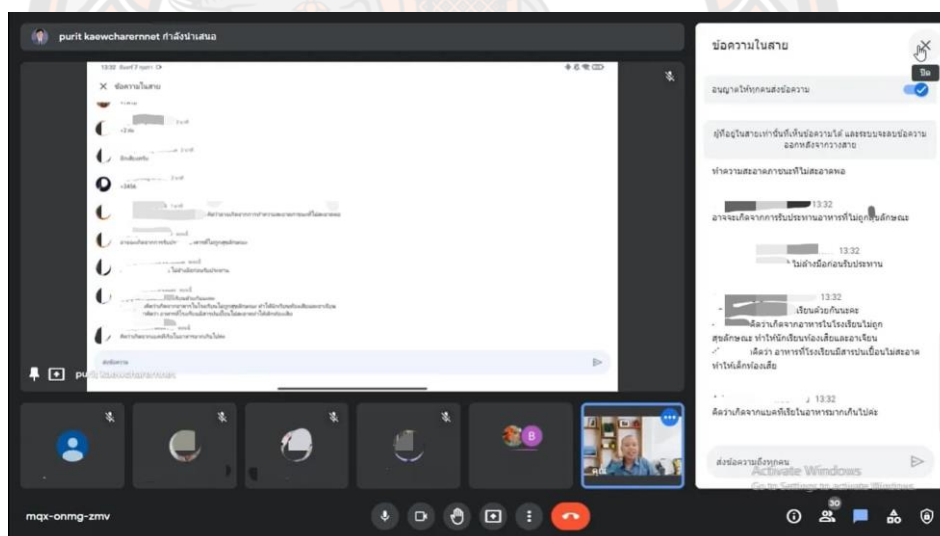
ขั้นตอนที่ 1 แยก ย่อยปัญหา

ขั้นนี้ครูเสนอประเด็นปัญหาอาหารเป็นพิษจากวิดีโอ โดยการแชร์วิดีโอผ่าน Google Meet และกระตุ้นให้นักเรียนคิดหรือสันนิษฐานถึงสาเหตุของอาหารเป็นพิษที่เกิดขึ้นในวิดีโอ โดยเมื่อนักเรียนใคร่ครวญแล้วจึงนำความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานนั้นเขียนลงในข้อความการประชุม (Meeting chat) ในช่วงสุดท้ายของขั้นครูเรียบเรียงความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานของนักเรียนเพื่อ

พูดคุยโต้ตอบในประเด็นที่นักเรียนนำเสนอ โดยความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานที่นักเรียนที่พูดถึงอาหารเป็นพิษจากแบคทีเรียจะเป็นความคิดเห็นสุดท้ายที่ครูหยิบยกมาพูดถึง



ภาพ 4 ตัวอย่างภาพนิ่งจากวิดีโอที่นำเสนอสถานการณ์ปัญหาอาหารเป็นพิษ



ภาพ 5 การเขียนความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานประเด็นปัญหาอาหารเป็นพิษลงในข้อความการประชุม (Meeting chat)

ขั้นตอนที่ 2 ปะติด ปะต่อ ข้อมูล

ช่วงต้นของชั้นนักเรียนสังเกตการแบ่งตัวของแบคทีเรียโดยทั่วไปผ่านวิดีโอ Bacteria Growth และตอบคำถามว่าลักษณะการแบ่งของแบคทีเรียเป็นอย่างไรตามความคิดผ่านข้อความการประชุม (Meeting chat) โดยครูเรียบเรียงคำตอบของนักเรียนโดยยกคำตอบของนักเรียนที่ถูกต้องขึ้นมาอธิบาย ประกอบการเปิดคลิปวิดีโออีกครั้ง ต่อมาครูจึงตั้งคำถาม

ท้าทายกับนักเรียนต่อว่า “หากนำแบคทีเรียจำนวน 100 ตัว ใส่ลงไปในการเลี้ยงเชื้อที่เป็นของเหลว แล้วจัดสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ออกซิเจน ให้เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรานั้นแล้ว นักเรียนคิดว่าแบคทีเรานั้นแบ่งตัวได้อย่างไร จะแบ่งตัวครึ่ง ๆ ไปเรื่อย ๆ หรือไม่” ซึ่งนักเรียนจะตอบคำถามนี้ผ่านข้อความการประชุม (Meeting chat) เพื่อในช่วงท้ายของชั้นครูนำคำตอบที่ได้มาวิพากษ์ถูก/ผิด เพื่อตั้งฐานให้นักเรียนมีพื้นฐานความคิดที่ถูกต้องก่อนการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ปัญหาในขั้นต่อไป



ภาพ 6 ภาพนิ่งจากวิดีโอ Bacteria Growth

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

ขั้นนี้นักเรียนวางแผนแก้สถานการณ์ปัญหาด้วยตนเอง โดยใคร่ครวญคำถาม 2 ข้อ คือ 1) ในสภาวะที่เหมาะสมกับการแบ่งตัวแบคทีเรีย *Clostridium perfringens* ลักษณะกราฟการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะเป็นอย่างไร และ 2) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 พ.ศ. 2563 ผลิตภัณฑ์ไข่เยี่ยวม้า ต้องมี *Clostridium perfringens* ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g) หากมี *Clostridium perfringens* ในไข่เยี่ยวม้า 23 CFU/g แล้วนำไข่นั้นไปไว้ในที่เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรียแล้วจะใช้เวลาานเท่าไร ที่ *Clostridium perfringens* จะเกิน 100 CFU/g และระบุสิ่งที่จำเป็นสำหรับการแก้สถานการณ์ปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา

ขั้นนี้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาต่อจากขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา โดยครูเตรียมตัวบน Google Meet สำหรับให้คำปรึกษากับนักเรียนที่ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้ และช่วยเหลือผ่านการชี้แนะแนวทาง กระตุ้นความคิดด้วยคำถาม หลังจากจบขั้นตอนนี้ก่อนขึ้นขั้นตอนต่อไปครูจะประมวลวิธีการแก้ปัญหานักเรียนทั้งหมด เรียบเรียงวิธีการแก้ปัญหานั้นที่แตกต่างกันและแยกวิธีการที่ผิดและถูกเพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 เสวนา ไตร่ตรองปัญหา ในรูปแบบ Duo

ขั้นนี้ครูจะแบ่งให้นักเรียนจับคู่กัน (Duo) คือให้นักเรียนที่มีวิธีการแก้ปัญหถูกและผิดจับคู่กัน สร้างลิงก์ห้องแยก Google Meet ให้นักเรียนกดเข้าได้เองโดยแชร์ผ่าน Google Sheet โดยนักเรียนแต่ละคู่สนทนาแลกเปลี่ยนเพื่อตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหารวมถึง

ความถูกต้องคำตอบของตน ผ่าน 2 คำถาม คือ 1) การดำเนินการแก้ปัญหาของตนถูกต้องหรือไม่ และ 2) การดำเนินการแก้ปัญหาของทั้งตนต่างจากคู่ (Duo) อย่างไร ในช่วงสุดท้ายของชั้นครูหิบบก การดำเนินการแก้ปัญหาทั้งถูกและผิดมาสะท้อนผลแก่นักเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observing)

ขั้นสังเกตการณ์ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ร่วมกันสังเกตและจดบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ ลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยสังเกตว่ากิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ข้อใด ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หรือไม่ ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาหรือไม่ และเก็บรวบรวมปัญหาและอุปสรรค แนวทางในการปรับปรุงและข้อเสนอแนะในการจัดการกรรรมการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 แยก ย่อยปัญหา

ในขั้นนี้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 3 ข้อ คือ เรียนรู้ผ่านกิจกรรม ใช้บริบทจริงในกิจกรรมไล่เรียงจากง่ายไปซับซ้อนและมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม

ในขั้นนี้ไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์แต่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถทำความเข้าใจปัญหาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา

ปัญหาและอุปสรรคที่พบในชั้นเรียนคือการตอบโต้ของนักเรียนผ่านช่องทางสนทนาในโปรแกรม Google Meet สามารถทำให้ครูมองการแยกย่อยปัญหาของนักเรียนได้เป็นอย่างดี สามารถให้หิบบกการตอบโต้ขึ้นมาเป็นประเด็นในการพูดคุยได้แต่ไม่สามารถเห็นภาพรวมของคำตอบและตรวจสอบว่านักเรียนส่งครบหรือยังได้เนื่องจากช่องทางสนทนาในโปรแกรม Google Meet ไม่สามารถเรียงรายชื่อเพื่อตรวจสอบได้ว่านักเรียนมีจำนวน 34 คนตอบโต้ครบหรือไม่ แนวทางในการปรับปรุงที่เสนอขึ้นมาจึงเป็นการปรับปรุงช่องทางการส่งคำตอบหรือการตอบโต้เป็นการส่งผ่าน Google Sheet ที่มีการสร้างรายชื่อและช่องคำถามตอบโต้ของผู้เรียนเป็นรายบุคคลโดยนักเรียนทุกคนได้รับสิทธิ์ให้เป็นผู้เรียบเรียง (Editor) สามารถแก้ไขเอกสารได้เพื่อให้ครูเห็นความเคลื่อนไหวของผู้เรียน

ขั้นตอนที่ 2 ปะติด ปะต่อ ข้อมูล

ในขั้นนี้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 3 ข้อ คือ เรียนรู้ผ่านกิจกรรม ใช้บริบทจริงในกิจกรรมไล่เรียงจากง่ายไปซับซ้อนและมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม

ในขั้นนี้ไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์แต่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถทำความเข้าใจปัญหาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา

ปัญหาและอุปสรรคที่พบในชั้นเรียนคือ 1) นักเรียนใช้เวลาในการค้นหาข้อมูลค่อนข้างมากเกินเวลาที่กำหนดไว้และมีบางส่วนหลงประเด็น แนวทางในการปรับปรุงคือก่อนที่จะจบขั้นตอนที่ 2 ครูเน้นย้ำข้อมูลหรือแนะนำให้นักเรียนเห็นข้อมูลที่ต้องการก่อนจบขั้น 2) นักเรียนบางคนไม่

รู้จักการแบ่งเซลล์และแนวโน้มของการแบ่งเซลล์ตามโลกจริง แนวทางในการปรับปรุงคือควรมีการอภิปรายและแสดงข้อเท็จจริง หรือเปิดโอกาสให้นักเรียนศึกษาการแบ่งเซลล์เพิ่มเติมจากทางแหล่งเรียนรู้ออนไลน์

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

ในขั้นนี้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 3 ข้อ คือ เรียนรู้ผ่านกิจกรรม ใช้บริบทจริงในกิจกรรมได้เรียงจากง่ายไปซับซ้อนและมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม

ในขั้นนี้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถวางแผนแก้ปัญหาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา

และข้อเสนอแนะในการจัดการกรรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมคือควรมีแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลายหรือเพิ่มสถานการณ์ปัญหาที่ทำทนาย

ขั้นตอนที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา

ในขั้นนี้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 1 ข้อ คือ ครูติดตามนักเรียนอย่างใกล้ชิดเพื่อประเมินว่าจุดใดควรให้คำแนะนำและคำแนะนำควรเป็นอย่างไรจึงจะเหมาะสมกับนักเรียน

ในขั้นนี้ได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถดำเนินการแก้ปัญหาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา

ปัญหาและอุปสรรคที่พบในชั้นเรียนคือนักเรียนไม่ปรึกษาปัญหากับครูผ่านช่องทางออนไลน์ Google Meet ตามที่ครูกำหนดไว้ แนวทางในการปรับปรุงคือครูเพิ่มช่องทางการติดต่อสื่อสารผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ Line

ขั้นตอนที่ 5 เสวนา ไตร่ตรองปัญหา

ในขั้นนี้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 2 ข้อ คือ มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม และครูติดตามนักเรียนอย่างใกล้ชิดเพื่อประเมินว่าจุดใดควรให้คำแนะนำและคำแนะนำควรเป็นอย่างไรจึงจะเหมาะสมกับนักเรียน

ในขั้นนี้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถการสรุปคำตอบซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา

ปัญหาและอุปสรรคที่พบในชั้นเรียนคือ 1) นักเรียนไม่สามารถบริหารเวลาในการเข้าห้องแยก Google Meet เพื่อปรึกษา เสวนาแลกเปลี่ยนได้ และการแลกเปลี่ยนไฟล์งานกันผ่าน google meet นั้นเป็นไปได้ยากจึงทำให้เสียเวลาเพิ่มมากขึ้น แนวทางในการปรับปรุงคือครูอัปโหลดงานในชั้นลงมือแก้ปัญหาลงใน google drive เพื่อให้ นักเรียนสามารถเข้าไปดูได้ เมื่อแยกห้อง google meet นักเรียนจึงไม่ต้องแลกเปลี่ยนไฟล์งานกัน 2) ครูดูแลนักเรียนไม่ทั่วถึงทุกกลุ่มและนักเรียนมีข้อสงสัยด้วยประเด็นที่หลากหลาย แนวทางในการปรับปรุงคือลดจำนวนกลุ่มย่อยหรือจัดห้องอภิปรายใหญ่ เพื่อให้นักเรียนจะได้ความคิดเห็นที่หลากหลาย

และข้อเสนอแนะในการจัดการกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมคือควรศึกษาว่านักเรียนได้ดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ในขั้นตอนที่ 3 หรือไม่

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflecting)

ผู้วิจัยสรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 8

ตาราง 8 ตารางแสดงการสะท้อนผลของวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอน	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
1 แยก ย่อยปัญหา	ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ใช้วิธีให้นักเรียนตอบโต้ผ่านช่องทางสนทนาผ่านโปรแกรม google meet ซึ่งนักเรียนส่วนหนึ่งแยกย่อยปัญหาผ่านมุมมองได้เป็นอย่างดี แต่ครูไม่สามารถเห็นภาพรวมของคำตอบได้	ปรับปรุงช่องทางการส่งคำตอบ เป็นการส่งคำตอบผ่าน Google sheet
2 ปะติด ปะต่อข้อมูล	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนใช้เวลาในการค้นหาข้อมูลค่อนข้างมาก และมีนักเรียนบางส่วนหลงประเด็น - นักเรียนบางส่วนไม่รู้จักรหัสแบ่งเซลล์และแนวโน้มของการแบ่งเซลล์ตามโลกจริง 	<ul style="list-style-type: none"> - ก่อนที่จะจบขั้นตอนที่ 2 ครูเน้นย้ำข้อมูลหรือแนะนำให้นักเรียนเห็นข้อมูลที่ถูกต้องก่อนจบขั้น - ควรมีการอภิปรายและแสดงข้อเท็จจริง หรือเปิดโอกาสให้นักเรียนศึกษาการแบ่งเซลล์เพิ่มเติมจากทางแหล่งเรียนรู้ออนไลน์
3 วางแผนแก้ปัญหา	-	-
4 ลงมือแก้ปัญหา	นักเรียนไม่ปรึกษาปัญหากับครูผ่านช่องทางออนไลน์ google meet ตามที่ครูกำหนดไว้	ครูเพิ่มช่องทางการติดต่อสื่อสารผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ line

ตาราง 8 (ต่อ) ตารางแสดงการสะท้อนผลของวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอน	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
5 เสวนา ไตร่ตรอง ปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนไม่สามารถบริหารเวลาในการเข้าห้องแยก google meet เพื่อปรึกษาเสวนา แลกเปลี่ยนได้ และการแลกเปลี่ยนไฟล์งานกันผ่าน google meet นั้นเป็นไปได้ยาก จึงทำให้เสียเวลาเพิ่มมากขึ้น - ครูดูแลนักเรียนไม่ทั่วถึงทุกกลุ่ม และนักเรียนมีข้อสงสัยด้วยประเด็นที่หลากหลาย 	<ul style="list-style-type: none"> - ครูอัปโหลดงานในชั้นลงมือแก้ปัญหา ลงใน google drive เพื่อให้ นักเรียนสามารถเข้าไปดูได้ เมื่อแยกห้อง google meet นักเรียนจึงไม่ต้องแลกเปลี่ยนไฟล์งานกัน - ลดจำนวนกลุ่มย่อยหรือจัดห้องอภิปรายใหญ่ เพื่อให้นักเรียนจะได้ความคิดเห็นที่หลากหลาย

การดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

การดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีลักษณะการดำเนินการจัดการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Planning)

การสะท้อนการดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบปัญหาที่เกิดขึ้น คือ นักเรียนมีปัญหาด้านการบริหารเวลาในการทำกิจกรรม ช่องทางการเรียนแบบออนไลน์ในปัจจุบันไม่ได้เอื้อให้ผู้เรียนสะดวกในการร่วมกิจกรรมและผู้สอนไม่สามารถสังเกตความเคลื่อนไหวของผู้เรียนได้ ผู้วิจัยจึงปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 โดยปรับให้การตอบโต้ทั้งหมดอยู่บน google sheet ที่นักเรียนทุกคนสามารถแก้ไขได้เพื่อให้เห็นความเคลื่อนไหวของผู้เรียน เมื่อนักเรียนล่าช้าในการดำเนินกิจกรรม ครูจะดำเนินการกระตุ้นด้วยการถามคำถามเป็นรายบุคคล

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Acting)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 สถานการณ์ที่ 2 เสียงดังรบกวน จำนวน 4 ชั่วโมง ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

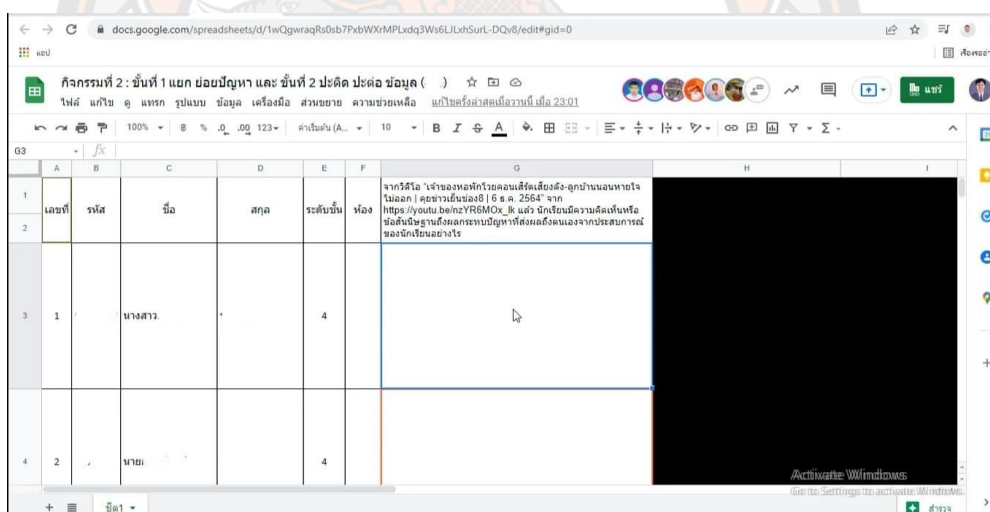
ขั้นตอนที่ 1 แยก ย่อยปัญหา

ขั้นนี้ครูเสนอประเด็นปัญหาเสียงดังรบกวนจากวิดีโอ โดยการแชร์วิดีโอผ่าน Google Meet และกระตุ้นให้นักเรียนคิดหรือสันนิษฐานถึงผลกระทบของปัญหาเสียงรบกวนที่ส่งผลถึงตนเองจากประสบการณ์ของนักเรียนโดยเมื่อนักเรียนใคร่ครวญแล้วจึงนำความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานนั้นเขียนลงใน Google Sheet ที่นักเรียนทุกคนสามารถแก้ไขได้เพื่อให้ครูเห็นความเคลื่อนไหวของผู้เรียน เมื่อนักเรียนล่าช้าในการดำเนินกิจกรรมครูจะดำเนินการกระตุ้นด้วยการถามคำถามเป็นรายบุคคลในช่วงสุดท้ายของขั้นครูเรียบเรียงความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานของนักเรียน

เพื่อพูดคุยโต้ตอบในประเด็นที่นักเรียนนำเสนอ โดยความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานที่นักเรียนที่พูดถึงระดับเสียงที่ตั้งจนรบกวนจนอาจก่อให้เกิดอันตรายจะเป็นความคิดเห็นสุดท้ายที่ครูหยิบยกมาพูดถึง



ภาพ 7 ตัวอย่างภาพนิ่งจากวิดีโอที่นำเสนอสถานการณ์ปัญหาเสียงรบกวน



ภาพ 8 การเขียนความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานประเด็นปัญหาเสียงรบกวนลงใน Google Sheet

ขั้นตอนที่ 2 ประติด ปะต่อ ข้อมูล

ช่วงต้นของขั้นครูจึงตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียน “ในระดับสากลและประเทศไทย มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณากระดับเสียงที่เป็นอันตรายอย่างไร” ซึ่งนักเรียนค้นหาหลักเกณฑ์ผ่านช่องทางออนไลน์ด้วยตนเองและจะตอบคำถามนี้ผ่านลงใน Google Sheet ที่นักเรียนทุกคนสามารถแก้ไขได้เพื่อให้ครูเห็นความเคลื่อนไหวของผู้เรียน ในช่วงท้ายของขั้นครูนำคำตอบที่ได้มาวิพากษ์

ถูก/ผิด เพื่อตั้งฐานให้นักเรียนมีพื้นฐานความคิดที่ถูกต้องก่อนการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ปัญหา
ในขั้นต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

ขั้นนี้นักเรียนวางแผนแก้สถานการณ์ปัญหาด้วยตนเอง โดยใคร่ครวญคำถาม 2 ข้อ คือ 1) ณ จุดที่เสียงที่ตั้ง 85 เดซิเบลซึ่งห่างจากต้นกำเนิดเสียง 1 เมตร ลักษณะกราฟระดับความเข้มเสียงที่สัมพันธ์กับระยะทางที่ออกห่างจากจุดที่ห่างจากต้นกำเนิดเสียง 1 เมตรจะเป็นอย่างไร และ 2) ณ จุดที่เสียงที่ตั้งเกิน 85 เดซิเบล ห่างจากต้นกำเนิดเสียง 1 เมตร ต้องออกห่างอีกเท่าไร จึงจะได้อยู่ในระดับเสียงที่สงบ และระบุสิ่งที่จำเป็นสำหรับการแก้สถานการณ์ปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา

ขั้นนี้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาต่อจากขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา โดยครูเตรียมตัวบน Google Meet และแอปพลิเคชัน Line สำหรับให้คำปรึกษากับนักเรียนที่ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้ และช่วยเหลือผ่านการชี้แนะแนวทาง กระตุ้นความคิดด้วยคำถาม หลังจากจบขั้นตอนนี้ก่อนขึ้นขั้นตอนต่อไปครูจะประมวลวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนทั้งหมด เรียบเรียงวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันและแยกวิธีการที่ผิดและถูกเพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 เสวนา ไตร่ตรองปัญหา ในรูปแบบ Trio

ขั้นนี้ครูจะแบ่งให้นักเรียนจับกลุ่มกัน (Trio) คือให้นักเรียนจับกลุ่มโดยแต่ละกลุ่มมีสมาชิก 3 คนและในแต่ละกลุ่มจะมีวิธีการแก้ปัญหาถูกและผิด สร้างลิงก์ห้องแยก Google Meet ให้นักเรียนกดเข้าได้เองโดยแชร์ผ่าน Google Sheet โดยนักเรียนแต่ละคู่สนทนาแลกเปลี่ยนเพื่อตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหาโดยมีประเด็นคำถาม คือ การดำเนินการแก้ปัญหาของคนอื่นเป็นอย่างไรและการแก้ปัญหาของตัวนั้นต่างจากกลุ่ม (Trio) อย่างไร ในช่วงสุดท้ายของขั้นครูหยุดยั้งการดำเนินการแก้ปัญหาทั้งถูกและผิดมาสะท้อนผลแก่นักเรียนแล้วจึงให้นักเรียนตัดสินใจการแก้ปัญหาของตนเองว่าถูกหรือผิดลงในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observing)

ขั้นสังเกตการณ์ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้อุ้ร่วมกันสังเกตและจดบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ ลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยสังเกตว่ากิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ข้อใด ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หรือไม่ ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาหรือไม่ และเก็บรวบรวมปัญหาและอุปสรรค แนวทางในการปรับปรุงและข้อเสนอแนะในการจัดการกรรรมการเรียนรู้

จากการสังเกตโดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้สังเกตการณ์เรียนรู้อุ้ มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 แยก ย่อยปัญหา

ในขั้นนี้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 3 ข้อ คือ เรียนรู้ผ่านกิจกรรม ใช้บริบทจริงในกิจกรรมได้เรียงจากง่ายไปซับซ้อนและมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม

ในขั้นนี้ไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์แต่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถทำความเข้าใจปัญหาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 ปะติด ปะต่อ ข้อมูล

ในขั้นนี้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 3 ข้อ คือ เรียนรู้ผ่านกิจกรรม ใช้บริบทจริงในกิจกรรมไล่เรียงจากง่ายไปซับซ้อนและมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม

ในขั้นนี้ไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์แต่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถทำความเข้าใจปัญหาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา

ปัญหาและอุปสรรคที่พบในชั้นเรียนคือเนื่องจากการดำเนินการทุกอย่างเกิดขึ้นบน google sheet ที่นักเรียนทุกคนสามารถแก้ไขได้ มีนักเรียนหลายคนคัดลอกเนื้อหาจากอินเทอร์เน็ตและวางโดยไม่สังเกตว่าได้ลงทับข้อมูลของนักเรียนอีกคน แนวทางการปรับปรุงคือครูดูแลติดตามโดยสังเกตความผิดเพี้ยนของคำตอบหรือข้อความที่นักเรียนเขียน หากมีลักษณะที่เหมือนการลงคำตอบหรือข้อความทับกัน ครูลบคำตอบหรือข้อความนั้นออกพร้อมทั้งถามนักเรียนเป็นรายบุคคลว่าลงผิดหรือไม่ แก้ไขเป็นอย่างไร

และข้อเสนอแนะในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมคือควรสอดแทรกความสามารถแก้ปัญหาในการได้ยินเสียงของมนุษย์และระดับเสียงที่เหมาะสมกับมนุษย์

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

ในขั้นนี้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 3 ข้อ คือ เรียนรู้ผ่านกิจกรรม ใช้บริบทจริงในกิจกรรมไล่เรียงจากง่ายไปซับซ้อนและมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม

ในขั้นนี้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถวางแผนแก้ปัญหาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา

และข้อเสนอแนะในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมคือควรเพิ่มเติมแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

ขั้นตอนที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา

ในขั้นนี้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 1 ข้อ คือ ครูติดตามนักเรียนอย่างใกล้ชิดเพื่อประเมินว่าจุดใดควรให้คำแนะนำและคำแนะนำควรเป็นอย่างไรจึงจะเหมาะสมกับนักเรียน

ในขั้นนี้ได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถดำเนินการแก้ปัญหาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 5 เสวนา ไตร่ตรองปัญหา

ในขั้นนี้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 2 ข้อ คือ มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม และครูติดตามนักเรียนอย่างใกล้ชิดเพื่อประเมินว่าจุดใดควรให้คำแนะนำและคำแนะนำควรเป็นอย่างไรจึงจะเหมาะสมกับนักเรียน

ในขั้นนี้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถการสรุปคำตอบซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา

ปัญหาและอุปสรรคที่พบในชั้นเรียนคือ 1) นักเรียนสามารถบริหารเวลาในการเข้าห้องแยก Google Meet ได้ แต่การนำข้อเสวนามาเขียนสะท้อนใน google sheet นั้นค่อนข้างใช้เวลา และไม่ครอบคลุมประเด็น/ความเห็นของนักเรียน แนวทางการปรับปรุงคือในขั้นตอนนี้ครูปรับให้นักเรียนเขียนข้อเสวนาใน Google Sheet เฉพาะในมุมของตนเองเท่านั้น แล้วค่อยนำข้อเสวนาของนักเรียนอื่นในกลุ่มมาเขียนลงในใบกิจกรรมแล้วส่งใน Google Classroom อีกครั้งภายหลัง 2) ครูดูแลนักเรียนไม่ทั่วถึงทุกกลุ่ม และนักเรียนมีข้อสงสัยด้วยประเด็นที่หลากหลาย แนวทางการปรับปรุงคือลดจำนวนกลุ่มย่อยหรือจัดห้องอภิปรายใหญ่ เพื่อให้นักเรียนจะได้ความคิดเห็นที่หลากหลาย

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflecting)

ผู้วิจัยสรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 9

ตาราง 9 ตารางแสดงการสะท้อนผลของวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นตอน	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
1 แยก ย่อยปัญหา	-	-
2 ปะติด ปะต่อ ข้อมูล	เนื่องจากการดำเนินการทุกอย่างเกิดขึ้นบน google sheet ที่นักเรียนทุกคนสามารถแก้ไขได้ มีนักเรียนหลายคนคัดลอกเนื้อหาจากอินเทอร์เน็ตและวางโดยไม่สังเกตว่าได้ลงทับข้อมูลของนักเรียนอีกคน	ครูดูแลติดตามโดยสังเกตความผิดพลาดของคำตอบหรือข้อความที่นักเรียนเขียน หากมีลักษณะที่เหมือนการลงคำตอบหรือข้อความทับกัน ครูลบคำตอบหรือข้อความนั้นออกพร้อมทั้งถามนักเรียนเป็นรายบุคคลว่าลงผิดหรือไม่ แก้ไขเป็นอย่างไร
3 วางแผนแก้ปัญหา	-	-
4 ลงมือแก้ปัญหา	-	-

ตาราง 9 (ต่อ) ตารางแสดงการสะท้อนผลของวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นตอน	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
5 เสวนา ไตร่ตรอง ปัญหา	<p>- นักเรียนสามารถบริหารเวลาในการเข้าห้องแยก google meet ได้ แต่การนำข้อเสวนามาเขียนสะท้อนใน google sheet นั้นค่อนข้างใช้เวลา และไม่ครอบคลุมประเด็น/ความเห็นของนักเรียน</p> <p>- ครูดูแลนักเรียนไม่ทั่วถึงทุกกลุ่ม และนักเรียนมีข้อสงสัยด้วยประเด็นที่หลากหลาย</p>	<p>- ในขั้นตอนนี้ครูปรับให้นักเรียนเขียนข้อเสวนาใน google sheet เฉพาะในมุมของตนเองเท่านั้น แล้วค่อยนำข้อเสวนาของนักเรียนอื่นในกลุ่มมาเขียนลงในใบงานแล้วส่งใน google classroom อีกครั้งภายหลัง</p> <p>- ลดจำนวนกลุ่มย่อยหรือจัดห้องอภิปรายใหญ่ เพื่อให้นักเรียนจะได้ความคิดเห็นที่หลากหลาย</p>

การดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

การดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีลักษณะการดำเนินการจัดการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Planning)

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากผลการสะท้อนการดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาทำการพิจารณาเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น แม้นักเรียนเริ่มเคยชินกับการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์จึงสามารถบริหารเวลาได้ดีขึ้นกว่าในวงจรก่อนหน้าแล้วแต่เนื้อหาในแผนการจัดการเรียนรู้นั้นยากขึ้นทำให้ต้องมีการคิดพิจารณามากกว่าเดิม ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขอบเขตในชั่วโมงกิจกรรมการเรียนรู้ขึ้นโดยให้นักเรียนสะท้อนสิ่งต่าง ๆ ในมุมมองของตนเอง แล้วจึงนำข้อพิจารณาอื่น ๆ ที่นอกเหนือขอบเขตของตนเองสรุปลงในใบกิจกรรมส่งในภายหลัง

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Acting)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สถานการณ์ที่ 3 อาหารปนเปื้อนกัมมันตรังสี จำนวน 4 ชั่วโมง ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 แยก ย่อยปัญหา

ขั้นนี้ครูเสนอประเด็นปัญหาสารกัมมันตภาพรังสีจากวิดีโอ โดยการแชร์วิดีโอผ่าน Google Meet และกระตุ้นให้นักเรียนคิดหรือสันนิษฐานถึงผลกระทบของสารกัมมันตภาพรังสีที่ส่งผลถึงประเทศไทยโดยเมื่อนักเรียนใคร่ครวญแล้วจึงนำความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานนั้นเขียนลงใน Google Sheet ที่นักเรียนทุกคนสามารถแก้ไขได้เพื่อให้ครูเห็นความเคลื่อนไหวของผู้เรียน เมื่อนักเรียนล่าช้าในการดำเนินกิจกรรมครูจะดำเนินการกระตุ้นด้วยการถามคำถามเป็นรายบุคคลใน ช่วง

สุดท้ายของชั้นครูเรียบเรียงความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานของนักเรียนเพื่อพูดคุยโต้ตอบในประเด็นที่นักเรียนนำเสนอ โดยความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานที่นักเรียนที่พูดถึงอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีจะเป็นความคิดเห็นสุดท้ายที่ครูหยิบยกมาพูดถึง



ภาพ 9 ตัวอย่างภาพนิ่งจากวิดีโอที่นำเสนอสถานการณ์สารกัมมันตรังสี

ขั้นตอนที่ 2 ปะติด ปะต่อ ข้อมูล

ช่วงต้นของชั้นนักเรียนสังเกตผลกระทบการจากอาหารปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสีจากวิดีโอ “อย.-กรมประมง แจงตรวจปลานำเข้าจากญี่ปุ่น ไม่พบสารกัมมันตรังสีปนเปื้อน | ข่าวช่อง 8” และตอบคำถามว่าประเทศไทยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสีอย่างไรโดยค้นหาผ่านช่องทางออนไลน์และส่งคำตอบลงใน Google Sheet ที่นักเรียนทุกคนสามารถแก้ไขได้เพื่อให้ครูเห็นความเคลื่อนไหวของผู้เรียน โดยครูเรียบเรียงคำตอบของนักเรียนโดยยกคำตอบของนักเรียนที่ถูกต้องขึ้นมาอธิบาย ในช่วงท้ายของชั้นครูนำคำตอบที่ได้มาวิพากษ์ถูก/ผิด เพื่อตั้งฐานให้นักเรียนมีพื้นฐานความคิดที่ถูกต้องก่อนการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ปัญหาในขั้นต่อไป



ภาพ 10 ภาพนิ่งจากวิดีโอ “อย.-กรมประมง แจงตรวจปลาน้ำเค็มจากญี่ปุ่น ไม่พบสารกัมมันตรังสีปนเปื้อน | ข่าวช่อง 8”

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

ขั้นนี้นักเรียนวางแผนแก้สถานการณ์ปัญหาด้วยตนเอง โดยใคร่ครวญคำถาม 2 ข้อ คือ 1) ครึ่งชีวิตของ ไอโอดีน-131 (Iodine-131) ซีเซียม-134 (Cesium-134) และซีเซียม-137 (Cesium-137) คือเท่าไร และหากให้ปริมาณเริ่มต้นไอโอดีน-131 (Iodine-131) ซีเซียม-134 (Cesium-134) และซีเซียม-137 (Cesium-137) เท่ากันคือ 10 กรัม ลักษณะกราฟปริมาณของธาตุกัมมันตรังสีทั้ง 3 ต่อเวลาจะเป็นอย่างไร และ 2) ระยะเวลาการส่งสินค้าทางเรือจากประเทศญี่ปุ่นถึงประเทศไทย คือ 1 – 2 เดือน หากอาหารที่มากับเรือมีการปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสีไอโอดีน-131 (Iodine-131) แต่เมื่อมาถึงประเทศไทยแล้วอยู่ในเกณฑ์ประกาศของกระทรวงสาธารณสุขแล้ว แสดงว่าปริมาณสารกัมมันตภาพรังสีที่ปนเปื้อนมากับอาหารเมื่ออยู่ที่ประเทศญี่ปุ่นมีค่าเป็นอย่างไร และระบุสิ่งที่จำเป็นสำหรับการแก้สถานการณ์ปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา

ขั้นนี้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาต่อจากขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา โดยครูเตรียมตัวบน Google Meet และแอปพลิเคชัน Line สำหรับให้คำปรึกษากับนักเรียนที่ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้ และช่วยเหลือผ่านการชี้แนะแนวทาง กระตุ้นความคิดด้วยคำถาม หลังจากจบขั้นตอนนี้ก่อนขึ้นขั้นตอนต่อไปครูจะประมวลวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนทั้งหมด เรียบเรียงวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันและแยกวิธีการที่ผิดและถูกเพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 เสวนา ไตร่ตรองปัญหา ในรูปแบบ Tag team

ขั้นนี้ครูจะแบ่งให้นักเรียนจับกลุ่มกัน (Tag team) คือให้นักเรียนจับกลุ่มโดยแต่ละกลุ่มมีสมาชิก 4 คนและในแต่ละกลุ่มจะมีวิธีการแก้ปัญหาถูกและผิด สร้างลิงก์ห้องแยก Google Meet ให้นักเรียนกดเข้าได้เองโดยแชร์ผ่าน Google Sheet โดยนักเรียนแต่ละคู่สนทนาแลกเปลี่ยนเพื่อตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหาโดยมีประเด็นคำถาม คือ การดำเนินการแก้ปัญหาของทั้งตนต่างจากกลุ่ม (Tag team) อย่างไร ในช่วงสุดท้ายของขั้นครูหยุดการดำเนินการแก้ปัญหาทั้งถูกและผิดมาสะท้อนผลแก่นักเรียนแล้วจึงให้นักเรียนตัดสินใจการแก้ปัญหาของตนว่าถูก

หรือฝึกฝนพร้อมทั้งสะท้อนการดำเนินการแก้ปัญหาของคนอื่นในกลุ่ม (Tag team) เป็นอย่างไรในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observing)

ขั้นสังเกตการณ์ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ร่วมกันสังเกตและจดบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ ลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยสังเกตว่ากิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ข้อใด ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์หรือไม่ ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาหรือไม่ และเก็บรวบรวมปัญหาและอุปสรรค แนวทางในการปรับปรุงและข้อเสนอแนะในการจัดการกรรรมการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 แยกย่อยปัญหา

ในขั้นนี้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 3 ข้อ คือ เรียนรู้ผ่านกิจกรรม ใช้บริบทจริงในกิจกรรมได้เรียงจากง่ายไปซับซ้อนและมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม

ในขั้นนี้ไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์แต่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถทำความเข้าใจปัญหาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา

ปัญหาและอุปสรรคที่พบในชั้นเรียนคือ

และข้อเสนอแนะในการจัดการกรรรมการเรียนรู้เพิ่มเติม

ขั้นตอนที่ 2 ปะติด ปะต่อ ข้อมูล

ในขั้นนี้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 3 ข้อ คือ เรียนรู้ผ่านกิจกรรม ใช้บริบทจริงในกิจกรรมได้เรียงจากง่ายไปซับซ้อนและมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม

ในขั้นนี้ไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์แต่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถทำความเข้าใจปัญหาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา

ในขั้นนี้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 3 ข้อ คือ เรียนรู้ผ่านกิจกรรม ใช้บริบทจริงในกิจกรรมได้เรียงจากง่ายไปซับซ้อนและมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม

ในขั้นนี้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์และส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถวางแผนแก้ปัญหาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา

และข้อเสนอแนะในการจัดการกรรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมคือควรเพิ่มเติมแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

ขั้นตอนที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา

ในขั้นนี้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 1 ข้อ คือ ครูติดตามนักเรียนอย่างใกล้ชิดเพื่อประเมินว่าจุดใดควรให้คำแนะนำและคำแนะนำควรเป็นอย่างไรจึงจะเหมาะสมกับนักเรียน

ในขั้นนี้ได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์และส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถดำเนินการแก้ไขปัญหาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา และข้อเสนอแนะในการจัดการกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมคือควรลดจำนวนกลุ่มย่อยในขั้นกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 5 เสวนา ไตร่ตรองปัญหา

ในขั้นนี้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 2 ข้อ คือ มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม และครูติดตามนักเรียนอย่างใกล้ชิดเพื่อประเมินว่าจุดใดควรให้คำแนะนำและคำแนะนำควรเป็นอย่างไรจึงจะเหมาะสมกับนักเรียน

ในขั้นนี้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์และส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถการสรุปคำตอบซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา และข้อเสนอแนะในการจัดการกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมคือควรเพิ่มข้อคิดเห็นและการใช้สารกัมมันตรังสีในชีวิตประจำวันอย่างมีประโยชน์และปลอดภัย

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflecting)

ผู้วิจัยสรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 3 ดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 ตารางแสดงการสะท้อนผลของวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นตอน	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
1 แยก ย่อยปัญหา	-	-
2 ปะติด ปะต่อ ข้อมูล	-	-
3 วางแผนแก้ปัญหา	-	-
4 ลงมือแก้ปัญหา	-	-
5 เสวนา ไตร่ตรอง ปัญหา	-	-

จากปัญหาที่พบในชั้นเรียนนำมาสู่บทบาทของครูในการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ในแต่ละขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยนำข้อมูลจากตาราง 6 – 8 รวมถึงประเด็นที่

ควรเน้นมาสรุปรวมเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิด การศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง โดยจำแนกตามบทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละชั้น กิจกรรมการเรียนรู้ ดังแสดงในตารางที่ 11

ตาราง 11 ตารางสรุปแนวทางการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงจำแนกตามบทบาทของครูและนักเรียน

ขั้นที่ 1 แยก ย่อยปัญหา	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	นำเข้าสู่บทเรียนโดยการนำเสนอสถานการณ์ ปัญหาในชีวิตจริงที่นักเรียนเห็นว่ามีความเป็นจริง และเหมาะสมกับผู้เรียนผ่านสื่อบนเว็บไซต์ Youtube เพื่อกระตุ้นนักเรียนให้ใคร่ครวญ ปัญหาในมุมมองใกล้ตัว เช่น	ตอบคำถามที่ครูใช้เพื่อกระตุ้นให้นักเรียน ใคร่ครวญปัญหาในมุมมองใกล้ตัว แล้วจึงส่ง คำตอบที่ได้ใคร่ครวญแล้วนั้นลงใน Google Sheet ที่ครูได้จัดเตรียมไว้ซึ่งนักเรียนสามารถ พิมพ์แก้ไข
	1) จากมุมมองของนักเรียนสถานการณ์ ปัญหาเกิด	
	2) จากอะไร สถานการณ์ปัญหาเคย ส่งผลถึงตัวนักเรียนอย่างไร	
	3) สถานการณ์ปัญหาส่งผลถึงประเทศ ไทยอย่างไร	
	คำถามในขั้นนี้มุ่งเน้นให้นักเรียนตอบ คำถามในมุมมองของตนเอง โดยสร้าง Google sheet ที่นักเรียนสามารถแก้ไขได้ไว้เพื่อให้ นักเรียนพิมพ์ส่งคำตอบ แล้วจึงเรียบเรียงคำตอบ ของนักเรียนเพื่อพูดคุยโต้ตอบในคำตอบของ นักเรียน โดยเรียงให้คำตอบอันดับสุดท้ายคือ ประเด็นปัญหาที่จะต่อเนื่องไปในขั้นต่อไป	
ขั้นที่ 2 ปะติด ปะต่อ ข้อมูล		
	สร้างประสบการณ์ให้นักเรียนโดยการให้ความรู้ กับนักเรียนเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง เพื่อให้นักเรียนเกิดมีพื้นฐานความคิดที่ถูกต้อง เกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาก่อนการนำความรู้ไป ใช้ในสถานการณ์ปัญหาในกิจกรรมต่อไป โดย ผ่านอย่างน้อยหนึ่งวิธีการดังต่อไปนี้	ปฏิบัติตามในวิธีการอย่างน้อยหนึ่งวิธีการ ดังต่อไปนี้
	1) ใช้สื่อวิดีโอบนเว็บไซต์ Youtube	1) สังเกตสื่อวิดีโอบนเว็บไซต์ Youtube ที่ครูเตรียมไว้และตอบคำถามกระตุ้น ความคิดว่าตนสังเกตเห็นอะไรบ้างในสื่อวิดีโอ ข้างต้น
	เพื่อให้นักเรียนสังเกตถึงข้อมูลที่จำเป็นต่อการ	2) ตอบคำถามที่เกี่ยวกับสถานการณ์ ปัญหา โดยค้นคว้าเพิ่มเติมจากอินเทอร์เน็ต

ตาราง 11 (ต่อ) ตารางสรุปแนวทางการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงจำแนกตามบทบาทของครูและนักเรียน

<p>จัดการสถานการณ์ปัญหาและตั้งคำถามกระตุ้น ความคิดว่านักเรียนสังเกตเห็นอะไรบ้างในสื่อวิดีโอข้างต้น</p>	<p>โดยส่งคำตอบที่ได้ขึ้นลงใน Google Sheet ที่ครูได้จัดเตรียมไว้ซึ่งนักเรียนสามารถพิมพ์แก้ไข</p>
<p>2) ใช้คำถามที่เกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียน ให้ผู้เรียนค้นคว้าเพิ่มเติมจากอินเทอร์เน็ตเพื่อให้ได้รับข้อมูลที่จำเป็นต่อการจัดการสถานการณ์ปัญหา โดยสร้าง Google sheet ที่นักเรียนสามารถแก้ไขได้ไว้เพื่อให้นักเรียนพิมพ์ส่งคำตอบ แล้วจึงวิพากษ์ถึงคำตอบของนักเรียนในแง่ความถูกต้อง</p>	
<p>ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา</p>	
<p>บทบาทครู</p>	<p>บทบาทนักเรียน</p>
<p>กำหนดสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้อง กับขั้นที่ 1 และ 2 และกำหนดคำถามที่เกี่ยวข้อง กับสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียน 2 ข้อที่มี ลักษณะอย่างดังนี้</p>	<p>ระบุสิ่งที่จำเป็นสำหรับการแก้สถานการณ์ปัญหา โดยเขียนอธิบายลงในใบกิจกรรมวางแผน แก้ปัญหาและส่งทีมงานของชั้นเรียนใน Google Classroom ที่ครูจัดเตรียมช่องทางการส่งไว้ให้</p>
<p>ข้อที่ 1 มีการจำแนกลักษณะของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับกราฟสมการใดระหว่างสมการเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึมแล้วเขียนแสดงข้อมูลนั้นในลักษณะกราฟ</p> <p>ข้อที่ 2 คำนวณหาคำตอบสมการเอกซ์โพเนนเชียลหรือลอการิทึมจากข้อมูลที่สถานการณ์ปัญหาที่กำหนดไว้ให้</p> <p>โดยสร้างงานของชั้นเรียนใน Google Classroom และมอบหมายให้ผู้เรียนส่งใบกิจกรรมวางแผนแก้ปัญหาผ่านทางช่องทางนี้</p>	
<p>ขั้นที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา</p>	
<p>บทบาทครู</p>	<p>บทบาทนักเรียน</p>
<p>สร้างงานของชั้นเรียนใน Google Classroom มอบหมายให้ผู้เรียนส่งใบกิจกรรมลงมือแก้ปัญหา แก้ปัญหาผ่านทางช่องทางนี้ เตรียมตัวบน Google Meet และแอปพลิเคชัน Line สำหรับ ให้คำปรึกษากับนักเรียนที่ไม่สามารถดำเนินการ</p>	<p>ดำเนินการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยเขียนอธิบาย ลงในใบกิจกรรมลงมือแก้ปัญหาและส่งทีมงานของ ชั้นเรียนใน Google Classroom ที่ครูจัดเตรียม ช่องทางการส่งไว้ให้</p>

ตาราง 11 (ต่อ) ตารางสรุปแนวทางการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิด
การศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงจำแนกตามบทบาทของครูและนักเรียน

แก้ปัญหาได้ และช่วยเหลือผ่านการชี้แนะ	
แนวทาง กระตุ้นความคิดด้วยคำถาม	
เมื่อนักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาและส่งใบ	
กิจกรรมลงมือแก้ปัญหาทางานของชั้นเรียนใน	
Google Classroom แล้วครูจึงประมวลวิธีการ	
แก้ปัญหาของนักเรียนทั้งหมด จัดกลุ่มแยก	
ระหว่างวิธีการที่ผิดและถูกเพื่อเตรียมข้อมูลเพื่อ	
จัดกลุ่มผู้เรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นต่อไป	
ขั้นที่ 5 เสวนา ไตร่ตรองปัญหา	
บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
แบ่งกลุ่มนักเรียนโดยมีทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ	แบ่งกลุ่มไปตามห้องย่อยตามห้องย่อยตามลิงก์ใน
1) จับคู่ Duo คือการจับคู่สองคน	Google Sheet ที่ครูเตรียมไว้ และเสวนากับ
ระหว่างนักเรียนที่ดำเนินการแก้ปัญหาที่ถูกและ	นักเรียนอื่นในกลุ่มผ่านคำถามว่าการดำเนินการ
ผิด ใช้ในวงจรที่ 1 อยู่ในระดับง่าย – ปานกลาง	ของตานั้นต่างจากกลุ่มอย่างไร แล้วส่งคำตอบลง
2) จับกลุ่ม Trio คือการจับกลุ่มสามคน	ใน Google Sheet ที่ครูเตรียมไว้
โดยในกลุ่มต้องประกอบด้วยนักเรียนที่	เมื่อการเสวนาสิ้นสุด นักเรียนเปรียบเทียบการ
ดำเนินการแก้ปัญหาที่ถูกและผิดรวมกัน ใช้ใน	ดำเนินการแก้ปัญหาของตนกับการดำเนินการ
วงจรที่ 2 อยู่ในระดับยาก	แก้ปัญหาที่ถูกและผิดที่ครูหยิบยกขึ้นมาสะท้อน
3) จับกลุ่ม Tag team คือการจับกลุ่ม	โดยนักเรียนตัดสินว่าการดำเนินการแก้ปัญหา
สี่คนโดยในกลุ่มต้องประกอบด้วยนักเรียนที่	ของตานั้นถูกต้องหรือไม่ลงในใบกิจกรรมเสวนา
ดำเนินการแก้ปัญหาที่ถูกและผิดรวมกัน ใช้ใน	ไตร่ตรองปัญหาและส่งที่งานของชั้นเรียนใน
วงจรที่ 3 อยู่ในระดับซับซ้อน	Google Classroom ที่ครูจัดเตรียมช่องทางการ
โดยนักเรียนจะแบ่งไปตามห้องย่อย	ส่งไว้ให้
ตามลิงก์ใน Google Sheet ที่ครูเตรียมไว้ และ	
เสวนาผ่านคำถามว่าการดำเนินการของตานั้น	
ต่างจากกลุ่มอย่างไร ส่งคำตอบลงใน Google	
Sheet ที่ครูเตรียมไว้ เมื่อนักเรียนเสวนาสิ้นสุดครู	
จะหยิบยกการดำเนินการแก้ปัญหาของนักเรียนที่	
ถูกและผิดมาสะท้อนแก่นักเรียน เพื่อให้ นักเรียน	
สามารถตัดสินได้ว่าการดำเนินการแก้ปัญหาของ	
ตานั้นถูกต้องหรือไม่	

ตอนที่ 2 ผลการเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

ตาราง 12 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test for dependent sample) ของคะแนนด้านมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

คะแนนด้านมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์	ค่าสถิติพื้นฐาน		t	p
	\bar{X}	S.D.		
ก่อนเรียน	7.44	2.312	8.403	0.00*
หลังเรียน	9.38	1.349		

*p-value < 0.05

จากตารางที่ 12 พบว่าค่าที (t-test for dependent sample) เท่ากับ 8.403 และค่า p เท่ากับ 0.00 แสดงถึงความสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ทำให้ผลการเปรียบเทียบคะแนนของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้คะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์จากคะแนนเต็ม 12 คะแนนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงจำนวน 34 คน มีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ของคะแนนจากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลอง เท่ากับ 7.44 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 2.2312 และมีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ของคะแนนจากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังการทดลอง เท่ากับ 9.38 คะแนนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.349 ซึ่งแสดงว่าคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่า (t-test for sample) ของคะแนนด้านมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

คะแนนด้านมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์	ค่าสถิติพื้นฐาน		T	p
	\bar{X}	S.D.		
หลังเรียน	9.38	1.349	4.25	0.0001*

*p < 0.05

จากตารางที่ 13 พบว่าค่าที (t-test for sample) เท่ากับ 4.25 และค่า p เท่ากับ 0.0001 แสดงถึงความสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ทำให้ผลการเปรียบเทียบคะแนนของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้คะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์จากคะแนนเต็ม 21 คะแนนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงจำนวน 34 คน มีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ของคะแนนจากแบบทดสอบวัดของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังการทดลอง เท่ากับ 9.38 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.349 ซึ่งแสดงว่าคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการเปรียบเทียบความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

ตาราง 14 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่า (t-test for dependent sample) ของคะแนนความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

คะแนนด้านความสามารถ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	ค่าสถิติพื้นฐาน		t	p
	\bar{X}	S.D.		
ก่อนเรียน	3.5	3.058	28.783	0.000*
หลังเรียน	15.35	2.186		

*p < 0.05

จากตารางที่ 14 พบว่าค่าที (t-test for dependent sample) เท่ากับ 28.783 และค่า p เท่ากับ 0.000 แสดงถึงความสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ทำให้ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้คะแนนเฉลี่ยความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากคะแนนเต็ม 21 คะแนนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงจำนวน 34 คน มีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ของคะแนนจากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลอง เท่ากับ 3.50 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 3.058 และมีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ของคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังการทดลอง เท่ากับ 15.35 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.186 ซึ่งแสดงว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการเปรียบเทียบความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง กับเกณฑ์ร้อยละ 70

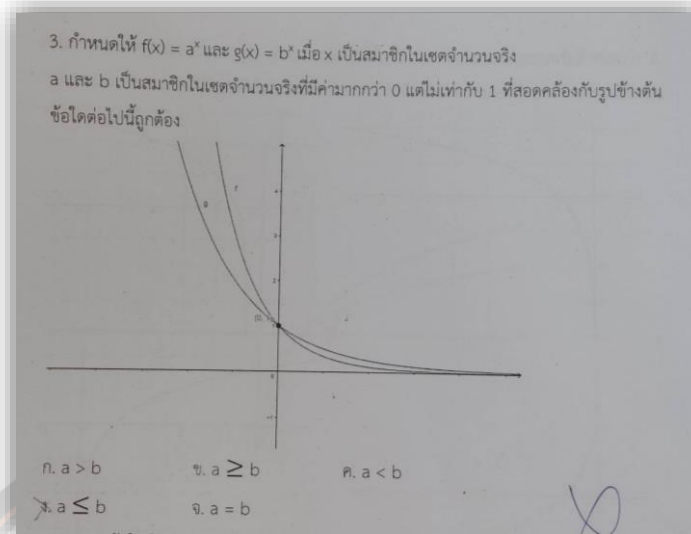
ตาราง 15 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่า (t-test for sample) ของคะแนนความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

คะแนนด้านความสามารถ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	ค่าสถิติพื้นฐาน		t	p
	\bar{x}	S.D.		
หลังเรียน	15.35	2.186	1.74	0.0455

*p < 0.05

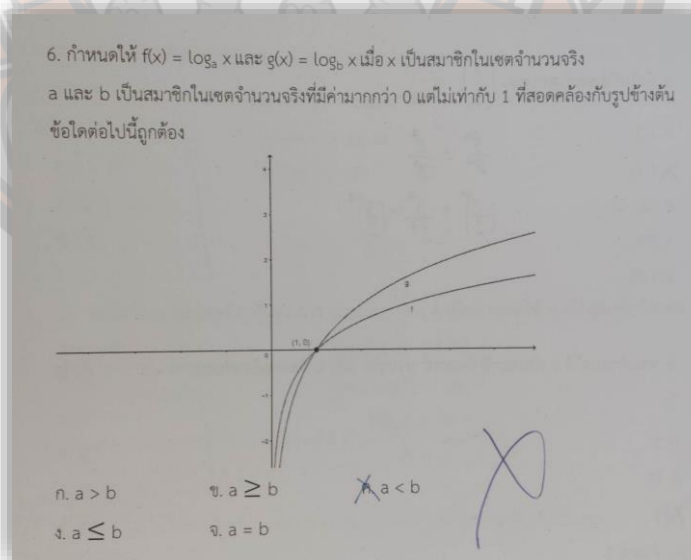
จากตารางที่ 15 พบว่าค่าที่ (t-test for sample) เท่ากับ 15.35 และค่า p เท่ากับ 0.0455 แสดงถึงความสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ทำให้ผลการเปรียบเทียบคะแนนของความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้คะแนนเฉลี่ยของความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากคะแนนเต็ม 21 คะแนนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง จำนวน 34 คน มีค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ของคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังการทดลอง เท่ากับ 15.35 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 2.186 ซึ่งแสดงว่าคะแนนเฉลี่ยของความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในระหว่างการเรียนรู้โมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ผู้เรียนจำนวนหนึ่งมีความคลาดเคลื่อนในบางประเด็น นำไปสู่การสรุปคำตอบที่ผิดพลาด จากในภาพที่ 2 กำหนดให้ $f(x) = a^x$ และ $g(x) = b^x$ โดยที่ a และ b เป็นสมาชิกในเซตจำนวนจริงที่มีค่ามากกว่า 0 แต่ไม่เท่ากับ 1 ผู้เรียนเลือกตอบตัวเลือกของ ง. ซึ่งหมายความว่าผู้เรียนสับสนกับลักษณะกราฟเอกซ์โพเนนเชียลในรูปแบบฟังก์ชันเพิ่มที่ฟังก์ชัน g จะชันมากกว่า a ในทางกลับกัน ลักษณะกราฟฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลในภาพที่ 11 เป็นฟังก์ชันลด ดังนั้น a จะมีค่ามากกว่า b



ภาพ 11 แบบทดสอบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในข้อ ลักษณะกราฟฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

จากในภาพที่ 12 กำหนดให้ $f(x) = \log_a x$ และ $g(x) = \log_b x$ โดยที่ a และ b เป็นสมาชิกในเซตจำนวนจริงที่มีค่ามากกว่า 0 แต่ไม่เท่ากับ 1 ผู้เรียนเลือกตอบตัวเลือกของ ค. ซึ่งหมายความว่าผู้เรียนเกิดความสับสนกับลักษณะกราฟลอการิทึม ฟังก์ชันลอการิทึมในภาพที่ 3 เป็นฟังก์ชันเพิ่ม ดังนั้น a จะมีค่ามากกว่า b



ภาพ 12 แบบทดสอบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในข้อ ลักษณะกราฟฟังก์ชันลอการิทึม

ในบางกรณีผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหาและวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหาได้ แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาและสรุปคำตอบตรวจความสมเหตุสมผลได้ เพราะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไป

ดังภาพที่ 13 สังเกตว่าผู้เรียนกระจายค่าคงที่เข้าไปคูณในค่า $\ln(2)$ ซึ่งผิด ซึ่งที่ถูกต้องคือต้องใช้สมบัติของลอการิทึมในการแก้ปัญหานี้

3. ดำเนินการแก้ปัญหานี้

$$\text{จาก } m(t) = m_0 e^{-kt} : 1 \text{ เดือน} = 30 \text{ วัน}$$

$$2.1 \text{ ปี} = 766.5 \text{ วัน}$$

$$500 = m_0 e^{-\left(\frac{-20}{30}\right) \cdot 766.5}$$

$$500 = m_0 e^{-\left(\frac{-20}{30}\right) \ln 2}$$

$$500 = m_0 e^{-\ln 2 \left(\frac{-20}{30}\right)}$$

$$500 = m_0 e^{-\ln 2 \left(\frac{-20}{30}\right)}$$

$$500 = m_0 e^{-\ln 2 \left(\frac{-20}{30}\right)}$$

$$\therefore m_0 = 500 \sqrt[20]{2^{30}} \approx 513.750.2 \text{ กก./kg หรือ กก./L}$$

ภาพ 13 การดำเนินการแก้ปัญหานี้ (แก้สมการ)



บทที่ 5

บทสรุป

ในการเสริมสร้างมโนทัศน์ และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. เพื่อศึกษาผลการเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

2.1 เปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

2.2 เปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง กับเกณฑ์ร้อยละ 70

2.3 เปรียบเทียบความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

2.4 เปรียบเทียบความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง กับเกณฑ์ร้อยละ 70

โดยผู้เข้าร่วมวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (แผนการเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ - ห่วงปกติ) โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในเขตภาคเหนือตอนล่าง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ 4 จำนวน 34 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 3 ชนิด 1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองปฏิบัติ ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์

โพเนนเซียลและลอการิทึม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ 2) เครื่องมือที่ใช้สะท้อนผลการปฏิบัติ ได้แก่ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่บันทึกโดยผู้วิจัย และ ผู้สังเกตการณ์ และ 3) เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เรื่อง การ ประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้แก่ แบบวัด มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และ แบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ปฐมนิเทศและชี้แจงจุดประสงค์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนที่เป็นผู้เข้าร่วม วิจัย

2. ก่อนดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะ ทดสอบผู้เรียนโดยทำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ก่อนเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ก่อนเรียน โดยใช้เวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง

3. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิต จริง เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์ และ ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในชั่วโมงการปกติของโรงเรียน โดยใช้เวลาการ จัดการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง

4. ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้บันทึกผลการสังเกตพฤติกรรมที่แสดง ถึงความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ลงในแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

5. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะนำผลที่ได้ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มอบให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อนำผลสะท้อนนั้นไปปรับปรุงแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งถัดไป

6. เมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้งสามแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะ ทดสอบผู้เรียนโดยทำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์หลังเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์หลังเรียน โดยใช้เวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง

จากนั้นผู้วิจัยจึงนำแบบแบบทดสอบวัดมโนทัศน์หลังเรียนและความสามารถการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนตรวจเพื่อให้คะแนน และนำคะแนนที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด ไปทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบค่าที (t-test) เพื่อเปรียบเทียบ 1) มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้ 2) มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการเรียนรู้กับเกณฑ์ร้อยละ 70 3) ความสามารถแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้ และ 4) ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังได้รับ การเรียนรู้กับเกณฑ์ร้อยละ 70

สรุปผลการวิจัย

จากผลการเสริมสร้างมโนทัศน์ และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง สามารถสรุปผลการวิจัย ดังนี้

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีประเด็นการสอนที่ควรเน้นได้แก่ ในขั้นที่ 1 แยกย่อยปัญหา ผู้สอนเสนอสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงที่นักเรียนเห็นว่ามีความเป็นจริงและเหมาะสมกับผู้เรียน การกระตุ้นให้ผู้เรียนนั้นใคร่ครวญปัญหานั้นในมุมมองของตนเองหรือใกล้ตัวกับนักเรียน

ขั้นที่ 2 ปะติด ปะต่อ ข้อมูล ครูสร้างพื้นฐานความคิดที่ถูกต้องก่อนการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ปัญหาในกิจกรรมต่อไปโดยดำเนินการได้ด้วยวิธีการ โดยให้นักเรียนสังเกตจากสื่อวิดีโอหรือให้นักเรียนค้นคว้าจากอินเทอร์เน็ตแล้วจึงสรุปเป็นความรู้ของตนเอง ช่วงท้ายของขั้นนี้ผู้สอนวิพากษ์ถึงคำตอบของนักเรียนในแง่ความถูกต้องกับผู้เรียน

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา ครูกำหนดคำถามที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาในขั้นที่ 1 และ 2 โดยสถานการณ์ปัญหา 2 ลักษณะ 1) รูปแบบกราฟสมการเอกซ์โพเนนเชียลหรือลอการิทึม และคำนวณหา 2) คำตอบสมการเอกซ์โพเนนเชียลหรือลอการิทึมจากข้อมูลที่สถานการณ์ปัญหา กำหนดไว้ให้ ภายหลังจากขั้นนี้ผู้สอนจะต้องตรวจสอบใบกิจกรรมวางแผนแก้ปัญหาที่ผู้เรียนส่งเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

ขั้นที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา ผู้เรียนดำเนินการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดในขั้นที่ 3 ด้วยตนเองโดยผู้สอนคือเตรียมตัวบน Google Meet และแอปพลิเคชัน Line เพื่อให้คำปรึกษากับนักเรียนที่ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้ และช่วยเหลือผ่านการชี้แนะแนวทาง กระตุ้นความคิดด้วยคำถาม ภายหลังจากขั้นนี้ผู้สอนต้องประมวลวิธีการแก้ปัญหาของผู้เรียน จัดกลุ่มแยกระหว่างวิธีการที่ผิดและถูกเพื่อเตรียมข้อมูลในเพื่อจัดกลุ่มผู้เรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นต่อไป

ขั้นที่ 5 เสวนา ไตร่ตรองปัญหา ผู้เรียนแยกไปตามห้องย่อยเพื่อเสวนา ไตร่ตรอง ปัญหา เปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาของตนเองกับกลุ่มตามกลุ่มที่ผู้สอนตั้งไว้ ซึ่งมีทั้งหมด 3 รูปแบบคือ Duo Trio และ Tag team ซึ่งจะแบ่งกลุ่มตามลำดับของวงจร เมื่อสิ้นสุดการเสวนาผู้สอนจะต้องหยุดยั้งการดำเนินการแก้ปัญหาของผู้เรียนที่ถูกและผิดมาสะท้อนแก่ผู้เรียนอีกครั้ง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถตัดสินใจความต้องการของการดำเนินการแก้ปัญหาของตน

2. ผลการเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง มีการมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังสูงกว่าก่อนได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3 ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังสูงกว่าก่อนได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.4 ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยขอเสนอการอภิปรายผลการวิจัยตามจุดประสงค์การวิจัย ตามรายละเอียดดังนี้

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เป็นจัดการเรียนรู้ที่นำเสนอสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงที่นักเรียนเห็นว่ามีความเป็นจริงและเหมาะสมกับผู้เรียนให้ผู้เรียนได้ใคร่ครวญไตร่ตรองถึงปัญหาในมุมมองตนเอง รวบรวมข้อมูล วางแผนและลงมือเพื่อแก้สถานการณ์ปัญหานั้น ๆ โดยเมื่อได้ผลลัพธ์การแก้ปัญหาจึงนำการแก้สถานการณ์ปัญหานั้น ๆ เสนอากับผู้อื่นเพื่อไตร่ตรองผลลัพธ์ของตนแล้ว ตัดสินว่าการแก้สถานการณ์ปัญหานั้นถูกต้องหรือไม่ โดยแต่ละขั้นตอนมีประเด็นในเรื่องปัญหาและอุปสรรค แนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนรู้รวมถึงข้อเสนอแนะในกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 แยกย่อยปัญหา งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าปัญหาที่หยาบยกขึ้นมาเสนอมีความสำคัญ โดยสถานการณ์ปัญหานั้นต้องเกิดขึ้นในชีวิตจริงที่นักเรียนเห็นว่ามีความเป็นจริงและ

เหมาะสมกับผู้เรียน บทบาทผู้สอนที่สำคัญคือการกระตุ้นให้ผู้เรียนนั้นใคร่ครวญปัญหานั้นในมุมมองของตนเองหรือใกล้ตัวกับนักเรียน

ขั้นที่ 2 ปะติด ปะต่อ ข้อมูล งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าขั้นนี้การสร้างพื้นฐานความคิดที่ถูกต้องก่อนการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ปัญหาในกิจกรรมต่อไปนั้นสำคัญ การสร้างประสบการณ์ให้นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่อ้างอิงจากชีวิตจริงด้วยตนเอง สามารถดำเนินการได้ด้วยวิธีการ เช่น การให้นักเรียนสังเกตจากสื่อวิดีโอ การให้นักเรียนค้นคว้าจากอินเทอร์เน็ต บทบาทผู้สอนที่สำคัญคือการวิพากษ์ถึงคำตอบของนักเรียนในแง่ความถูกต้อง

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าลักษณะคำถามที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาในขั้นที่ 1 และ 2 เป็นสิ่งสำคัญโดยผู้เรียนจะวางแผนนำสถานการณ์ปัญหามาเขียนในรูปแบบกราฟสมการเอกซ์โพเนนเชียลหรือลอการิทึม และคำนวณหาคำตอบสมการเอกซ์โพเนนเชียลหรือลอการิทึมจากข้อมูลที่สถานการณ์ปัญหากำหนดไว้ให้ บทบาทผู้สอนที่สำคัญคือตรวจสอบใบกิจกรรมวางแผนแก้ปัญหาที่ผู้เรียนส่งในงานของชั้นเรียนใน Google Classroom

ขั้นที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนดำเนินการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดในขั้นที่ 3 ได้ด้วยตนเองโดยผู้สอนคือเตรียมตัวบน Google Meet และแอปพลิเคชัน Line สำหรับให้คำปรึกษากับนักเรียนที่ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้ และช่วยเหลือผ่านการชี้แนะแนวทาง กระตุ้นความคิดด้วยคำถาม บทบาทสำคัญของผู้สอนคือเมื่อผู้เรียนส่งใบกิจกรรมลงมือแก้ปัญหางานของชั้นเรียนใน Google Classroom แล้วต้องประมวลวิธีการแก้ปัญหาของผู้เรียน จัดกลุ่มแยกระหว่างวิธีการที่ผิดและถูกเพื่อเตรียมข้อมูลในเพื่อจัดกลุ่มผู้เรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นต่อไป

ขั้นที่ 5 เสวนา ไตร่ตรองปัญหา งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อผู้เรียนแยกไปตามห้องย่อยเพื่อเสวนา ไตร่ตรอง ปัญหา เปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาของตนเองกับกลุ่ม เมื่อจำนวนกลุ่มมีจำนวนมาก ผู้สอนจะไม่สามารถติดตามการเคลื่อนไหวของทุกกลุ่มได้ ในวิจัยนี้ใช้ Google Sheet เก็บข้อมูลที่ช่วยให้เห็นความเคลื่อนไหวของผู้เรียนได้ บทบาทสำคัญของผู้สอนคือเมื่อสิ้นสุดการเสวนา ผู้สอนจะต้องหยาบยบการดำเนินการแก้ปัญหาของผู้เรียนที่ถูกและผิดมาสะท้อนแก่ผู้เรียนอีกครั้ง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถตัดสินความถูกต้องของการดำเนินการแก้ปัญหาของตนได้

จากลำดับขั้นกิจกรรมข้างต้นสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงว่ามีขั้นตอน ชานนท์ จันทรา (2550) ได้อธิบายถึงลักษณะสำคัญที่เป็นลักษณะพื้นฐานต้องมี 5 ขั้นดังนี้ 1) ผู้สอนกำหนดปัญหาเชิงบริบทที่สอดคล้องกับหัวข้อที่เรียน 2) ระหว่างทำกิจกรรมที่ส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน ผู้สอนจะให้ผู้เรียนสืบค้นข้อเท็จจริงและหาคำตอบโดยครูทำหน้าที่ให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มในกรณีที่ผู้เรียนต้องการความช่วยเหลือ 3) ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อเปรียบเทียบคำตอบที่ผู้เรียนแต่ละบุคคลหรือกลุ่มนำเสนอในชั้นเรียนซึ่งการอภิปรายแสดงให้เห็นถึงแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายของผู้เรียน 4) ผู้สอนให้ผู้เรียนหาคำตอบเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนดที่เป็นของแต่ละบุคคลหรือกลุ่มอย่างอิสระเพื่อสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้และเส้นทางการเรียนรู้ของตนเอง และ 5) ผู้สอนกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่มีลักษณะใกล้เคียงกับปัญหาที่กำหนดในครั้งแรกให้ผู้เรียนฝึกแก้ปัญหาอีกครั้งเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ

นอกจากนี้การดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ยังต้องจัดเตรียมสื่อการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ โปรแกรมและวิธีการที่ใช้เก็บเก็บรวบรวมความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ คำตอบของคำถามในกิจกรรม และเอกสารการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ งานวิจัยในครั้งนี้ใช้ Google Classroom ที่สามารถสร้างลิงก์ Google Meet เชื่อมโยงกันได้สามารถเข้าร่วมได้ทันที ผู้สอนสามารถอัปโหลดไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ใน Google Classroom และผู้สอนสามารถสร้างงานในชั้นเรียนเพื่อให้ผู้เรียนอัปโหลดไฟล์ส่งไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ใบกิจกรรม เข้าระบบเพื่อให้ผู้สอนตรวจได้ ซึ่งทุกชั้นการเรียนรู้เป็นการจัดการเรียนรู้แบบประสานเวลาที่มีผู้สอนและผู้เรียนอยู่ในเวลาเดียวกัน สามารถปฏิสัมพันธ์แบบทันทีทันใด (ฐาปนีย์ ธรรมเมธา, 2557)

2. ผลการเสริมสร้างมโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

2.1 ผลการเสริมสร้างมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง พบว่า 1) มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังสูงกว่าก่อนได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงมีแนวทางในการส่งเสริมมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งจากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้จากผู้วิจัยและผู้สังเกตได้สะท้อนว่าการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา และขั้นที่ 5 เสวนา ไตร่ตรองปัญหา ส่งเสริมมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ โดยผู้เรียนจะให้เห็นความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่ถูกและผิดของมโนทัศน์ ซึ่งเป็นไปตามแนวทางการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (Travers, 1967) สอดคล้องกับงานวิจัยในประเทศไทยของ เกศินี เพ็ชรรุ่ง (2556) ที่ได้วิจัยการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเพื่อส่งเสริมมโนทัศน์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยผลวิจัยสะท้อนว่าผู้เรียนที่ใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงมีมโนทัศน์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ผลการเสริมสร้างความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง พบว่า 1) ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังสูงกว่าก่อนได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงมีแนวทางในการส่งเสริมความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ซึ่งจากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้จากผู้วิจัยและผู้สังเกตได้สะท้อนว่าการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 แยกย่อยปัญหา และขั้นที่ 2 ประติด ประต่อ ข้อมูลพัฒนาความสามารถทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถวางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถดำเนินการแก้ไขปัญหา และขั้นที่ 5 เสวนา ไตร่ตรองปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถสรุปคำตอบ ฉะนั้นในภาพรวมขั้นทั้ง 5 ในการจัดการเรียนรู้จึงสามารถส่งเสริมความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยในขั้นการจัดการเรียนรู้ผู้เรียนได้ลองใช้ความสามารถในการกำหนดปัญหาและสร้างข้อคาดเดาซึ่งเป็นสภาพที่เอื้อให้เกิดการพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาของผู้เรียน (NTCM, 1991, อ้างอิงใน นวลละออง ปิริยะ, 2551) นอกจากนี้ผู้เรียนได้ลองแก้ไขสถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจที่ไม่ยากหรือง่ายจนเกินไปซึ่งช่วยพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้ด้วยเช่นกัน (Bitter, 1990) สอดคล้องกับงานวิจัยในประเทศไทยของ นิตาวรรณ ทองไทย (2562) ที่ได้วิจัยเรื่องผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในโรงเรียนขนาดเล็ก ที่หนึ่งในผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และผู้เรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น และ ชนิตา จำปาอ่อน (2562) ได้วิจัยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงเพื่อส่งเสริมความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ได้หนึ่งผลวิจัยพบว่าพัฒนาการของความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ด้านภาพรวมอยู่ในระดับดี ซึ่งด้านการสรุปคำตอบมีค่าเฉลี่ยการพัฒนามากที่สุดคือ 2.75 คะแนน

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1. เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้สถานการณ์ในบริบทจริงที่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกเชื่อมโยง ดังนั้นในบริบทที่ต่างกันอาจมีสถานการณ์ที่น่าสนใจต่างกัน ดังนั้นผู้สอนจึงสามารถเลือกสถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจและเหมาะสมกับผู้เรียนเองได้

2. ในขั้นตอนเสวนา ไตร่ตรองปัญหา หากผู้เรียนมีจำนวนมากอาจไม่สามารถติดตามผู้เรียนไปในทุก ๆ ชั้นเรียนที่แบ่งไปได้ ทำให้ผู้สอนไม่เห็นความเคลื่อนไหวของผู้เรียน ผู้สอนสามารถใช้เครื่องมือออนไลน์อื่น ๆ เช่น google sheet ที่ปรับให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขเอกสารได้เพื่อให้เห็นความเคลื่อนไหวของผู้เรียนในการเสวนาตอบโต้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงในครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่การพัฒนามโนทัศน์และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นความสามารถหลักที่เกี่ยวข้องกัน สามารถศึกษาไปในความสามารถอื่น ๆ ได้ เช่น ความสามารถให้เหตุผล ความสามารถเชื่อมโยง ความสามารถสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากในงานวิจัยนี้พบว่าในระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ผู้เรียนแสดงถึงพฤติกรรมที่บ่งบอกว่าใช้ความสามารถข้างต้น

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงมุ่งเน้นไปที่การออกแบบชั้นการสอนโดยใช้หลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตและจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบออนไลน์ที่ผู้เรียนและผู้สอนอยู่ต่างสถานที่กัน สามารถศึกษาผลการวิจัยในรูปแบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาอื่น ๆ มีความเหมาะสมกับรูปแบบออนไลน์ได้ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้คำถามเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด เป็นต้น เพื่อค้นหาข้อค้นพบที่จะช่วยสนับสนุนให้การเรียนรู้แบบออนไลน์มีแนวทางที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

บรรณานุกรม



- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กิตติ พัฒนตระกูลสุข. (2546). *การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาของประเทศไทย ล้มเหลวจริงหรือ*. วารสารคณิตศาสตร์ 46, 530-532(มกราคม) 54-58.
- เกศินี เพ็ชรรุ่ง. (2556). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเพื่อส่งเสริมโน้มน้าและความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จันทร์ ตีระวงศ์. (2564). *ผลของการเรียนการสอนออนไลน์ในเรื่องเส้นขนานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. สืบค้นจาก <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/NBU/article/view/252612>
- ชนิดา จำปาอ่อน. (2562). *การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต)*. สืบค้นจาก <http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/handle/123456789/2711>
- ชาญชัย อาจินสมาจาร. (2544). *หลักการสอนทั่วไป*. ม.ป.ท., ป.ป.พ.
- ชานนท์ จันทร์. (2550). *การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของผู้เรียน : จากแนวคิดสู่หลักการ (ตอนที่ 1)*. นิตยสารคณิตศาสตร์ MY MATHS, 3(7), 48-51.
- ฐาปนีย์ ธรรมเมธา. (2557). *อีเลิร์นนิ่ง : จากทฤษฎีสู่การปฏิบัติ โครงการมหาวิทยาลัยไซเบอร์ไทย*. กรุงเทพฯ: สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา.
- ธีรภัทร ถิ่นแสนดี. (2564). *การจัดการเรียนการสอนออนไลน์ภายใต้สถานการณ์โรคอุบัติใหม่*. สืบค้นจาก <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/saketreview/article/view/254545>
- นวลละออง ปิริยะ. (2551). *กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องทศนิยมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านช่องไทร จังหวัดสตูล*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- นิตาพรรณ ทองไทย. (2562). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในโรงเรียนขนาดเล็ก (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์)*. สืบค้นจาก <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/OJED/article/view/222204>
- พัชรินทร์ ชุกกลิ่น. (2554). *การใช้วิจัยเชิงปฏิบัติการในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2556). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2554 เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 7 รอบ 5 ธันวาคม 2554*. กรุงเทพฯ : ราชบัณฑิตยสถาน.

- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2537). *การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์*. วารสารคณิตศาสตร์, 38(434-435), 62-74.
- ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์*. สืบค้นจาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2018-fullreport/>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ : องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กระทรวงศึกษาธิการ. (2557). *รายงานผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2011 วิชาคณิตศาสตร์*. สืบค้นจาก https://library.ipst.ac.th/bitstream/handle/ipst/740/TIMSS2011_maths_report.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *สรุปข้อมูลเบื้องต้น PISA 2015*. สืบค้นจาก <https://drive.google.com/file/d/0BwqFSkq5b7zSaHpGemExYVhjYUk/view>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. สืบค้นจาก <http://www.sl.ac.th/files/vichakan/3.pdf>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*. สืบค้นจาก <https://www.scimath.org/ebook-mathematics/item/8379-2560-2551-8379>
- สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.
- สุนิสา สุมิตรณะ. (2555). *การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการรู้คณิตศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงและกระบวนการแก้ปัญหา DAPIC*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย/กรุงเทพฯ.
- โสภณ บำรุงสงฆ์ และ สมหวัง ไตรตันวงศ์. (2520). *เทคนิคและวิธีการสอนคณิตศาสตร์แนวใหม่*. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.
- สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2558). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัย ฉบับราชบัณฑิตยสภา*. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานราชบัณฑิตยสภา.
- อาทิตยา สำราญอินทร์. (2553). *ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการปรับโนทัศน์ที่มีต่อเมโนทัศน์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- อัมพร ม้าคนอง. (2546). *คณิตศาสตร์: การสอนและการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคนอง. (2553). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัญชลี พันธุ์ศรีบุตร, (2544). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นศูนย์กลางในเรื่องการดำเนินการทางธุรกิจ รายวิชาคณิตศาสตร์การตลาด สำหรับนักศึกษาในระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง โรงเรียนลำปางพณิชยการและเทคโนโลยี. ฉบับอัดสำเนา, วิทยานิพนธ์ (ศศ.ม.) สาขาศึกษาศาสตร์ :มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช*
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Bitter, G. (1990). *Mathematics methods for the elementary and middle school : A Comprehensive Approach*. Boston: Allyn & Bacon.
- Cooney, T. J., Davis, E. J., And Henderson, K. B. (1975). *Dynamics Teaching Secondary School Mathematics*. 2 nd ed. Boston: Houghton Mifflin.
- David C. Webb, Henk van der Kooij and Monica R. Geist. (2011). *Design Research in the Netherlands: Introducing Logarithms Using Realistic Mathematics Education*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/262485692_Design_Research_in_the_Netherlands_Introducing_Logarithms_Using_Realistic_Mathematics_Education
- De Lange, J. (1996). Using and Applying Mathematics in Education. In A.J. Bishop et al., (Eds.), *International Handbook of mathematics in Education*. Kluwer: 49-97.
- Eggen, P. and Kauchak, D. (2006). *Strategies and Models for Teachers Teaching Content And Thinking Skill*. United States of America: Pearson Education. Inc.
- Good, C.V. (1973). *Dictionary of Education*. 3rd ed. New York: McGraw – Hill BookCompany, Inc.
- Jinnie Choi and Alyssa Walters. (2018). *Exploring the Impact of Small-Group Synchronous Discourse Sessions in Online Math Learning*. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=EJ1202373>
- Judah P. Makonye. (2014). *Teaching Functions Using a Realistic Mathematics Education Approach: A Theoretical Perspective*. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09751122.2014.11890228>
- Lester, F. K. (1994). *Musings about mathematical problem solving research: 1970-1994*. Journal for Research in Mathematics Education (25th anniversary special issue), 25, 666.

- Meyer. (2001). *The Roles of Representation in School Mathematics. Representation in Realistic Mathematics Education*. In Cuoco. pp. 238-250.
- National Research Council. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. In J. Kilpatrick, J. Swafford, & B. Findell (Eds.). Mathematics Learning Study Committee, Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: National Academy Press.
- Piaget. (1969). *Biology and knowledge*. Chicago: University of Chicago Press.
- Toumasis, C. (1995). *Concept Worksheet: An important tool for learning*. *The Mathematics Teacher*, 88(2), 98 - 100.
- Travers, R. M. W. (1967). *Essentials of learning : An Overview for students of Education*. New York : The Macmillan Co.
- Van den Heuvel-Panhuizen, M. (2000). *Mathematics Education in the Netherlands: A Guided Tour, Freudenthal Institute CD-ROM for ICME9*. Retrieved from <http://www.fi.uu.nl/en/rme/TOURdef+ref.pdf>.
- Wilson, James. (1971). *Evaluation of Learning in Secondary School Mathematics, in Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. Pp.643-696. Edited by Benjamin S.Bloom. New York: McGraw-Hill.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เรื่อง การเสริมสร้างมโนทัศน์ และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและ ลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษา คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง มีรายชื่อผู้เชี่ยวชาญดังนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษ กลิ่นเอี่ยม

อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินนิต พูนไพบูลย์พิพัฒน์

อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

นางสาวธัญลักษณ์ อิงควระ

ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ครูโรงเรียนมัธยมสาธิตมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก



ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้
2. ตัวอย่างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้
3. ตัวอย่างแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
4. ตัวอย่างแบบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม

สถานการณ์ที่ 1 อาหารเป็นพิษจากแบคทีเรีย *C. perfringens*

เวลา 4 ชั่วโมง

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

สาระจำนวนและพีชคณิต

ผลการเรียนรู้

1. เข้าใจลักษณะกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึมและนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

2. แก้สมการเอกซ์โพเนนเชียลและสมการลอการิทึม และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

สาระสำคัญ

การเพิ่มขึ้นของจำนวนเชื้อแบคทีเรีย *C. perfringens* ซึ่งเป็นไปอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาเป็นแบบที่เรยก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษมีสูตรการหาจำนวนประชากรเมื่อเวลาผ่านไป t ชั่วโมง ดังนี้

$$n(t) = n_0 e^{rt}$$

เมื่อ $n(t)$ แทน จำนวนประชากรเมื่อเวลาผ่านไป t ชั่วโมง

n_0 แทน จำนวนประชากร ณ จุดเริ่มต้น

r แทน อัตราการเติบโตของจำนวนประชากรต่อเวลา

e แทน ค่าคงตัวทางคณิตศาสตร์ที่เป็นฐานของลอการิทึมธรรมชาติ ซึ่งเป็นจำนวนตรรกยะที่มี ค่าประมาณ 2.7182818

สาระการเรียนรู้

1. เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ

<p>บทนิยาม เมื่อ a เป็นจำนวนจริง n เป็นจำนวนเต็ม ที่มากกว่า 1 และ a มีรากที่ n</p> $a^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{a}$	<p>บทนิยาม ให้ a เป็นจำนวนจริง p, q เป็นจำนวนเต็มที่</p> $(p, q) = 1, q > 0 \text{ และ } a^q \in \mathbb{R} \text{ โดยเมื่อ } p < 0 \text{ แล้ว } a \text{ ต้องไม่เป็น } 0$ $a^{\frac{p}{q}} = (a^{\frac{1}{q}})^p$
--	---

ทฤษฎีบท ให้ m และ n เป็นจำนวนตรรกยะ และ a^m, a^n, b^n เป็นจำนวนจริง จะได้

$$1. a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

$$2. (a^m)^n = a^{mn}$$

$$3. (ab)^n = a^n b^n$$

$$4. \left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n} \text{ เมื่อ } b \neq 0$$

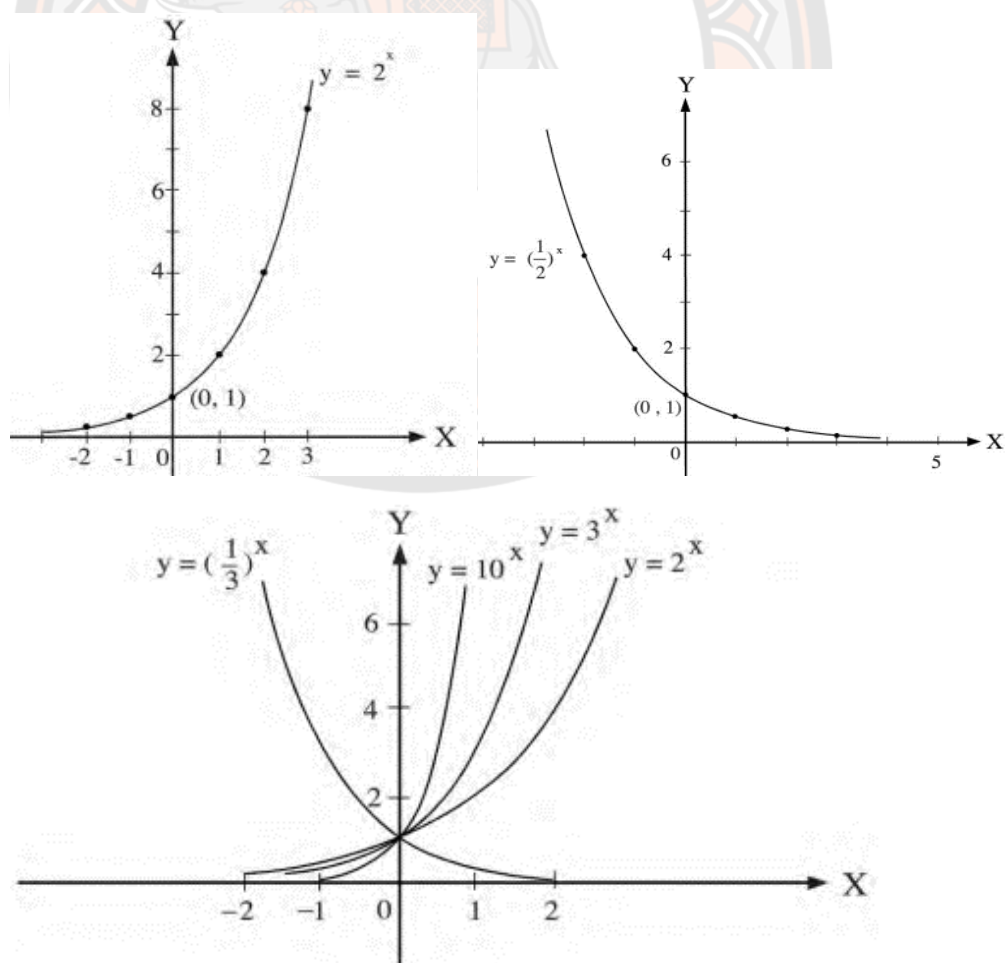
$$5. \frac{a^m}{a^n} = a^{m-n} \text{ เมื่อ } a \neq 0$$

2. ลักษณะกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

บทนิยาม ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล (exponential function) คือ ฟังก์ชัน

$$\{(x, y) \in \mathbb{R} \times \mathbb{R} \mid y = a^x, a > 0, a \neq 1, a \in \mathbb{R}\}$$

ตัวอย่าง กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล



3. การแก้สมการเอกซ์โพเนนเชียลและสมการลอการิทึม

ตัวอย่างการแก้สมการเอกซ์โพเนนเชียล

1) $10^x = 100$

$$10^x = 100$$

$$10^x = 10^2$$

$$x = 2$$

ตอบ $x = 2$

2) $\left(\frac{1}{2}\right)^x = 16$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^x = 16$$

$$2^{-x} = 2^4$$

$$-x = 4$$

$$x = -4$$

ตอบ $x = -4$

3) $4^{-x} = \frac{1}{64}$

$$4^{-x} = \frac{1}{64}$$

$$2^{-2x} = 2^{-6}$$

$$-2x = -6$$

$$x = 3$$

ตอบ $x = 3$

ตัวอย่างการแก้สมการลอการิทึม

1) $\log_2 x = 5$

$$\log_2 x = 5$$

$$x = 2^5$$

ตอบ $x = 2^5$

$$2) \log_x 1000 = 3$$

$$\log_x 1000 = 3$$

$$1000 = x^3$$

$$10^3 = x^3$$

$$10 = x$$

ตอบ $x = 10$

$$3) \log_x 6 = \frac{1}{2}$$

$$\log_x 6 = \frac{1}{2}$$

$$6 = x^{\frac{1}{2}}$$

$$6^2 = x^2$$

$$36 = x$$

ตอบ $x = 36$

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนสามารถ

ด้านความรู้ (K)

1. อธิบายลักษณะกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลได้
2. จำแนกฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึมได้
3. คำนวณผลลัพธ์จากการแทนค่าสูตรการหาจำนวนประชากรเชื้อแบคทีเรียได้

ด้านทักษะและกระบวนการ (P)

แสดงเหตุผลในการดำเนินการแก้ปัญหาโดยอ้างอิงหลักการของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

1. มีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน
2. มีความมุ่งมั่นในการทำงาน

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ 1 “แยก ย่อยปัญหาการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรีย”
2. ใบกิจกรรมที่ 2 “ปะติด ปะต่อ ข้อมูลการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรีย”
3. ใบกิจกรรมที่ 3 “วางแผนแก้ปัญหาการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรีย”
4. ใบกิจกรรมที่ 4 “ลงมือแก้ปัญหาการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรีย”
5. ใบกิจกรรมที่ 5 “เสวนา ไตร่ตรองปัญหาการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรีย”
6. วิดีโอ นักเรียนอาหารเป็นพิษกว่า 130 คน | 15-11-61 | ข่าวเย็นไทยรัฐ จาก <https://youtu.be/m892kFdALj8>
7. วิดีโอ Bacteria Growth จาก <https://www.youtube.com/watch?v=gEwzDydcIWc>
8. เอกสารประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์ เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค จาก http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P416.pdf

การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			เกณฑ์การประเมิน
1. อธิบายลักษณะกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลได้	ตรวจสอบการอธิบาย	Google ฟอรัม ใบกิจกรรมที่ 4	ประเมิน 4 ระดับคุณภาพ
2. จำแนกฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึมได้	ตรวจสอบการจำแนก	Google ฟอรัม ใบกิจกรรมที่ 4	4 = ดีมาก 3 = ดี
3. คำนวณผลลัพธ์จากการแทนค่าสูตรการหาจำนวนประชากรเชื้อแบคทีเรียได้	ตรวจสอบการคำนวณ	Google ฟอรัม ใบกิจกรรมที่ 4	2 = พอใช้ 1 = ปรับปรุง
ด้านทักษะและกระบวนการ (P)			
แสดงเหตุผลในการดำเนินการแก้ปัญหาโดยอ้างอิงหลักการของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลได้	ตรวจสอบการแสดงเหตุผล	Google ฟอรัม ใบกิจกรรมที่ 4	

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์			
(A)	สังเกตพฤติกรรมไม่รู้เผลอ	แบบสังเกต	
1. มีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน	เรียน	พฤติกรรมใฝ่รู้ใฝ่เรียน	
2. มีความมุ่งมั่นในการทำงาน	สังเกตพฤติกรรมมุ่งมั่นในการทำงาน	แบบสังเกต พฤติกรรมมุ่งมั่นในการทำงาน	

กิจกรรมการเรียนรู้ผ่านโปรแกรม Google meet

ขั้นที่ 1 แยก ย่อยปัญหา (20 นาที)

1. ครูเสนอประเด็นปัญหาอาหารเป็นพิษจากวิดีโอ “นักเรียนอาหารเป็นพิษกว่า 130 คน | 15-11-61 | ข่าวเย็นไทยรัฐ” จาก <https://youtu.be/m892kFdAlj8>



2. นักเรียนเสนอความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานถึงสาเหตุสถานปัญหาในข้อที่ 1 ลงในข้อความการประชุม (Meeting chat)
3. ครูจัดกลุ่มและเรียบเรียงคำตอบของนักเรียน พูดคุยโต้ตอบในประเด็นที่นักเรียนนำเสนอ โดยมีเป้าหมายสุดท้ายที่คำตอบของนักเรียนที่พูดถึงอาหารเป็นพิษจากแบคทีเรียยกตัวอย่างแบคทีเรียก่อโรค คือ Clostridium perfringens

ขั้นที่ 2 ปะติด ปะต่อ ข้อมูล (40 นาที)

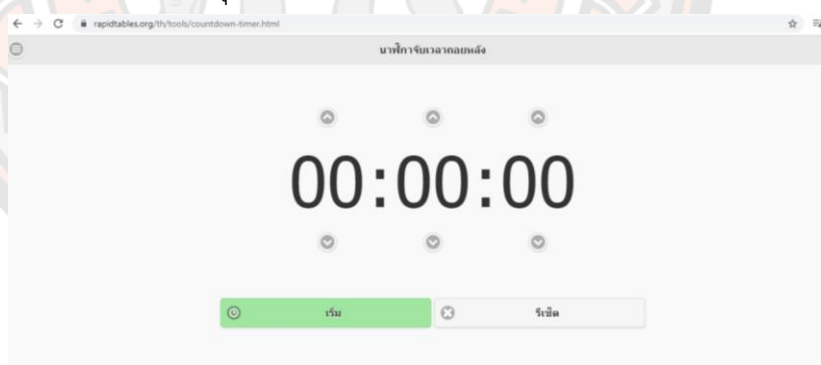
1. นักเรียนสังเกตการแบ่งตัวของแบคทีเรียโดยทั่วไปผ่านวิดีโอ Bacteria Growth จาก <https://www.youtube.com/watch?v=gEwzDydcWc> ที่ครูแชร์หน้าจอเพื่อให้ นักเรียนรับชมไปพร้อมกัน



2. ครูกระตุ้นความคิดนักเรียนด้วยคำถามชวนคิดว่าลักษณะการแบ่งของแบคทีเรียเป็นอย่างไร

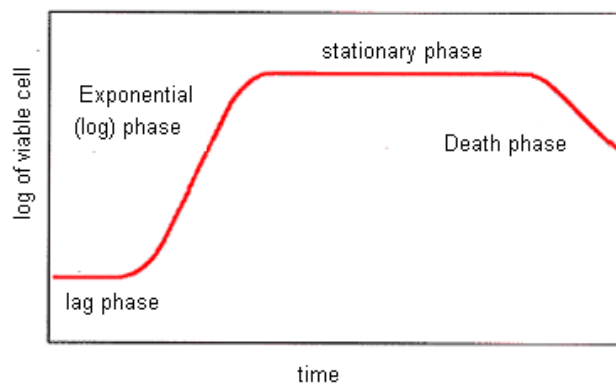
- แบคทีเรียขยายพันธุ์โดยการแบ่งตัวแบบทวิภาค (binary fission) คือแบ่งจากหนึ่งเป็นสองเซลล์เท่า ๆ กัน ระยะเวลาแบ่งเซลล์เรียกว่า generation time ซึ่งแบคทีเรียแต่ละชนิดจะใช้เวลาไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียและสภาพแวดล้อม

3. นักเรียนตอบคำถามตามความคิดผ่านข้อความการประชุม (Meeting chat) โดยกำหนดเวลา 5 – 8 นาที โดยครูแชร์หน้าจอนาฬิกาจับถอยหลังในเว็บไซต์ <https://www.rapidtables.org/th/tools/countdown-timer.html> ไปด้วยในขณะนั้นเพื่อเป็นการกระตุ้นนักเรียน



4. ครูเรียบเรียงคำตอบของนักเรียนโดยยกคำตอบของนักเรียนที่ถูกต้องขึ้นมาอธิบายประกอบการเปิดคลิปวิดีโออ่อนให้ดูอีกครั้งหนึ่ง
5. ครูตั้งคำถามต่อไปกับนักเรียนว่า “หากนำแบคทีเรียจำนวน 100 ตัว ใส่ลงไป ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นของเหลว แล้วจัดสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ออกซิเจน ให้เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรีนั้นแล้ว นักเรียนคิดว่าแบคทีเรีนั้นแบ่งตัวได้อย่างไร จะแบ่งตัวครั้ง ๆ ไปเรื่อย ๆ หรือไม่”
- เมื่อนำแบคทีเรียจำนวนหนึ่ง ใส่ลงไป ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นของเหลว แล้วจัดสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ออกซิเจน ให้เหมาะสม กับการเจริญของแบคทีเรีนั้น จะ

พบว่าแบคทีเรียมีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนมากขึ้น รูปแบบของการเจริญของแบคทีเรียจะ
เป็นไป แบ่งเป็น 4 ระยะ



ซึ่งแบคทีเรียจะไม่แบ่งตัวเพิ่มจำนวนไปเรื่อย ๆ แต่จะแบ่งตัวจนอัตราคงที่

6. นักเรียนตอบคำถามในข้อ 8 ผ่านข้อความการประชุม (Meeting chat) โดยกำหนดเวลา 5 - 8 นาที

7. ครูนำคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 9 มาวิพากษ์ว่าคำตอบใดถูก/ผิด เพื่อตั้งฐานให้นักเรียนมี
พื้นฐานความคิดที่ถูกต้องก่อนการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ปัญหาในกิจกรรมต่อไป

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา (60 นาที)

1. ครูกำหนดสถานการณ์ Clostridium perfringens



“Clostridium perfringens เป็นแบคทีเรียก่อโรคชนิดหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ (food poisoning) ทำให้มีอาการคลื่นไส้ ปวดท้อง ท้องร่วง ไม่อาเจียร เกิดอาการ
ใน 8-22 ชั่วโมง ระยะโรค 12 - 48 ชั่วโมง สามารถเพิ่มจำนวนประชากรได้อย่าง
รวดเร็ว สามารถเพิ่มตัวเองเป็น 2 เท่าได้ใน 10 นาที หากแบ่งตัวในสภาวะที่เหมาะสม”
หากการเพิ่มขึ้นของจำนวนเชื้อแบคทีเรียซึ่งเป็นไปอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาที่มีสูตรการ
หาจำนวนประชากรเมื่อเวลาผ่านไป t ชั่วโมง ดังนี้

$$n(t) = n_0 e^{rt}$$

เมื่อ $n(t)$ แทน จำนวนประชากรเมื่อเวลาผ่านไป t ชั่วโมง

n_0 แทน จำนวนประชากร ณ จุดเริ่มต้น

r แทน อัตราการเติบโตของจำนวนประชากรต่อเวลา

e แทน ค่าคงตัวทางคณิตศาสตร์ที่เป็นฐานของลอการิทึมธรรมชาติ
ซึ่งเป็นจำนวนตรรกยะที่มี ค่าประมาณ 2.7182818

2. นักเรียนพิจารณาข้อมูลในข้อที่ 9 และใคร่ครวญคำถาม 2 ข้อ ดังนี้
 - ในสภาวะที่เหมาะสมกับการแบ่งตัวแบบคทีเรีย Clostridium perfringens ลักษณะกราฟการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะเป็นอย่างไร
 - ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 พ.ศ. 2563 ผลิตภัณฑ์ไข่เยี่ยวม้า ต้องมี Clostridium perfringens ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g)

16. ไข่เยี่ยวม้า	1. แซลโมเนลลา (<i>Salmonella</i> spp.)	ไม่พบใน 25 กรัม (g)
	2. สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (<i>Staphylococcus aureus</i>)	ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g)
	3. คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (<i>Clostridium perfringens</i>)	ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g)

ที่มา : http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P416.pdf

หากมี Clostridium perfringens ในไข่เยี่ยวม้า 23 CFU/g แล้วนำไข่นั้นไปไว้ในที่ที่เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรียแล้วจะใช้เวลาานเท่าไร ที่ Clostridium perfringens จะเกิน 100 CFU/g

3. นักเรียนระบุสิ่งที่จำเป็นสำหรับการแก้สถานการณ์ปัญหาในข้อที่ 10 ลง Google form ใบกิจกรรมที่ 3

ขั้นที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา (60 นาที)

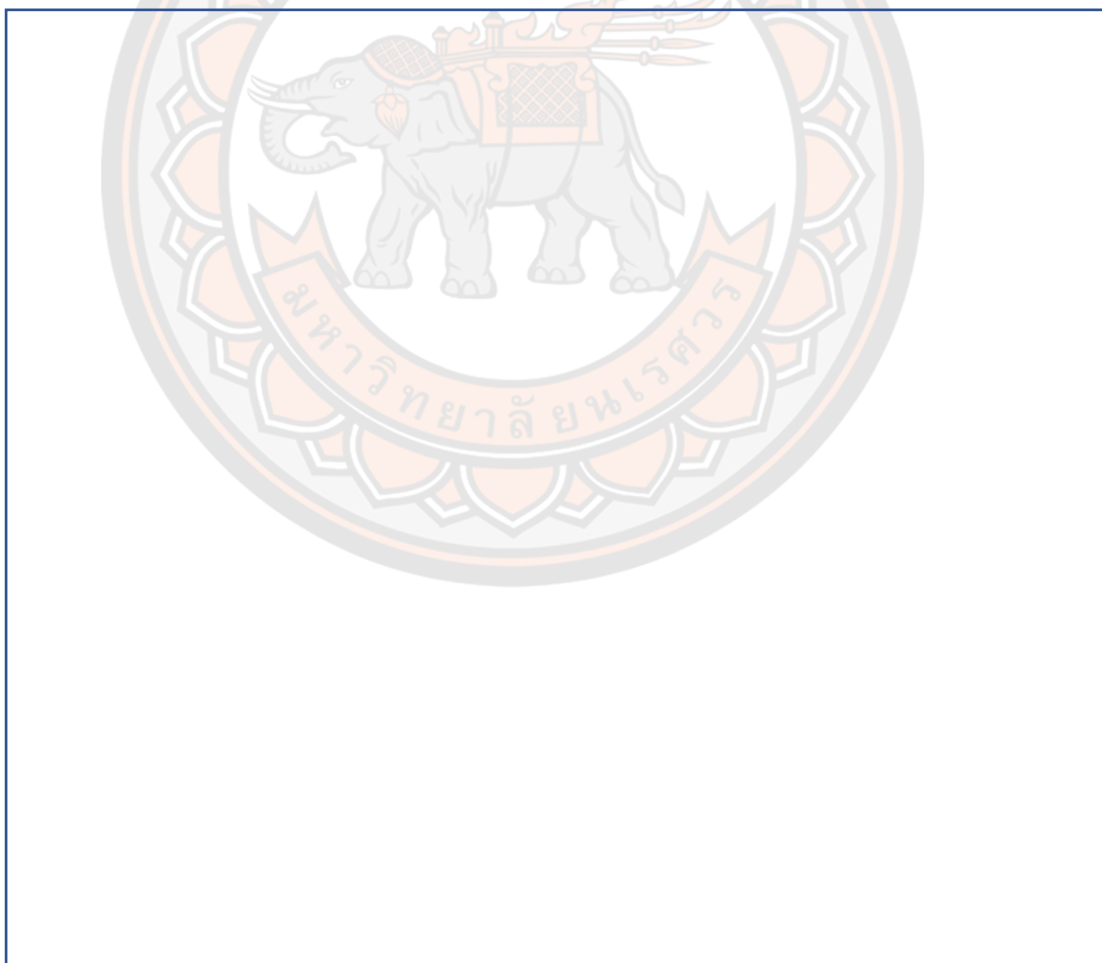
1. นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาและส่งคำตอบผ่าน Google form ใบกิจกรรมที่ 4 และจัดทำงานนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของตนเพื่อแลกเปลี่ยนกับนักเรียนอื่นในชั้นเรียน
2. ครูเตรียมตัวบน Google meet สำหรับให้คำปรึกษากับนักเรียนที่ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้ และช่วยเหลือผ่านการชี้แนะแนวทาง กระตุ้นความคิดด้วยคำถาม
3. หลังจากนักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาและส่งคำตอบผ่าน Google form ใบกิจกรรมที่ 4 แล้วครูจึงประมวลวิธีการแก้ปัญหานักเรียนทั้งหมด เรียบเรียงวิธีการไล่ลำดับจากง่ายไปซับซ้อนและแยกวิธีการที่ผิดและถูกเพื่อเตรียมข้อมูลในกิจกรรมที่ 5 ให้นักเรียนได้เสวนา ไตร่ตรองปัญหา

ขั้นที่ 5 เสวนา ไตร่ตรองปัญหา (60 นาที)

1. ครูแบ่งให้นักเรียนจับคู่กัน (Duo) โดยครูใช้ตัวเลือกห้องแยกใน Google meet เพื่อแยกนักเรียนให้อยู่กับคู่ของตนเอง
 - ครูจะเลือกจับคู่ระหว่างนักเรียนที่ทำผิดกับทำถูก ไม่ซับซ้อนกับซับซ้อน เพื่อให้ทั้งคู่ได้แลกเปลี่ยนมุมมองและแนวคิด
2. นักเรียนสนทนาแลกเปลี่ยนเพื่อตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหา รวมถึงความถูกต้อง คำตอบของตน ผ่าน 2 คำถาม
 - การดำเนินการแก้ปัญหาของตนถูกต้องหรือไม่
 - การดำเนินการแก้ปัญหาของทั้งตนต่างจากคู่ (Duo) อย่างไร
3. นักเรียนสะท้อนคำตอบจากทั้ง 2 คำถามในข้อที่ 16 ให้กับครูผ่าน Google form ใบกิจกรรมที่ 5
4. ครูหยิบยกการดำเนินการแก้ปัญหา 3 แบบ คือ
 - การดำเนินการแก้ปัญหาที่ผิด
 - การดำเนินการแก้ปัญหาที่ถูกต้องไม่ซับซ้อน
 - การดำเนินการแก้ปัญหาที่ถูกต้องและซับซ้อนมาสะท้อนผลแก่นักเรียน

ใบกิจกรรม ชั้นที่ 1 “แยก ย่อยปัญหาการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรีย” (20 นาที)

เมื่อนักเรียนรับชมวิดีโอ “นักเรียนอาหารเป็นพิษกว่า 130 คน | 15-11-61 | ข่าวเย็นไทยรัฐ” จาก <https://youtu.be/m892kFdALj8> แล้วนักเรียนมีความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานถึงสาเหตุสถานปัญหาอย่างไร



ใบกิจกรรม ชั้นที่ 2 “ปะติด ปะต่อ ข้อมูลการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรีย” (40 นาที)

เมื่อนักเรียนสังเกตการแบ่งตัวของแบคทีเรียโดยทั่วไปผ่านวิดีโอ Bacteria Growth จาก <https://www.youtube.com/watch?v=gEwzDydcIWc> แล้วนักเรียนคิดว่าลักษณะการแบ่งของแบคทีเรียเป็นอย่างไร



A large empty rectangular box with a blue border, intended for students to write their observations or answers.

หากนำแบคทีเรียจำนวน 100 ตัว ใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นของเหลว แล้วจัดสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ออกซิเจน ให้เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรีนั้นแล้ว นักเรียนคิดว่าแบคทีเรีนั้นแบ่งตัวได้อย่างไร จะแบ่งตัวครึ่ง ๆ ไปเรื่อย ๆ หรือไม่

A large empty rectangular box with a blue border, intended for students to write their answers to the question.

ใบกิจกรรม ชั้นที่ 3 “วางแผนแก้ปัญหาการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรีย” (60 นาที)

สถานการณ์ Clostridium perfringens

“Clostridium perfringens เป็นแบคทีเรียชนิดหนึ่ง que เพิ่มจำนวนประชากรได้อย่างรวดเร็ว สามารถเพิ่มตัวเองเป็น 2 เท่าได้ใน 10 นาที” หากการเพิ่มขึ้นของจำนวนเชื้อแบคทีเรียซึ่งเป็นไปอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา มีสูตรการหาจำนวนประชากรเมื่อเวลาผ่านไป t ชั่วโมง ดังนี้

$$n(t) = n_0 e^{rt}$$

เมื่อ $n(t)$ แทน จำนวนประชากรเมื่อเวลาผ่านไป t ชั่วโมง

n_0 แทน จำนวนประชากร ณ จุดเริ่มต้น

r แทน อัตราการเติบโตของจำนวนประชากรต่อเวลา

e แทน ค่าคงตัวทางคณิตศาสตร์ที่เป็นฐานของลอการิทึมธรรมชาติ ซึ่ง เป็นจำนวนตรรกยะที่มี ค่าประมาณ 2.7182818

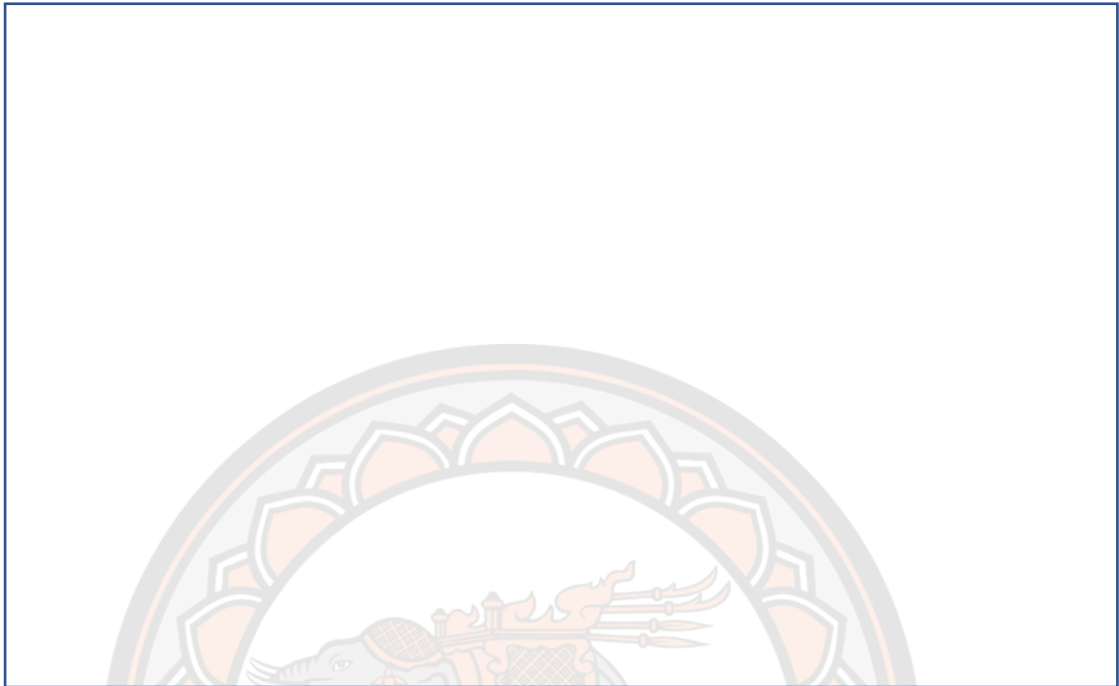
1. หากนำแบคทีเรีย Clostridium perfringens ใส่ลงไป ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นของเหลว แล้วจัดสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ออกซิเจน ให้เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรียแล้ว ลักษณะกราฟ จะเป็นอย่างไร
2. ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 พ.ศ. 2563 ผลิตภัณฑ์ไข่เยี่ยวม้า ต้องมี Clostridium perfringens ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g)

16. ไข่เยี่ยวม้า	1. แซลโมเนลลา (<i>Salmonella</i> spp.)	ไม่พบใน 25 กรัม (g)
	2. สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (<i>Staphylococcus aureus</i>)	ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g)
	3. คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (<i>Clostridium perfringens</i>)	ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g)

ที่มา : http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P416.pdf

หากมี Clostridium perfringens ในไข่เยี่ยวม้า 23 CFU/g แล้วนำไข่นั้นไปไว้ในที่เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรียแล้วจะใช้เวลาานเท่าไร ที่ Clostridium perfringens จะเกิน 100 CFU/g

สิ่งที่จำเป็นสำหรับการแก้สถานการณ์ปัญหาเพื่อแก้ปัญหาในข้อ 1 และ 2



ระบุวิธีการแก้ปัญหามาโดยสังเขป (ไม่ต้องคำนวณผลลัพธ์)



ใบกิจกรรม ชั้นที่ 4 “ลงมือแก้ปัญหาการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรีย” (60 นาที)

สถานการณ์ Clostridium perfringens

“Clostridium perfringens เป็นแบคทีเรียชนิดหนึ่ง que เพิ่มจำนวนประชากรได้อย่างรวดเร็ว สามารถเพิ่มตัวเองเป็น 2 เท่าได้ใน 10 นาที” หากการเพิ่มขึ้นของจำนวนเชื้อแบคทีเรียซึ่งเป็นไปอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา มีสูตรการหาจำนวนประชากรเมื่อเวลาผ่านไป t ชั่วโมง ดังนี้

$$n(t) = n_0 e^{rt}$$

เมื่อ $n(t)$ แทน จำนวนประชากรเมื่อเวลาผ่านไป t ชั่วโมง

n_0 แทน จำนวนประชากร ณ จุดเริ่มต้น

r แทน อัตราการเติบโตของจำนวนประชากรต่อเวลา

e แทน ค่าคงตัวทางคณิตศาสตร์ที่เป็นฐานของลอการิทึมธรรมชาติ ซึ่ง เป็นจำนวนตรรกยะที่มี ค่าประมาณ 2.7182818

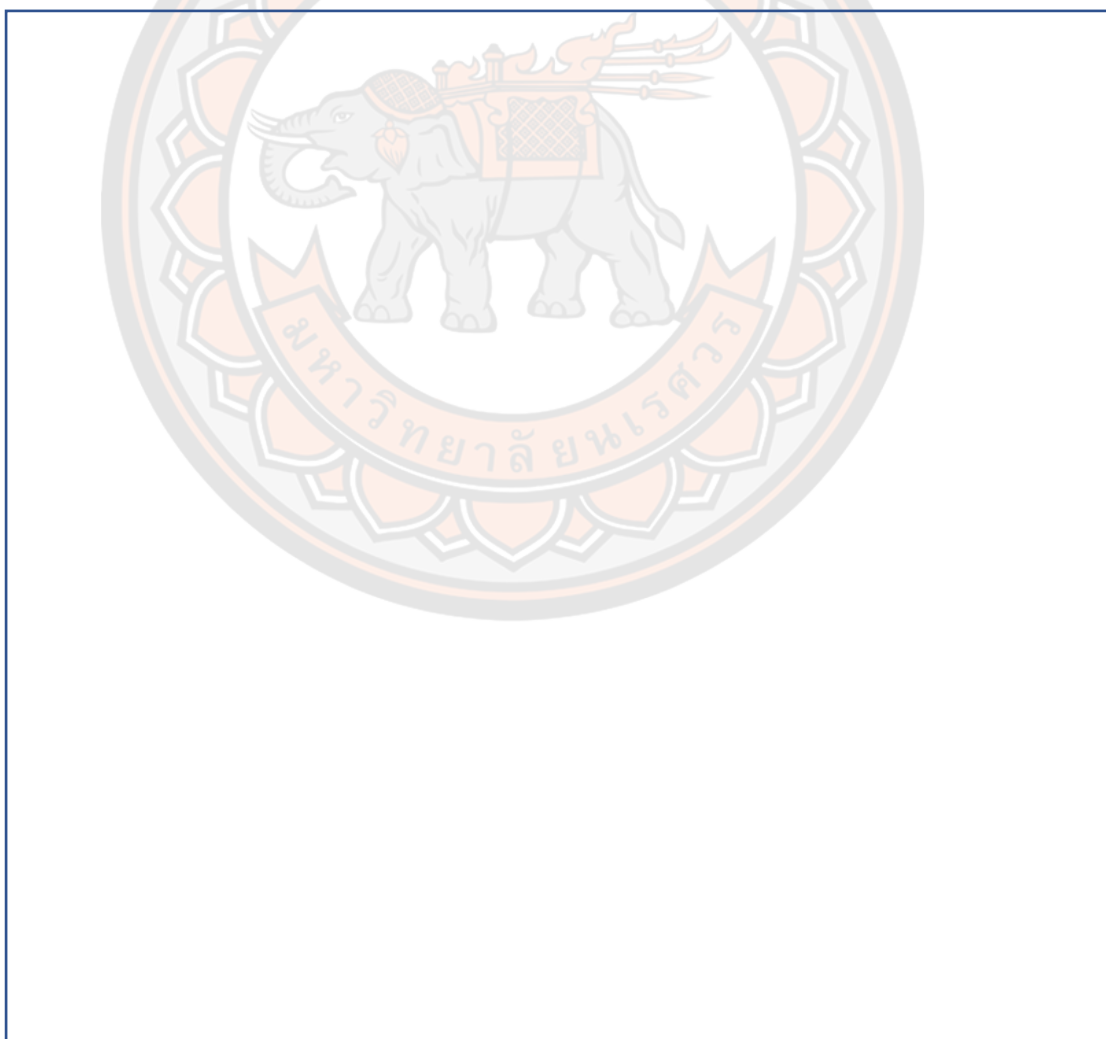
1. หากนำแบคทีเรีย Clostridium perfringens ใส่ลงไป ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นของเหลว แล้วจัด สภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ออกซิเจน ให้เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรียแล้ว ลักษณะกราฟ จะเป็นอย่างไร

2. ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 พ.ศ. 2563 ผลิตภัณฑ์ไข่เยี่ยวม้า ต้องมี *Clostridium perfringens* ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g)

16. ไข่เยี่ยวม้า	1. แซลโมเนลลา (<i>Salmonella</i> spp.)	ไม่พบใน 25 กรัม (g)
	2. สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (<i>Staphylococcus aureus</i>)	ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g)
	3. คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (<i>Clostridium perfringens</i>)	ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g)

ที่มา : http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P416.pdf

หากมี *Clostridium perfringens* ในไข่เยี่ยวม้า 23 CFU/g แล้วนำไข่นั้นไปไว้ในที่เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรียแล้วจะใช้เวลาานเท่าไร ที่ *Clostridium perfringens* จะเกิน 100 CFU/g



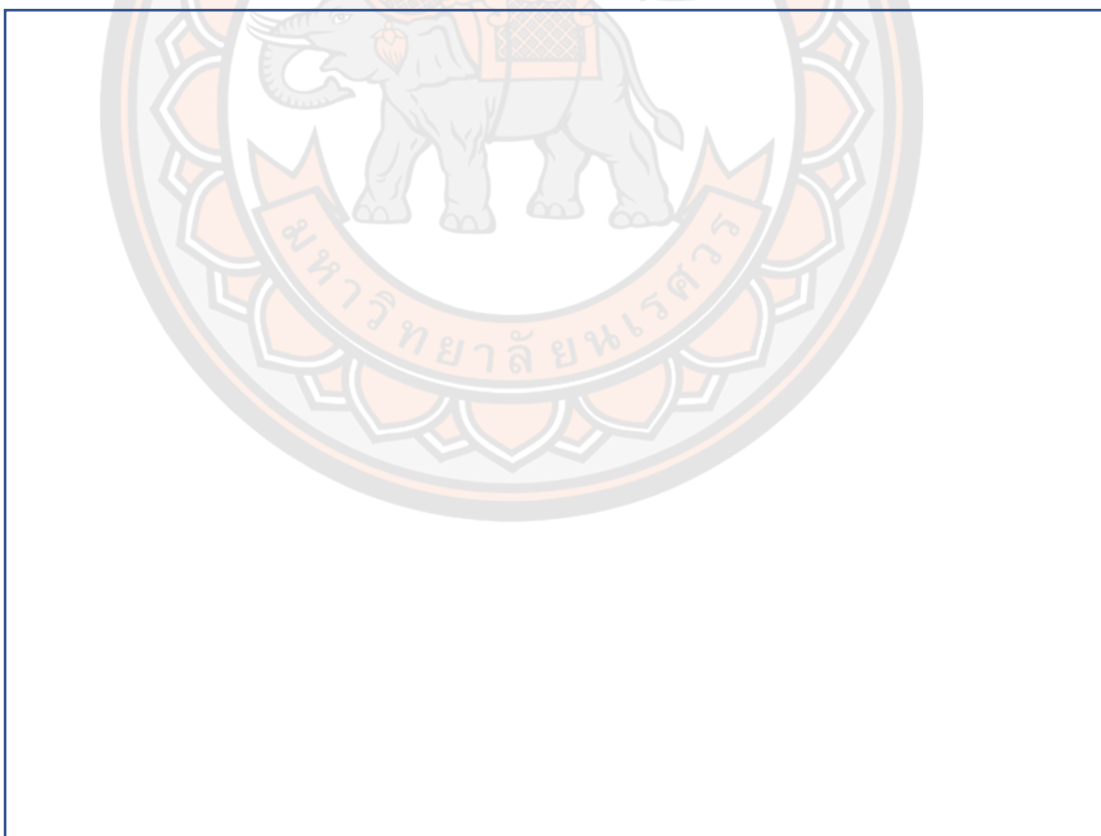
ใบกิจกรรม ชั้นที่ 5 “เสวนา ไตร่ตรองปัญหาการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรีย” (60 นาที)

นักเรียนสนทนาแลกเปลี่ยนเพื่อตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหา รวมถึงความถูกต้อง
คำตอบของตน ดังนี้

1. การดำเนินการแก้ปัญหาของตนถูกต้องหรือไม่



2. การดำเนินการแก้ปัญหาของทั้งตนต่างจากคู่ (Duo) อย่างไร



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม

สถานการณ์ที่ 3 อาหารปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสี

เวลา 4 ชั่วโมง

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

สาระจำนวนและพีชคณิต

ผลการเรียนรู้

1. เข้าใจลักษณะกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึมและนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

2. แก้สมการเอกซ์โพเนนเชียลและสมการลอการิทึม และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

สาระสำคัญ

การสลายตัวของสารกัมมันตภาพรังสี ที่มีครึ่งชีวิต h วัน หาปริมาณสารที่เหลืออยู่โดยใช้สูตรต่อไปนี้ ดังนี้

$$m(t) = m_0 e^{-rt}$$

เมื่อ $m(t)$ แทน ปริมาณของสารกัมมันตภาพรังสีที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป t วัน

m_0 แทน ปริมาณของสารกัมมันตภาพรังสี ณ จุดเริ่มต้น

โดย $r = \frac{\ln 2}{h}$:ซึ่ง h แทน ครึ่งชีวิตของสารกัมมันตภาพรังสี

ครึ่งชีวิตของ ไอโอดีน-131 (Iodine-131) คือ 8 วัน

ครึ่งชีวิตซีเซียม-134 (Cesium-134) คือ 2.0652 ปี

ครึ่งชีวิตซีเซียม-137 (Cesium-137) คือ 30.17 ปี

สาระการเรียนรู้

1. เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ

<p>บทนิยาม เมื่อ a เป็นจำนวนจริง n เป็นจำนวนเต็ม ที่มากกว่า 1 และ a มีรากที่ n</p> $a^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{a}$	<p>บทนิยาม ให้ a เป็นจำนวนจริง p, q เป็นจำนวนเต็มที่</p> $(p, q) = 1, q > 0 \text{ และ } a^{\frac{1}{q}} \in \mathbb{R} \text{ โดย}$ <p>เมื่อ $p < 0$ แล้ว a ต้องไม่เป็น 0</p> $a^{\frac{p}{q}} = (a^{\frac{1}{q}})^p$
---	--

ทฤษฎีบท ให้ m และ n เป็นจำนวนตรรกยะ และ a^m, a^n, b^n เป็นจำนวนจริง จะได้

$$1. a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

$$2. (a^m)^n = a^{mn}$$

$$3. (ab)^n = a^n b^n$$

$$4. \left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n} \text{ เมื่อ } b \neq 0$$

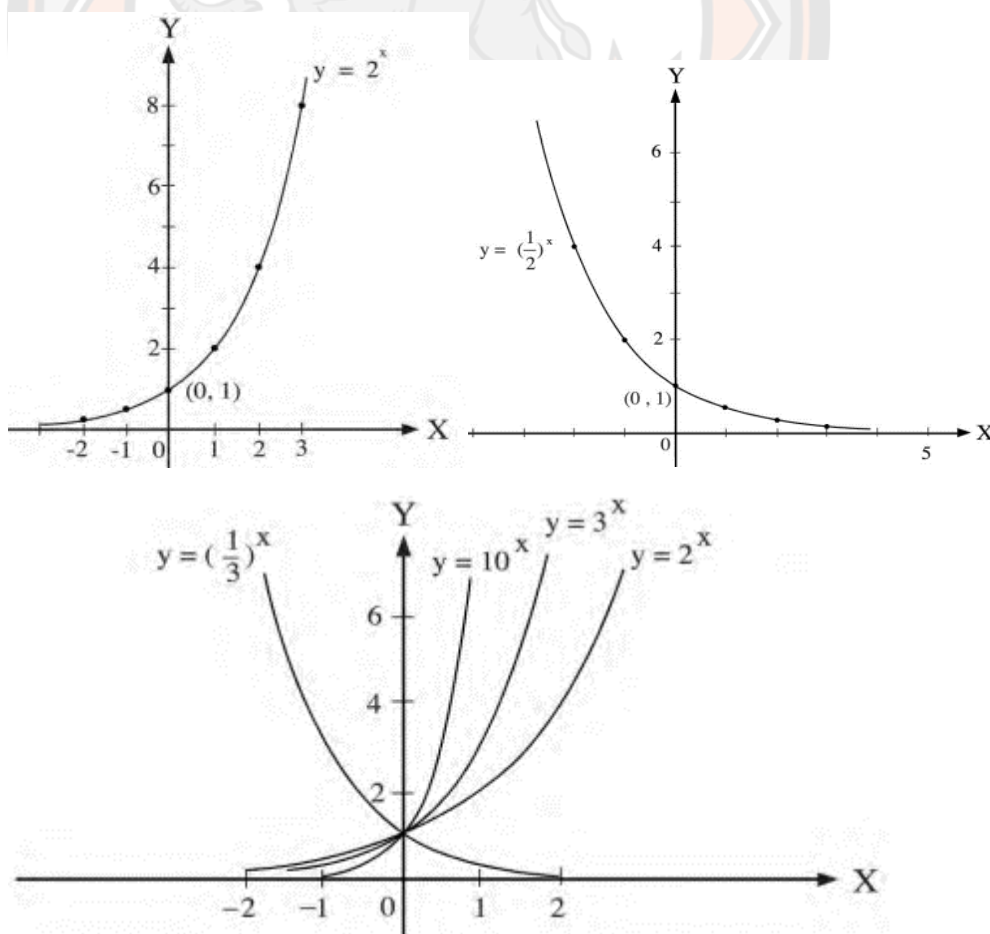
$$5. \frac{a^m}{a^n} = a^{m-n} \text{ เมื่อ } a \neq 0$$

2. ลักษณะกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

บทนิยาม ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล (exponential function) คือ ฟังก์ชัน

$$\{(x, y) \in \mathbb{R} \times \mathbb{R} \mid y = a^x, a > 0, a \neq 1, a \in \mathbb{R}\}$$

ตัวอย่าง กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล



3. การแก้สมการเอกซ์โพเนนเชียลและสมการลอการิทึม

ตัวอย่างการแก้สมการเอกซ์โพเนนเชียล

1) $10^x = 100$

$$10^x = 100$$

$$10^x = 10^2$$

$$x = 2$$

ตอบ $x = 2$

2) $\left(\frac{1}{2}\right)^x = 16$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^x = 16$$

$$2^{-x} = 2^4$$

$$-x = 4$$

$$x = -4$$

ตอบ $x = -4$

3) $4^{-x} = \frac{1}{64}$

$$4^{-x} = \frac{1}{64}$$

$$2^{-2x} = 2^{-6}$$

$$-2x = -6$$

$$x = 3$$

ตอบ $x = 3$

ตัวอย่างการแก้สมการลอการิทึม

3) $\log_2 x = 5$

$$\log_2 x = 5$$

$$x = 2^5$$

ตอบ $x = 2^5$

$$4) \log_x 1000 = 3$$

$$\log_x 1000 = 3$$

$$1000 = x^3$$

$$10^3 = x^3$$

$$10 = x$$

ตอบ $x = 10$

$$3) \log_x 6 = \frac{1}{2}$$

$$\log_x 6 = \frac{1}{2}$$

$$6 = x^{\frac{1}{2}}$$

$$6^2 = x^2$$

$$36 = x$$

ตอบ $x = 36$

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนสามารถ

ด้านความรู้ (K)

1. อธิบายลักษณะกราฟของฟังก์ชันเอกโปเนนเชียลได้
2. จำแนกฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึมได้
3. คำนวณผลลัพธ์จากการแทนค่าสูตรการหาปริมาณของสารกัมมันตภาพรังสีที่เหลืออยู่ได้

ด้านทักษะและกระบวนการ (P)

แสดงผลในการดำเนินการแก้ปัญหาโดยอ้างอิงหลักการของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และลอการิทึมได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

1. มีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน
2. มีความมุ่งมั่นในการทำงาน

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ 1 “แยก ย่อยปัญหาอาหารปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสี”
2. ใบกิจกรรมที่ 2 “ปะติด ปะต่อ ข้อมูลอาหารปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสี”
3. ใบกิจกรรมที่ 3 “วางแผนแก้ปัญหาอาหารปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสี”
4. ใบกิจกรรมที่ 4 “ลงมือแก้ปัญหาอาหารปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสี”
5. ใบกิจกรรมที่ 5 “เสวนา ไตร่ตรองปัญหาอาหารปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสี”
6. วิดีโอ 10 ปี มหันตภัยฟุกุชิมะ ปัญหายังไม่จบ | ร้อยเรื่องรอบโลก EP64 จาก <https://youtu.be/Ws0LDdHxsKM>
7. ประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่อง มาตรฐานอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี จาก http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P-022-T.pdf

การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			เกณฑ์การประเมิน
1. สามารถอธิบายลักษณะกราฟของฟังก์ชันเอกโพเนนเชียลได้	ตรวจสอบการอธิบาย	Google ฟอรัม ใบกิจกรรมที่ 4	4 ระดับคุณภาพ 4 = ดีมาก
2. สามารถจำแนกฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึมได้	ตรวจสอบการจำแนก	Google ฟอรัม ใบกิจกรรมที่ 4	3 = ดี 2 = พอใช้
3. สามารถคำนวณผลลัพธ์จากการแทนค่าสูตรการหาปริมาณของสารกัมมันตภาพรังสีที่เหลืออยู่ได้	ตรวจสอบการคำนวณ	Google ฟอรัม ใบกิจกรรมที่ 4	1 = ปรับปรุง
ด้านทักษะและกระบวนการ (P)			
สามารถแสดงเหตุผลในการดำเนินการแก้ปัญหาโดยอ้างอิงหลักการของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึมได้	ตรวจสอบการแสดงผล	Google ฟอรัม ใบกิจกรรมที่ 4	
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)			
1. มีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน	สังเกตพฤติกรรมใฝ่รู้ใฝ่เรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมใฝ่รู้ใฝ่เรียน	

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
2. มีความมุ่งมั่นในการทำงาน	สังเกตพฤติกรรม มุ่งมั่นในการทำงาน	แบบสังเกต พฤติกรรมมุ่งมั่น ในการทำงาน	

กิจกรรมการเรียนรู้ผ่านโปรแกรม Google meet

ขั้นที่ 1 แยกย่อยปัญหา (20 นาที)

1. ครูเสนอประเด็นปัญหาสารกัมมันตภาพรังสีในวิดีโอ “10 ปี มหันตภัยฟุกุชิมะ ปัญหายังไม่จบ | ร้อยเรื่องรอบโลก EP64” จาก <https://youtu.be/Ws0LDdHxsKM>



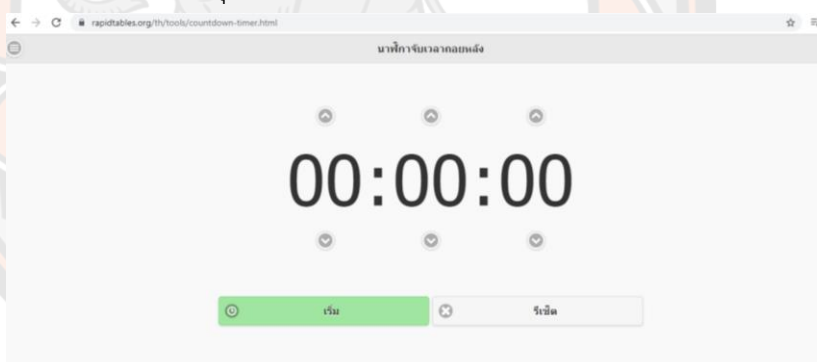
2. นักเรียนเสนอความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานถึงผลกระทบปัญหาในข้อที่ 1 ที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทย ลงในข้อความการประชุม (Meeting chat)
3. ครูจัดกลุ่มและเรียงเรียงคำตอบของนักเรียน พูดคุยโต้ตอบในประเด็นที่นักเรียนนำเสนอ โดยมีเป้าหมายสุดท้ายที่คำตอบของนักเรียนที่พูดถึงอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี

ขั้นที่ 2 ปะติดปะต่อ ข้อมูล (40 นาที)

1. นักเรียนสังเกตผลกระทบการจากอาหารปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสีจากวิดีโอ “อย.- กรมประมง แจงตรวจปลานำเข้าจากญี่ปุ่น ไม่พบสารกัมมันตรังสีปนเปื้อน | ข่าวช่อง 8” จาก <https://www.youtube.com/watch?v=L7CBy5AkV6I> ที่ครูแชร์หน้าจอเพื่อให้นักเรียนรับชมไปพร้อมกัน



2. ครูกระตุ้นความคิดนักเรียนด้วยคำถามชวนคิดว่าประเทศไทยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสีอย่างไร
3. นักเรียนค้นหาคำตอบและตอบคำถามตามความคิดผ่านข้อความการประชุม (Meeting chat) โดยกำหนดเวลา 5 – 8 นาที โดยครูแชร์หน้าจอนาฬิกาจับถอยหลังในเว็บไซต์ <https://www.rapidtables.org/th/tools/countdown-timer.html> ไปด้วยในขณะนั้นเพื่อเป็นการกระตุ้นนักเรียน



4. ครูนำคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 6 มาวิพากษ์ว่าคำตอบใดถูก/ผิด เพื่อตั้งฐานให้นักเรียนมีพื้นฐานความคิดที่ถูกต้องก่อนการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ปัญหาในกิจกรรมต่อไป
 - อาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีเป็นอาหารที่กำหนดมาตรฐาน โดยตรวจพบสารกัมมันตรังสีปนเปื้อนได้ไม่เกินปริมาณ ดังต่อไปนี้
 - (1) ไอโอดีน-131 (Iodine-131) ไม่เกิน 100 เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม (Bq/kg) หรือ เบคเคอเรลต่อลิตร (Bq/l)
 - (2) ซีเซียม-134 (Cesium-134) และซีเซียม-137 (Cesium-137) รวมกัน ไม่เกิน 500 เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม (Bq/kg) หรือ เบคเคอเรลต่อลิตร (Bq/l)
 ที่มา http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P-022-T.pdf

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา (60 นาที)

1. ครูกำหนดสถานการณ์ อาหารปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสี

“อาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีเป็นอาหารที่กำหนดมาตรฐาน โดยตรวจพบสารกัมมันตรังสีปนเปื้อนได้ไม่เกินปริมาณ ดังต่อไปนี้

1) ไอโอดีน-131 (Iodine-131) ไม่เกิน 100 เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม (Bq/kg) หรือ เบคเคอเรลต่อลิตร (Bq/l)

2) ซีเซียม-134 (Cesium-134) และซีเซียม-137 (Cesium-137) รวมกัน ไม่เกิน 500 เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม (Bq/kg) หรือ เบคเคอเรลต่อลิตร (Bq/l)”

การสลายตัวของสารกัมมันตภาพรังสี ที่มีครึ่งชีวิต h วัน หาปริมาณสารที่เหลืออยู่โดยใช้สูตรต่อไปนี้ ดังนี้

$$m(t) = m_0 e^{-rt}$$

เมื่อ $m(t)$ แทน ปริมาณของสารกัมมันตภาพรังสีที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป t วัน

m_0 แทน ปริมาณของสารกัมมันตภาพรังสี ณ จุดเริ่มต้น

โดย $r = \frac{\ln 2}{h}$:ซึ่ง h แทน ครึ่งชีวิตของสารกัมมันตภาพรังสี

2. นักเรียนพิจารณาข้อมูลในข้อที่ 8 และใคร่ครวญคำถาม 2 ข้อ ดังนี้

- ครึ่งชีวิตของ ไอโอดีน-131 (Iodine-131) ซีเซียม-134 (Cesium-134) และซีเซียม-137 (Cesium-137) คือเท่าไร และหากให้ปริมาณเริ่มต้นไอโอดีน-131 (Iodine-131) ซีเซียม-134 (Cesium-134) และซีเซียม-137 (Cesium-137) เท่ากันคือ 10 กรัม ลักษณะกราฟปริมาณของธาตุกัมมันตรังสีทั้ง 3 ต่อเวลาจะเป็นอย่างไร

ครึ่งชีวิตของ ไอโอดีน-131 (Iodine-131) คือ 8 วัน

ครึ่งชีวิตซีเซียม-134 (Cesium-134) คือ 2.0652 ปี

ครึ่งชีวิตซีเซียม-137 (Cesium-137) คือ 30.17 ปี

- ระยะเวลาการส่งสินค้าทางเรือจากประเทศญี่ปุ่นถึงประเทศไทย คือ 1 – 2 เดือน หากอาหารที่มากับเรือมีการปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสีไอโอดีน-131 (Iodine-131) แต่เมื่อมาถึงประเทศไทยแล้วอยู่ในเกณฑ์ประกาศของกระทรวงสาธารณสุขแล้ว แสดงว่าปริมาณสารกัมมันตภาพรังสีที่ปนเปื้อนมากับอาหารเมื่ออยู่ที่ประเทศญี่ปุ่นมีค่าเป็นอย่างไร

ข้อมูลด้านล่างจัดทำโดยญี่ปุ่นคอตคอม

เปรียบเทียบราคาส่งของทางไปรษณีย์ กรณี 20 กิโลกรัม

	20 กิโล	30 กิโล	ระยะเวลา
EMS (Express Mail Service) อีเอ็มเอส	18,200yen	26000เยน	3วัน
ทางเรือ	8,300 yen	11,300 yen	1-2 เดือน
ทางเครื่องบิน	19,500 yen	26,500 yen	7 days
ทางเครื่องบินแบบ ประหยัด (SAL)	12,000 yen	16,000 yen	About 3 weeks

สามารถเทียบราคาโดยไปที่ลิงค์นี้ได้ โดยการใส่จำนวนกิโลและเป้าหมาย
http://www.post.japanpost.jp/cgi-charge/index.php?lang=_en

ที่มา <http://www.hokkaidothai.com/Thai/send-things-to-thailand.htm#Thai-japan>

- นักเรียนระบุสิ่งที่จำเป็นสำหรับการแก้สถานการณ์ปัญหาในข้อที่ 10 ลง Google form ใบกิจกรรมที่ 3

ขั้นที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา (60 นาที)

- นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาและส่งคำตอบผ่าน Google form ใบกิจกรรมที่ 4 และจัดทำงานนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนกับนักเรียนอื่นในชั้นเรียน
- ครูเตรียมตัวบน Google meet สำหรับให้คำปรึกษากับนักเรียนที่ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้ และช่วยเหลือผ่านการชี้แนะแนวทาง กระตุ้นความคิดด้วยคำถาม
- หลังจากนักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาและส่งคำตอบผ่าน Google form ใบกิจกรรมที่ 4 แล้วครูจึงประมวลวิธีการแก้ปัญหานักเรียนทั้งหมด เรียบเรียงวิธีการไล่ลำดับจากง่ายไปซับซ้อนและแยกวิธีการที่ผิดและถูกเพื่อเตรียมข้อมูลในกิจกรรมที่ 5 ให้นักเรียนได้เสวนา ไตร่ตรองปัญหา

ขั้นที่ 5 เสวนา ไตร่ตรองปัญหา (60 นาที)

- ครูแบ่งให้นักเรียนจับคู่กัน (Tag team) โดยครูใช้ตัวเลือกห้องแยกใน Google meet เพื่อแยกนักเรียนให้อยู่กับคู่ของตนเอง
 - ครูจะเลือกจับกลุ่มคละระหว่างนักเรียนที่ทำผิดกับทำถูก ไม่ซับซ้อนกับซับซ้อน ในทุกๆ กลุ่มเพื่อให้ทุกกลุ่มได้แลกเปลี่ยนมุมมองและแนวคิด

2. นักเรียนสนทนาแลกเปลี่ยนเพื่อตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหา รวมถึงความถูกต้อง คำตอบของตน ผ่าน 2 คำถาม
 - การดำเนินการแก้ปัญหาของตนถูกต้องหรือไม่
 - การดำเนินการแก้ปัญหาของทั้งตนต่างจากคนในกลุ่ม (Tag team) อย่างไร
3. นักเรียนสะท้อนคำตอบจากทั้ง 2 คำถามในข้อที่ 16 ให้กับครูผ่าน Google form ใบกิจกรรมที่ 5
4. ครูหยิบยกการดำเนินการแก้ปัญหา 3 แบบ คือ
 - การดำเนินการแก้ปัญหาที่ผิด
 - การดำเนินการแก้ปัญหาที่ถูกต้องไม่ซับซ้อน
 - การดำเนินการแก้ปัญหาที่ถูกต้องและซับซ้อนมาสะท้อนผลแก่นักเรียน



ใบกิจกรรม ชั้นที่ 1 “แยก ย่อยปัญหาอาหารปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสี” (20 นาที)

จากวิดีโอ “10 ปี มหันตภัยฟุกุชิมะ ปัญหายังไม่จบ | ร้อยเรื่องรอบโลก EP64” จาก <https://youtu.be/Ws0LDdHxsKM> นักเรียนมีความคิดเห็นหรือข้อสันนิษฐานถึงผลกระทบปัญหาที่ส่งผลถึงประเทศไทยอย่างไร



ใบกิจกรรม ชั้นที่ 2 “ปะติด ปะต่อ ข้อมูลอาหารปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสี” (40 นาที)

ประเทศไทยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสีอย่างไร



ใบกิจกรรม ชั้นที่ 3 “วางแผนแก้ปัญหาอาหารปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสี” (60 นาที)

สถานการณ์ อาหารปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสี

“อาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีเป็นอาหารที่กำหนดมาตรฐาน โดยตรวจพบสารกัมมันตรังสีปนเปื้อนได้ไม่เกินปริมาณ ดังต่อไปนี้

1) ไอโอดีน-131 (Iodine-131) ไม่เกิน 100 เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม (Bq/kg) หรือ เบคเคอเรลต่อลิตร (Bq/l)

2) ซีเซียม-134 (Cesium-134) และซีเซียม-137 (Cesium-137) รวมกัน ไม่เกิน 500 เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม (Bq/kg) หรือ เบคเคอเรลต่อลิตร (Bq/l)”

การสลายตัวของสารกัมมันตภาพรังสี ที่มีครึ่งชีวิต h วัน หาปริมาณสารที่เหลืออยู่โดยใช้สูตรต่อไปนี้ ดังนี้

$$m(t) = m_0 e^{-rt}$$

เมื่อ $m(t)$ แทน ปริมาณของสารกัมมันตภาพรังสีที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป t วัน

m_0 แทน ปริมาณของสารกัมมันตภาพรังสี ณ จุดเริ่มต้น

โดย $r = \frac{\ln 2}{h}$:ซึ่ง h แทน ครึ่งชีวิตของสารกัมมันตภาพรังสี

1. ครึ่งชีวิตของ ไอโอดีน-131 (Iodine-131) ซีเซียม-134 (Cesium-134) และซีเซียม-137 (Cesium-137) คือเท่าไร และหากให้ปริมาณเริ่มต้นไอโอดีน-131 (Iodine-131) ซีเซียม-134 (Cesium-134) และซีเซียม-137 (Cesium-137) เท่ากันคือ 10 กรัม ลักษณะกราฟปริมาณของธาตุกัมมันตรังสีทั้ง 3 ต่อเวลาจะเป็นอย่างไร

3. ระยะเวลาการส่งสินค้าทางเรือจากประเทศญี่ปุ่นถึงประเทศไทย คือ 1 – 2 เดือน หากอาหารที่มากับเรือมีการปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสีไอโอดีน-131 (Iodine-131) แต่เมื่อมาถึงประเทศไทยแล้ว อยู่ในเกณฑ์ประกาศของกระทรวงสาธารณสุขแล้ว แสดงว่าปริมาณสารกัมมันตภาพรังสีที่ปนเปื้อนมากับอาหารเมื่ออยู่ที่ประเทศญี่ปุ่นมีค่าเป็นอย่างไร

ข้อมูลด้านส่งของโดยผู้ไปรษณีย์

เปรียบเทียบราคาส่งของทางไปรษณีย์ กรณี 20 กิโลกรัม

	20 กิโล	30 กิโล	ระยะเวลา
EMS (Express Mail Service) อีเอ็มเอส	18,200yen	26000yen	3วัน
ทางเรือ	8,300 yen	11,300 yen	1-2 เดือน
ทางเครื่องบิน	19,500 yen	26,500 yen	7 days
ทางเครื่องบินแบบประหยัด (SAL)	12,000 yen	16,000 yen	About 3 weeks

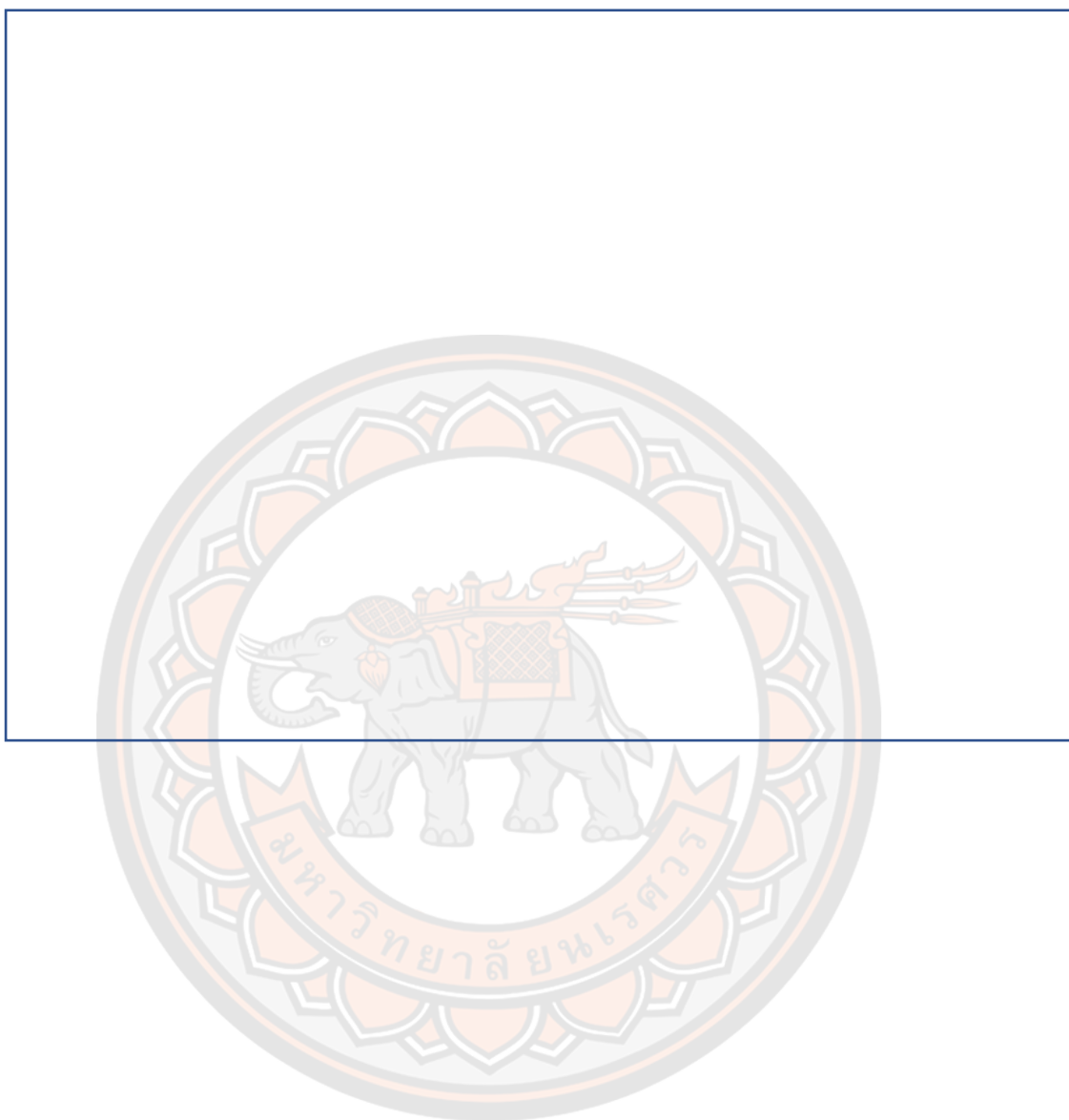
สามารถเปรียบเทียบราคาโดยไปที่ลิงค์นี้ได้ โดยการใส่จำนวนกิโลและเป้าหมาย
http://www.post.japanpost.jp/cgi-charge/index.php?lang=_en

ที่มา <http://www.hokkaidothai.com/Thai/send-things-to-thailand.htm#Thai-japan>

สิ่งที่จำเป็นสำหรับการแก้สถานการณ์ปัญหาเพื่อแก้ปัญหาในข้อ 1 และ 2



ระบุวิธีการแก้ปัญหาโดยสังเขป (ไม่ต้องคำนวณผลลัพธ์)



ใบกิจกรรม ชั้นที่ 4 “ลงมือแก้ปัญหาเสียงดังรบกวน” (60 นาที)

สถานการณ์ อาหารปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสี

“อาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีเป็นอาหารที่กำหนดมาตรฐาน โดยตรวจพบสารกัมมันตรังสีปนเปื้อนได้ไม่เกินปริมาณ ดังต่อไปนี้

1) ไอโอดีน-131 (Iodine-131) ไม่เกิน 100 เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม (Bq/kg) หรือ เบคเคอเรลต่อลิตร (Bq/l)

2) ซีเซียม-134 (Cesium-134) และซีเซียม-137 (Cesium-137) รวมกัน ไม่เกิน 500 เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม (Bq/kg) หรือ เบคเคอเรลต่อลิตร (Bq/l)”

การสลายตัวของสารกัมมันตภาพรังสี ที่มีครึ่งชีวิต h วัน หาปริมาณสารที่เหลืออยู่โดยใช้สูตรต่อไปนี้ ดังนี้

$$m(t) = m_0 e^{-rt}$$

เมื่อ $m(t)$ แทน ปริมาณของสารกัมมันตภาพรังสีที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป t วัน

m_0 แทน ปริมาณของสารกัมมันตภาพรังสี ณ จุดเริ่มต้น

โดย $r = \frac{\ln 2}{h}$:ซึ่ง h แทน ครึ่งชีวิตของสารกัมมันตภาพรังสี

1. ครึ่งชีวิตของ ไอโอดีน-131 (Iodine-131) ซีเซียม-134 (Cesium-134) และซีเซียม-137 (Cesium-137) คือเท่าไร และหากให้ปริมาณเริ่มต้นไอโอดีน-131 (Iodine-131) ซีเซียม-134 (Cesium-134) และซีเซียม-137 (Cesium-137) เท่ากันคือ 10 กรัม ลักษณะกราฟปริมาณของธาตุกัมมันตรังสีทั้ง 3 ต่อเวลาจะเป็นอย่างไร

2. ระยะเวลาการส่งสินค้าทางเรือจากประเทศญี่ปุ่นถึงประเทศไทย คือ 1 – 2 เดือน หากอาหารที่มากับเรือมีการปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสีไอโอดีน-131 (Iodine-131) แต่เมื่อมาถึงประเทศไทยแล้ว อยู่ในเกณฑ์ประกาศของกระทรวงสาธารณสุขแล้ว แสดงว่าปริมาณสารกัมมันตภาพรังสีที่ปนเปื้อนมากับอาหารเมื่ออยู่ที่ประเทศญี่ปุ่นมีค่าเป็นอย่างไร

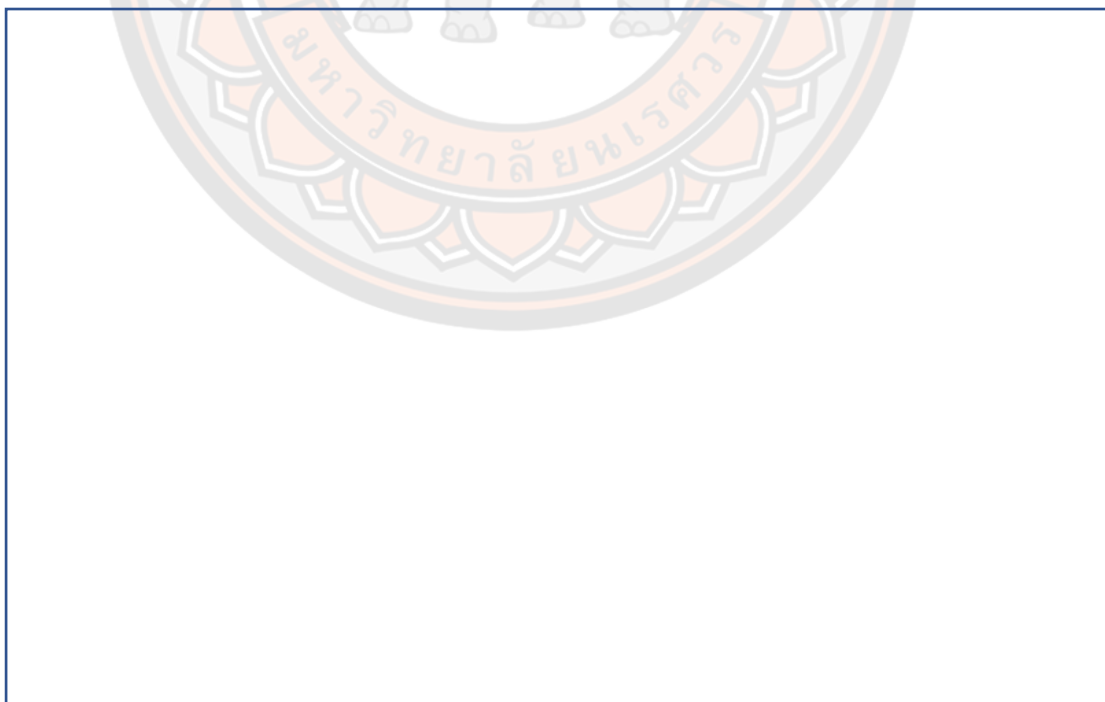
ข้อมูลด้านล่างจัดทำโดยญี่ปุ่นคอตคอม

เปรียบเทียบราคาส่งของทางไปรษณีย์ กรณี 20 กิโลกรัม

	20 กิโล	30 กิโล	ระยะเวลา
EMS (Express Mail Service) อีเอ็มเอส	18,200yen	26000yen	3วัน
ทางเรือ	8,300 yen	11,300 yen	1-2 เดือน
ทางเครื่องบิน	19,500 yen	26,500 yen	7 days
ทางเครื่องบินแบบประหยัด (SAL)	12,000 yen	16,000 yen	About 3 weeks

สามารถเทียบราคาโดยไปที่ลิงค์นี้ได้ โดยการใส่จำนวนกิโลและเป้าหมาย
http://www.post.japanpost.jp/cgi-charge/index.php?lang=_en

ที่มา <http://www.hokkaidothai.com/Thai/send-things-to-thailand.htm#Thai-japan>



ใบกิจกรรม ชั้นที่ 5 “เสวนา ไตร่ตรองปัญหาเสียงดังรบกวน” (60 นาที)

นักเรียนสนทนาแลกเปลี่ยนเพื่อตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหา รวมถึงความถูกต้อง
คำตอบของตน ดังนี้

1. การดำเนินการแก้ปัญหาของตนถูกต้องหรือไม่



2. การดำเนินการแก้ปัญหาของทั้งตนต่างจากกลุ่ม (Tag team) อย่างไร



แบบประเมินด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ที่	ชื่อ - สกุล	รายการประเมิน						คะแนน รวม
		ใฝ่รู้ใฝ่เรียน (3 คะแนน)			มุ่งมั่นในการทำงาน (3 คะแนน)			
		3	2	1	3	2	1	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

ลงชื่อผู้ประเมิน..... วันที่

เกณฑ์การแปลผล

ระดับดีเยี่ยม หมายถึง ได้คะแนน 5 – 6

ระดับดี หมายถึง ได้คะแนน 3 – 4

ระดับผ่าน หมายถึง ได้คะแนน 1 – 2

เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน	ความสามารถที่แสดงออก
ใฝ่รู้ใฝ่เรียน	3	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้ มีส่วนร่วมในการเรียนรู้และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียนเป็นประจำ และเป็นแบบอย่างที่ดี
	2	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้ มีส่วนร่วมในการเรียนรู้และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียนบ่อยครั้ง
	1	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้ มีส่วนร่วมในการเรียนรู้และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ บางครั้ง
มุ่งมั่นในการทำงาน	3	ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้น
	2	ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น
	1	ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ

แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 แยก ย่อยปัญหา (30 นาที)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ข้อใดบ้าง

- เรียนรู้ผ่านกิจกรรม
- ใช้บริบทจริงในกิจกรรมไล่เรียงจากง่ายไปซับซ้อน
- มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ ได้หรือไม่

- ได้
- ไม่ได้

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถทำความเข้าใจกับปัญหา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา ได้หรือไม่

- ได้
- ไม่ได้

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

แนวทางในการปรับปรุง

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้สังเกต
(.....)
วันที่

ขั้นที่ 2 ปะติด ปะต่อ ข้อมูล (30 นาที)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ข้อใดบ้าง

- เรียนรู้ผ่านกิจกรรม
- ใช้บริบทจริงในกิจกรรมไล่เรียงจากง่ายไปซับซ้อน
- มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ได้หรือไม่

- ได้
- ไม่ได้

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถทำความเข้าใจกับปัญหา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา ได้หรือไม่

- ได้
- ไม่ได้

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

แนวทางในการปรับปรุง

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้สังเกต
(.....)
วันที่

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา (1 ชั่วโมง)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ข้อใดบ้าง

- เรียนรู้ผ่านกิจกรรม
- ใช้บริบทจริงในกิจกรรมไล่เรียงจากง่ายไปซับซ้อน
- มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ได้หรือไม่

- ได้
- ไม่ได้

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถวางแผนการแก้ปัญหาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา ได้หรือไม่

- ได้
- ไม่ได้

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

แนวทางในการปรับปรุง

.....

.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้สังเกต
(.....)
วันที่

ขั้นที่ 4 ลงมือแก้ปัญหา (1 ชั่วโมง)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ข้อใดบ้าง

- ครูติดตามนักเรียนอย่างใกล้ชิดเพื่อประเมินว่าจุดใดควรให้คำแนะนำและคำแนะนำควรเป็นอย่างไรจึงจะเหมาะสมกับนักเรียน

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาโน้ตค้นทางคณิตศาสตร์ ได้หรือไม่

- ได้
- ไม่ได้

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถดำเนินการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา ได้หรือไม่

- ได้
- ไม่ได้

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

แนวทางในการปรับปรุง

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้สังเกต
(.....)
วันที่

ขั้นที่ 5 เสวนา ไตร่ตรองปัญหา (1 ชั่วโมง)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ข้อใดบ้าง

- มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม
- ครูติดตามนักเรียนอย่างใกล้ชิดเพื่อประเมินว่าจุดใดควรให้คำแนะนำและคำแนะนำเป็นอย่างไรจึงจะเหมาะสมกับนักเรียน

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทัศนคติทางคณิตศาสตร์ ได้หรือไม่

- ได้
- ไม่ได้

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถการสรุปคำตอบ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถแก้ปัญหา ได้หรือไม่

- ได้
- ไม่ได้

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

แนวทางในการปรับปรุง

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้สังเกต
(.....)
วันที่

ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม

คำชี้แจง

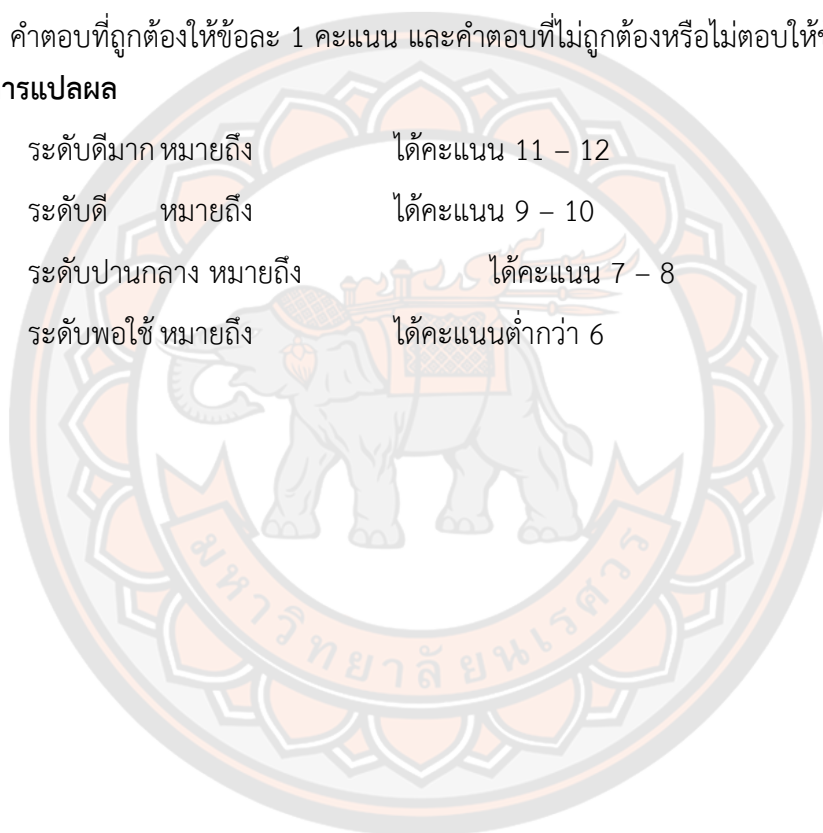
1. แบบทดสอบ ชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ เลือกตอบข้อที่ถูกต้องที่สุด
2. คะแนนข้อละ 1 คะแนน รวม 12 คะแนน

เกณฑ์การตรวจ

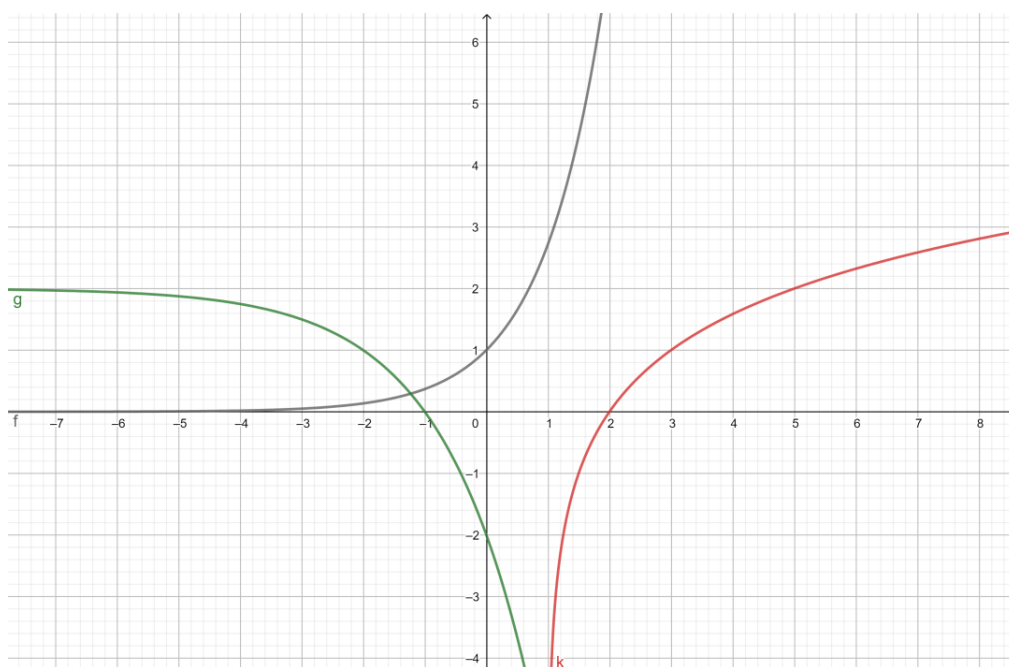
คำตอบที่ถูกต้องให้ข้อละ 1 คะแนน และคำตอบที่ไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบให้ข้อละ 0 คะแนน

เกณฑ์การแปลผล

ระดับดีมาก หมายถึง	ได้คะแนน 11 – 12
ระดับดี หมายถึง	ได้คะแนน 9 – 10
ระดับปานกลาง หมายถึง	ได้คะแนน 7 – 8
ระดับพอใช้ หมายถึง	ได้คะแนนต่ำกว่า 6



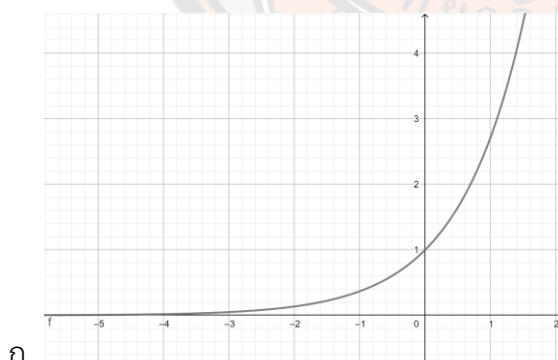
1. จากรูป ข้อใดคือกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

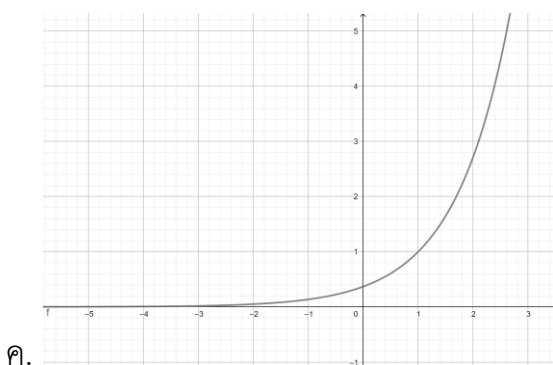


ก. ฟังก์ชัน f ข. ฟังก์ชัน g ค. ฟังก์ชัน k

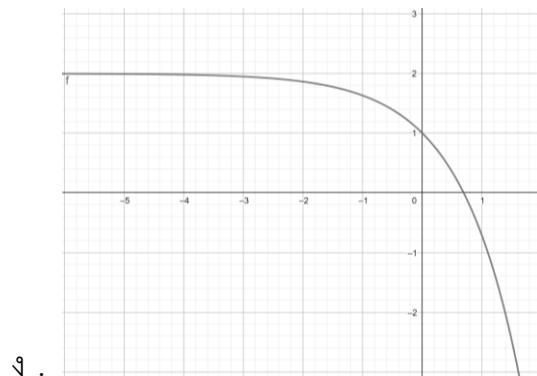
ง. ฟังก์ชัน f และ g จ. ฟังก์ชัน f, g และ k

2. กำหนด $f(x) = a^x$ โดย x เป็นสมาชิกในเซตจำนวนจริง และ a เป็นสมาชิกในเซตจำนวนจริงที่มีค่ามากกว่า 1 ลักษณะของกราฟฟังก์ชัน f สามารถเป็นไปตามข้อใด

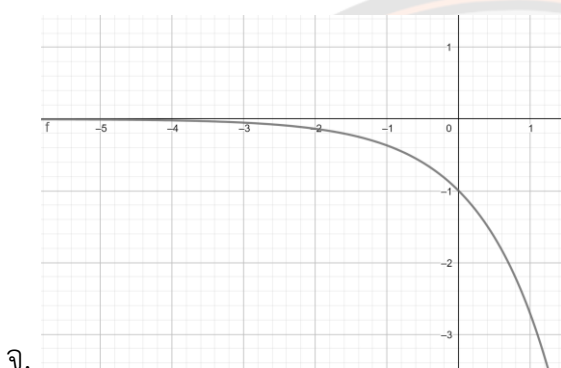




ค.

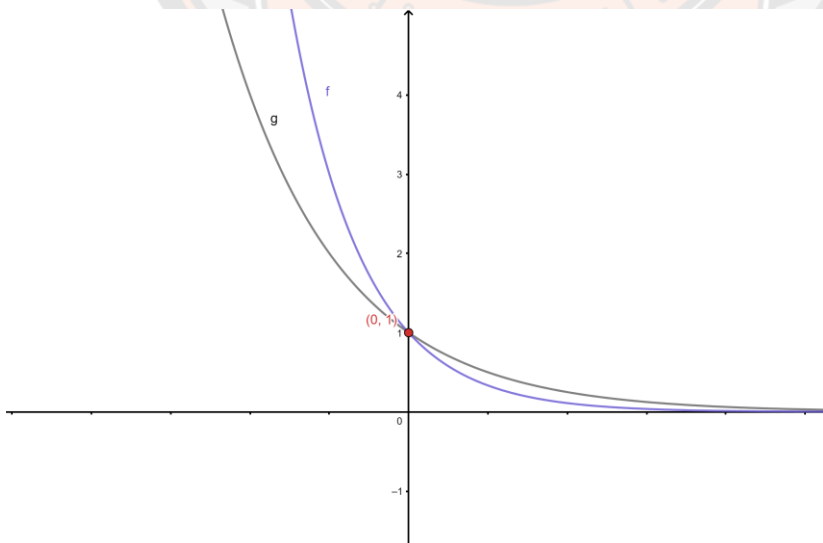


ง.



จ.

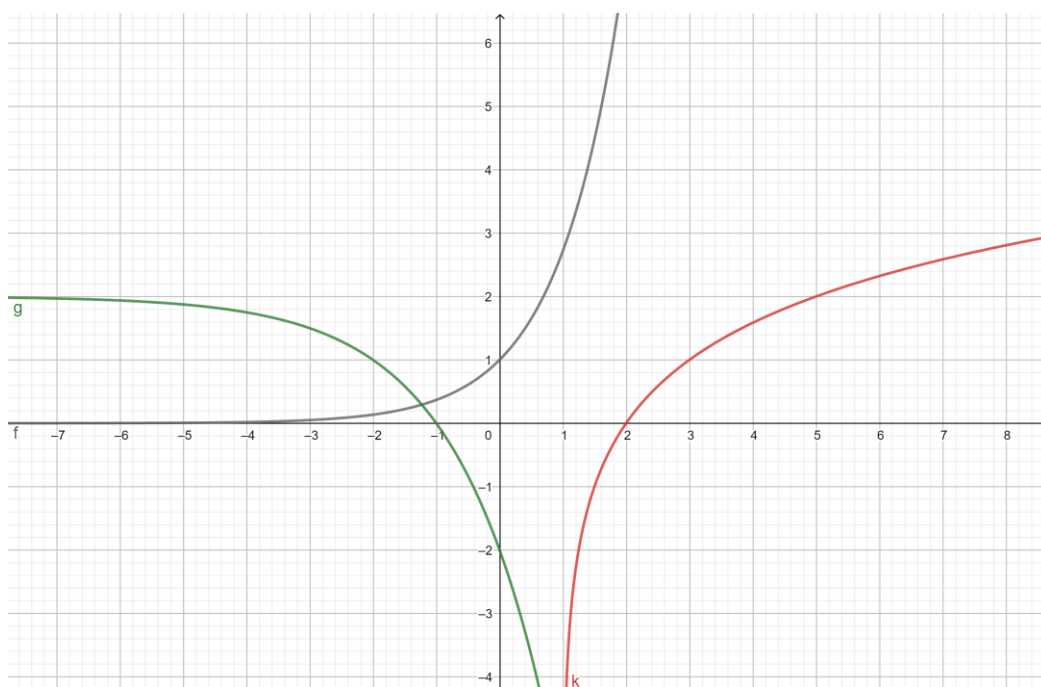
3. กำหนดให้ $f(x) = a^x$ และ $g(x) = b^x$ เมื่อ x เป็นสมาชิกในเซตจำนวนจริง a และ b เป็นสมาชิกในเซตจำนวนจริงที่มีค่ามากกว่า 0 แต่ไม่เท่ากับ 1 ที่สอดคล้องกับรูปข้างต้น ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ถูกต้อง



ก. $a > b$ ข. $a \geq b$ ค. $a < b$

ง. $a \leq b$ จ. $a = b$

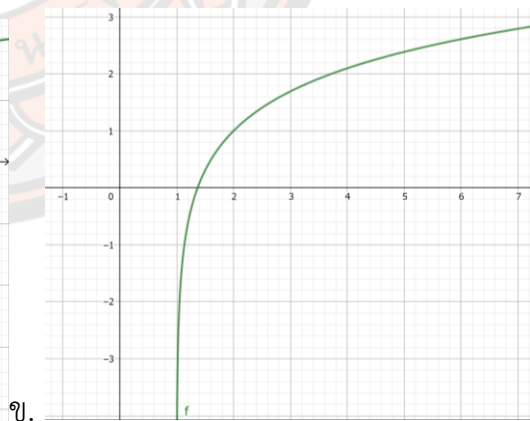
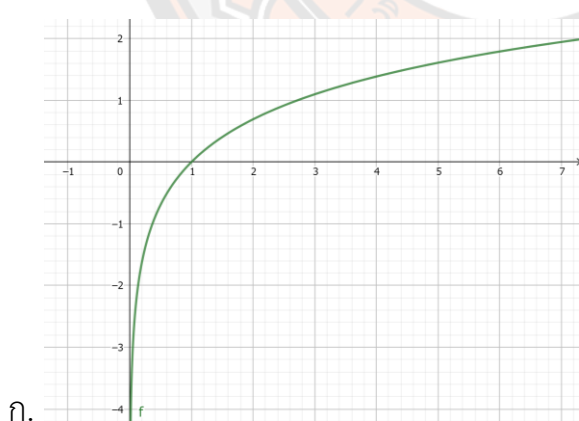
4. จากรูป ข้อใดคือกราฟของฟังก์ชันลอการิทึม

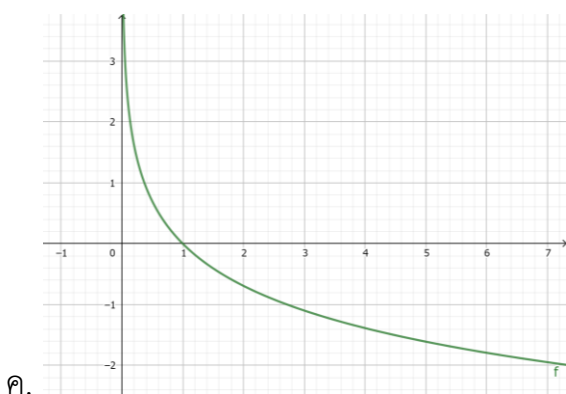


ก. ฟังก์ชัน f ข. ฟังก์ชัน g ค. ฟังก์ชัน k

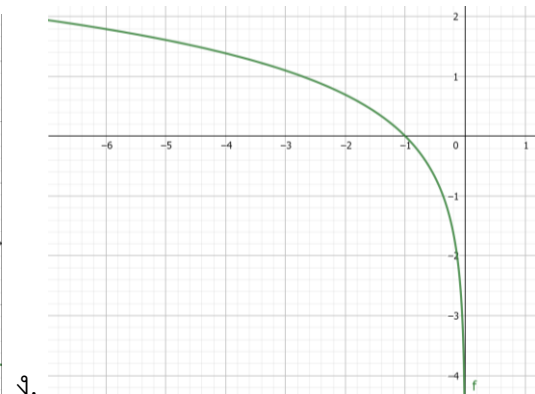
ง. ฟังก์ชัน f และ g จ. ฟังก์ชัน f , g และ k

5. กำหนด $f(x) = \log_a x$ โดย x เป็นสมาชิกในเซตจำนวนจริง และ a เป็นสมาชิกในเซตจำนวนจริงที่มีค่ามากกว่า 1 ลักษณะของกราฟฟังก์ชัน f สามารถเป็นไปตามข้อใด

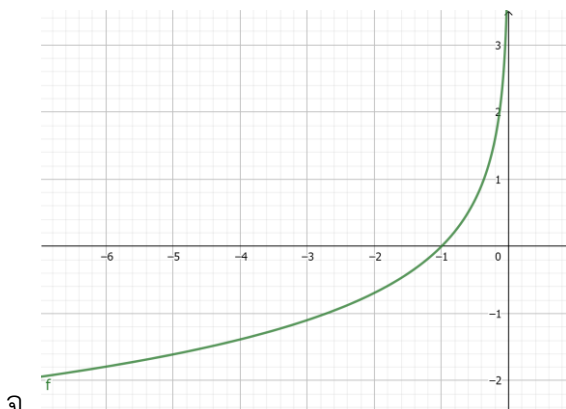




ค.



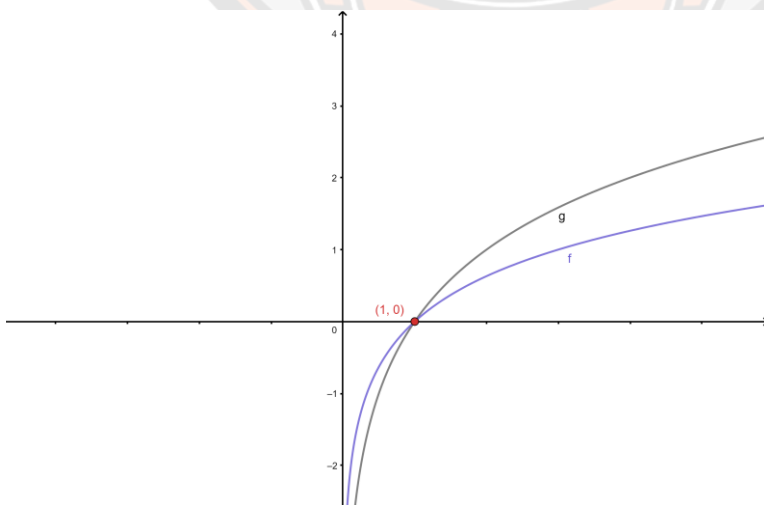
ง.



จ.

6. กำหนดให้ $f(x) = \log_a x$ และ $g(x) = \log_b x$ เมื่อ x เป็นสมาชิกในเซตจำนวนจริง a และ b เป็นสมาชิกในเซตจำนวนจริงที่มีค่ามากกว่า 0 แต่ไม่เท่ากับ 1 ที่สอดคล้องกับรูปข้างต้น

ข้อใดต่อไปนี้เป็นถูกต้อง



ก. $a > b$ ข. $a \geq b$ ค. $a < b$

ง. $a \leq b$ จ. $a = b$

7. ข้อใดคือเซตคำตอบของ $\left(\frac{1}{-2}\right)^{2x} = 64$

- ก. {3}
- ข. {-3}
- ค. {-3, 3}
- ง. {6}
- จ. {-6}

8. ข้อใดคือเซตคำตอบของ $\left(\frac{3}{-2}\right)^{2x} = \frac{16}{81}$

- ก. {2}
- ข. {-2}
- ค. {2, -2}
- ง. {4}
- จ. {-4}

9. หากกำหนดให้ x เป็นสมาชิกในเซตจำนวนจริง แล้ว x ที่สอดคล้องกับสมการ $x^3 3^x = 3^x$ คือข้อใด

- ก. 0
- ข. -1
- ค. 1
- ง. -1 และ 1
- จ. -1 , 0 และ 1

10. ข้อใดคือค่าของ x ของ $\log_x 6 = \frac{1}{2}$ เมื่อกำหนดให้ x เป็นสมาชิกในเซตจำนวนจริง

ก. 3

ข. $\sqrt{6}$

ค. 6

ง. 12

จ. 36

11. ข้อใดคือเซตคำตอบของ $\log(x + 1) + \log(x - 1) = \log(2x - 4)$

ก. $\{-1\}$

ข. $\{3\}$

ค. $\{-1, 3\}$

ง. $\{0, -1, 3\}$

จ. $\{\}$

12. ข้อใดคือ x ที่สอดคล้องกับสมการ $\log_2(\log_3 x) = 4$ เมื่อกำหนดให้ x เป็นสมาชิกในเซตจำนวนจริง

ก. 24

ข. 2^{12}

ค. 2^{81}

ง. 3^8

จ. 3^{16}

ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบ ชนิดเขียนอธิบายคำตอบ จำนวน 3 ข้อ ซึ่งประกอบด้วยข้อย่อย 4 ข้อ
2. คะแนนข้อละ 7 คะแนน รวม 21 คะแนน

เกณฑ์การประเมินผล

ความสามารถแก้ปัญหา	คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
1. ความสามารถทำ ความเข้าใจกับปัญหา	2	- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง
	1	- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน
	0	- เข้าใจปัญหาน้อยมากหรือไม่เข้าใจปัญหา
2. ความสามารถ วางแผนการแก้ปัญหา	2	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และสอดคล้องกับปัญหา
	1	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องแต่ยังไม่ ยังงั้นไม่เหมาะสมหรือไม่ครอบคลุมประเด็นของปัญหา
	0	- เลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารถเลือก วิธีการแก้ปัญหาได้
3. ความสามารถ ดำเนินการแก้ปัญหา	2	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้อย่างถูกต้องและแสดงการ แก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน
	1	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้อย่างถูกต้อง แต่การแสดง ลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน
	0	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงลำดับ ขั้นตอนการแก้ปัญหา
4. ความสามารถการ สรุปคำตอบ	1	- สรุปคำตอบได้ถูกต้อง
	0	- ไม่มีการสรุปคำตอบ หรือสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง

สูตรเพื่อใช้ในแบบทดสอบ

การเพิ่มขึ้นของจำนวนเชื้อแบคทีเรียซึ่งเป็นไปอย่างต่อเนื่องตลอดเวลามีสูตรการหาจำนวนประชากรเมื่อเวลาผ่านไป t ชั่วโมง ดังนี้

$$n(t) = n_0 e^{rt}$$

เมื่อ $n(t)$ แทน จำนวนประชากรเมื่อเวลาผ่านไป t ชั่วโมง

n_0 แทน จำนวนประชากร ณ จุดเริ่มต้น

r แทน อัตราการเติบโตของจำนวนประชากรต่อเวลา

e แทน ค่าคงตัวทางคณิตศาสตร์ที่เป็นฐานของลอการิทึมธรรมชาติ ซึ่งเป็นจำนวนตรรกยะที่มี ค่าประมาณ 2.7182818

นักวิทยาศาสตร์ได้สร้างแบบจำลองแทนการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี จากเวลาที่สารใช้ในการสลายตัว h วัน จนปริมาณเหลือเพียงครึ่งหนึ่งจากเดิมด้วยสูตร

$$m(t) = m_0 e^{-rt}$$

เมื่อ $m(t)$ แทน ปริมาณของสารกัมมันตรังสีที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป t ปี

m_0 แทน ปริมาณของสารกัมมันตรังสี ณ เวลาเริ่มต้น $t = 0$ และ

$$r = \frac{\ln 2}{h}$$

การวัดระดับความเข้มเสียงโดยเทียบกับความเข้มเสียงที่หูคนปกติได้ยินเป็นเกณฑ์อ้างอิง สามารถคำนวณหาระดับความเข้มเสียง โดยการนำความรู้เรื่องฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึมไปประยุกต์ ซึ่งมีสูตรดังนี้

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

เมื่อ β แทน ระดับความเข้มเสียงมีหน่วยเป็นเดซิเบล

I แทน ความเข้มเสียงที่ต้องการวัด และ

I_0 แทน ความเข้มเสียงที่หูคนปกติได้ยินมีค่ากับ 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร

สถานการณ์ที่ 1

มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 พ.ศ. 2563 ผลิตภัณฑ์ไข่เยี่ยวม้า ต้องมีแบคทีเรีย *Clostridium perfringens* ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g)

16. ไข่เยี่ยวม้า	1. แซลโมเนลลา (<i>Salmonella</i> spp.)	ไม่พบใน 25 กรัม (g)
	2. สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (<i>Staphylococcus aureus</i>)	ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g)
	3. คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (<i>Clostridium perfringens</i>)	ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU/g)

ที่มา : http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P416.pdf

ซึ่งแบคทีเรีย *Clostridium perfringens* เป็นแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ ทำให้มีอาการคลื่นไส้ ปวดท้อง ท้องร่วง ไม่อาเจียน เกิดอาการใน 8 – 22 ชั่วโมง ระยะโรค 12 – 48 ชั่วโมง โดยแบคทีเรีย *C. perfringens* สามารถเพิ่มตัวเองได้ 2^5 หรือ 32 เท่าใน 1 ชั่วโมง

หากตรวจพบแบคทีเรีย *Clostridium perfringens* ในไข่เยี่ยวม้า 52 CFU/g ไม่ควรวางไข่เยี่ยวม้านี้ในสถานะเอื้อให้แบคทีเรียเติบโตเป็นเวลาเกินกว่าเท่าไร

1. ในสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนทราบข้อมูลใดบ้าง และปัญหาคืออะไร (สามารถวาดภาพ ใช้สัญลักษณ์ประกอบการอธิบายได้)

สิ่งที่โจทย์กำหนด.....

.....

.....

สิ่งที่โจทย์ถาม.....

2. สิ่งที่ทำเป็นประจำสำหรับการแก้สถานการณ์ปัญหาเพื่อแก้ปัญหา ระบุขั้นตอนแก้ปัญหามาโดยสังเขป (ไม่ต้องคำนวณผลลัพธ์)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. คำเนิกรแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. คำตอบที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่ มีวิธีการใดที่ใช้เพื่อตรวจสอบคำตอบ อธิบายโดยสังเขป

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 2

ดอกไม้ไฟ หรือ พลุ เป็นอุปกรณ์ในหมวดหมู่วัตถุระเบิดชนิดหนึ่ง ลักษณะของพลุประกอบด้วย เสียง แสง ควัน และเถ้า พลุถูกออกแบบให้เผาไหม้และจุดระเบิดที่แสงสีต่าง ๆ พลุถูกใช้ในเกือบทุกประเทศทั่วโลก เชื่อกันว่าชาวจีนเป็นผู้ค้นคิดพลุและดอกไม้ไฟก่อนชาติอื่น ๆ เพื่อใช้ในงานรื่นเริง เช่น วันตรุษจีน หรือวันสารทจีน และยังมีนิยมใช้สืบมาจนปัจจุบัน



ที่มา <https://th.wikipedia.org/wiki/ดอกไม้ไฟ>

ตัวอย่างงานแสดงพลุประเทศไทย เช่น เทศกาลพลุนานาชาติเมืองพัทยา ประจำปี 2564 ในวันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 มีการจุดพลุตั้งแต่ 20.00 – 21.00 น. รวมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ซึ่ง ณ จุดที่ห่างจากพลุระเบิด 10 เมตรจะวัดระดับของเสียงดังประมาณ 140 เดซิเบลซึ่งอยู่ในระดับอันตรายที่สุดอาจส่งผลให้สูญเสียการได้ยิน เพื่อความปลอดภัยในการชมการแสดงพลุจึงควรอยู่ห่างจากจุดที่พลุระเบิดเท่าไร (องค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ว่า เสียงที่เป็นอันตราย หมายถึง เสียงที่ดังเกิน 85)



ที่มา <https://www.geonoise.co.th/>

1. ในสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนทราบข้อมูลใดบ้าง และปัญหาคืออะไร (สามารถวาดภาพ ใช้สัญลักษณ์ประกอบการอธิบายได้)

สิ่งที่โจทย์กำหนด.....

.....

.....

สิ่งที่โจทย์ถาม.....

2. สิ่งที่ทำเป็นประจำสำหรับการแก้สถานการณ์ปัญหาเพื่อแก้ปัญหา ระบุขั้นตอนแก้ปัญหามาโดยสังเขป (ไม่ต้องคำนวณผลลัพธ์)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. คำเนิกรแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. คำตอบที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่ มีวิธีการใดที่ใช้เพื่อตรวจสอบคำตอบ อธิบายโดยสังเขป

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 3

ระยะเวลาการส่งสินค้าทางเรือจากต่างประเทศถึงประเทศไทย คือ 1 เดือน หากอาหารที่มากับเรือมีการปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสี ซีเซียม-134 (ครึ่งชีวิตของ ซีเซียม-134 คือ 2.0652 ปี) เมื่อมาถึงประเทศไทยแล้วไม่เกินเกณฑ์ประกาศของกระทรวงสาธารณสุข แสดงว่าปริมาณสารกัมมันตภาพรังสีที่ปนเปื้อนมากับอาหารเมื่ออยู่ที่ประเทศญี่ปุ่นมีค่าเป็นอย่างไร

อาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีเป็นอาหารที่กำหนดมาตรฐานของประเทศไทย โดยตรวจพบสารกัมมันตรังสีปนเปื้อนได้ไม่เกินปริมาณ ดังต่อไปนี้

- (1) ไอโอดีน-131 (Iodine-131) ไม่เกิน 100 เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม (Bq/kg) หรือ เบคเคอเรลต่อลิตร (Bq/l)
- (2) ซีเซียม-134 (Cesium-134) และซีเซียม-137 (Cesium-137) รวมกัน ไม่เกิน 500 เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม (Bq/kg) หรือ เบคเคอเรลต่อลิตร (Bq/l)

ข้อ ๒ ให้อาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี เป็นอาหารที่กำหนดมาตรฐาน
ข้อ ๓ อาหารตามข้อ ๒ ต้องมีมาตรฐานโดยตรวจพบสารกัมมันตรังสีปนเปื้อนได้

ไม่เกินปริมาณ ดังต่อไปนี้

(๑) ไอโอดีน-131 (^{131}I , Iodine-131) ไม่เกิน ๑๐๐ เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม (Bq/kg) หรือ เบคเคอเรลต่อลิตร (Bq/l)

(๒) ซีเซียม-134 (^{134}Cs , Cesium-134) และซีเซียม-137 (^{137}Cs , Cesium-137) รวมกัน ไม่เกิน ๕๐๐ เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม (Bq/kg) หรือ เบคเคอเรลต่อลิตร (Bq/l)

ข้อ ๔ ให้ผู้นำเข้าอาหารตามข้อ ๒ ต้องจัดให้มีหลักฐานระบุปริมาณกัมมันตรังสีและพื้นที่ผลิตอาหาร จากหน่วยงานของรัฐที่รับผิดชอบของประเทศที่เป็นแหล่งต้นกำเนิด หรือจากหน่วยงานอื่นที่ได้รับการยอมรับจากหน่วยงานของรัฐที่รับผิดชอบของประเทศที่เป็นแหล่งต้นกำเนิด หรือจากห้องปฏิบัติการของหน่วยงานของรัฐ หรือจากห้องปฏิบัติการที่ได้รับมอบหมายหรือได้รับการรับรองจากหน่วยงานของรัฐ หรือจากห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบตามมาตรฐานสากล แสดงที่ต้นนำเข้าทุกครั้งให้นำเข้า

ที่มา http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P-022-T.pdf

1. ในสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนทราบข้อมูลใดบ้าง และปัญหาคืออะไร (สามารถวาดภาพ ใช้สัญลักษณ์ประกอบการอธิบายได้)

สิ่งที่โจทย์กำหนด.....

.....

.....

สิ่งที่โจทย์ถาม.....

2. สิ่งที่ทำเป็นประจำสำหรับการแก้สถานการณ์ปัญหาเพื่อแก้ปัญหา ระบุขั้นตอนแก้ปัญหามาโดยสังเขป (ไม่ต้องคำนวณผลลัพธ์)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. คำเนิกรแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

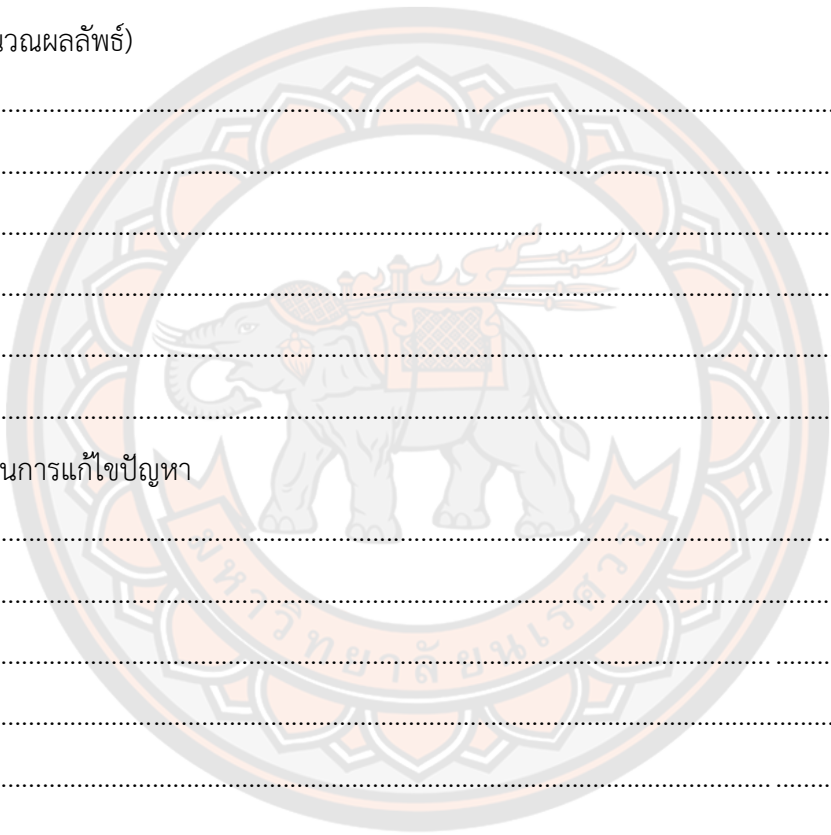
.....

4. คำตอบที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่ มีวิธีการใดที่ใช้เพื่อตรวจสอบคำตอบ อธิบายโดยสังเขป

.....

.....

.....





ภาคผนวก ค

แบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. แบบตรวจสอบคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน
2. แบบตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดมโนทัศน์
3. แบบตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถแก้ปัญหา

แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

การเสริมสร้างมโนทัศน์ และความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

A classroom action research for promote Mathematical Concept and Problem Solving Abilities on Application of the Exponential and Logarithmic Functions for 10th Grade student by using Online learning based on Realistic Mathematics Education

คำชี้แจง โปรดพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความเห็นของท่าน โดยใช้เกณฑ์พิจารณาต่อไปนี้

- 5 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก
- 3 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย
- 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 : อาหารเป็นพิษจากแบคทีเรีย *C. perfringens*

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
สาระสำคัญ						
1. สอดคล้องกับเรื่องที่สอน						
2. เขียนสาระสำคัญในลักษณะของความคิดรวบยอดหรือแก่นของความรู้ที่สำคัญ						
จุดประสงค์การเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้						
2. ชัดเจน นำไปสู่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้						
3. ชัดเจน นำไปสู่การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ได้						
สาระการเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับสาระสำคัญ						
2. เขียนสาระการเรียนรู้ในลักษณะของการขยายรายละเอียดของสาระสำคัญ						
3. มีปริมาณและความลึกซึ้งที่เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน						
กิจกรรมการเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง						
2. เหมาะสมกับการเรียนรู้แบบออนไลน์						
3. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
4. เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน						
5. มีความน่าสนใจ						
6. มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง						
7. เสริมสร้างมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม						
8. เสริมสร้างความสามารถแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม						

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
สื่อ						
1. สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้						
2. เสริมสร้างมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม						
3. เสริมสร้างความสามารถแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม						
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
2. วิธีการและเครื่องมือวัดผลเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
3. เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้มีความชัดเจน						

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 : เสียงดังรบกวน

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
สาระสำคัญ						
1. สอดคล้องกับเรื่องที่สอน						
2. เขียนสาระสำคัญในลักษณะของความคิดรวบยอดหรือแก่นของความรู้ที่สำคัญ						
จุดประสงค์การเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้						
2. ชัดเจน นำไปสู่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้						
3. ชัดเจน นำไปสู่การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ได้						
สาระการเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับสาระสำคัญ						
2. เขียนสาระการเรียนรู้ในลักษณะของการขยายรายละเอียดของสาระสำคัญ						
3. มีปริมาณและความลึกซึ้งที่เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน						
กิจกรรมการเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง						
2. เหมาะสมกับการเรียนรู้แบบออนไลน์						
3. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
4. เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน						
5. มีความน่าสนใจ						
6. มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง						
7. เสริมสร้างมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม						
8. เสริมสร้างความสามารถแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม						

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
สื่อ						
1. สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้						
2. เสริมสร้างมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชัน ลอการิทึม						
3. เสริมสร้างความสามารถแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและ ฟังก์ชันลอการิทึม						
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
2. วิธีการและเครื่องมือวัดผลเหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้						
3. เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้มีความ ชัดเจน						

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 : อาหารปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสี

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
สาระสำคัญ						
1. สอดคล้องกับเรื่องที่สอน						
2. เขียนสาระสำคัญในลักษณะของความคิดรวบยอดหรือแก่นของความรู้ที่สำคัญ						
จุดประสงค์การเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้						
2. ชัดเจน นำไปสู่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้						
3. ชัดเจน นำไปสู่การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ได้						
สาระการเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับสาระสำคัญ						
2. เขียนสาระการเรียนรู้ในลักษณะของการขยายรายละเอียดของสาระสำคัญ						
3. มีปริมาณและความลึกซึ้งที่เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน						
กิจกรรมการเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง						
2. เหมาะสมกับการเรียนรู้แบบออนไลน์						
3. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
4. เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน						
5. มีความน่าสนใจ						
6. มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง						
7. เสริมสร้างมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม						
8. เสริมสร้างความสามารถแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม						

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
สื่อ						
1. สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้						
2. เสริมสร้างมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชัน ลอการิทึม						
3. เสริมสร้างความสามารถแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและ ฟังก์ชันลอการิทึม						
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
2. วิธีการและเครื่องมือวัดผลเหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้						
3. เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้มีความ ชัดเจน						

แบบประเมินความสอดคล้อง
ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบของมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและ
ฟังก์ชันลอการิทึม

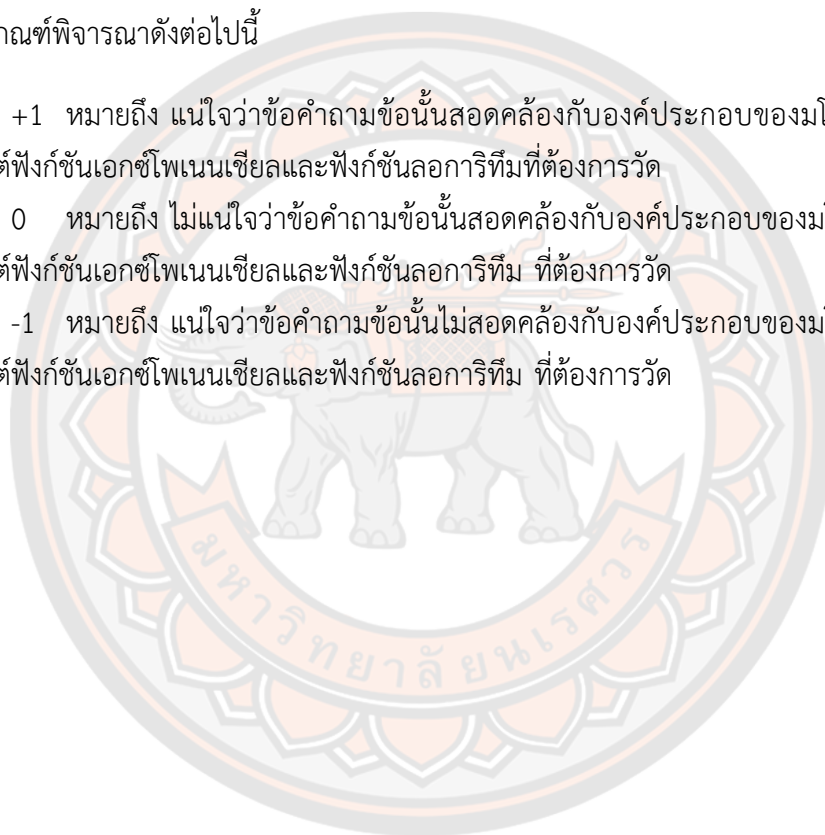
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง โปรดพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยใช้เกณฑ์พิจารณาดังต่อไปนี้

+1 หมายถึง แนใจว่าข้อคำถามข้อนั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบของมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึมที่ต้องการวัด

0 หมายถึง ไม่แนใจว่าข้อคำถามข้อนั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบของมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม ที่ต้องการวัด

-1 หมายถึง แนใจว่าข้อคำถามข้อนั้นไม่สอดคล้องกับองค์ประกอบของมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม ที่ต้องการวัด



ผลการเรียนรู้				
สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม จำนวนและพีชคณิต				
1. เข้าใจลักษณะกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึมและนำไปใช้ในการแก้ปัญหา				
2. แก้สมการเอกซ์โพเนนเชียลและสมการลอการิทึม และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา				
มโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม				
1. ลักษณะของกราฟฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล (ข้อ 1 - 6)				
2. ลักษณะของกราฟฟังก์ชันลอการิทึม (ข้อ 7 - 12)				
3. การแก้สมการเอกซ์โพเนนเชียล (ข้อ 13 - 18)				
4. การแก้สมการลอการิทึม (ข้อ 19 - 24)				
ข้อคำถาม	ระดับความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				

แบบประเมินความสอดคล้อง
ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบของความสามารถแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์
โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง โปรดพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยใช้เกณฑ์พิจารณาดังต่อไปนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามข้อนั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบของมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึมที่ต้องการวัด

0 หมายถึง ไม่แนใจว่าข้อคำถามข้อนั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบของมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม ที่ต้องการวัด

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามข้อนั้นไม่สอดคล้องกับองค์ประกอบของมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม ที่ต้องการวัด

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง (Realistic Mathematics Education : RME)** หมายถึง แนวคิดในการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่ใช้การเชื่อมโยงสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงมาเป็นประเด็นในการเรียนรู้ สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงเพื่ออธิบายถึงประเด็นปัญหานั้น เปิดโอกาสให้มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนขณะทำกิจกรรม อีกทั้งสนับสนุนให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นต่อชิ้นงานของตนเองและผู้อื่น หลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงมี 4 ประการ ดังนี้

1. เรียนรู้ผ่านกิจกรรม
2. ใช้บริบทจริงในกิจกรรมไล่เรียงจากง่ายไปซับซ้อน
3. มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกิจกรรม
4. ผู้สอนติดตามผู้เรียนอย่างใกล้ชิดเพื่อประเมินว่าจุดใดควรให้คำแนะนำและคำแนะนำควรเป็น

ควรเป็น

2. **การเรียนรู้แบบออนไลน์(Online learning)** หมายถึง การเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชันห้องเรียนเสมือน (Virtual Classroom) ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตควบคู่กับบทเรียนออนไลน์ โดยเครื่องมือสนับสนุนการเรียน เช่น คอมพิวเตอร์ แล็ปท็อป แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน

3. มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Concept) หมายถึง ข้อสรุปที่ได้รับจากประสบการณ์การเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันลอการิทึมและเอกซ์โพเนนเชียล ที่ทำให้ผู้เรียนสามารถจำแนกสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ว่าสถานการณ์ใดเป็นไปตาม บทนิยาม สูตร สมบัติต่าง ๆ ของฟังก์ชันลอการิทึมและเอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งวัดได้จากแบบวัดมโนทัศน์ แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ ประกอบด้วย

- 1) แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน
- 2) แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียน

4. ความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving Abilities) หมายถึง ความสามารถที่ได้รับจากการเรียนรู้แบบออนไลน์บนฐานแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันลอการิทึมและเอกซ์โพเนนเชียล ประกอบด้วย การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหาและการตรวจสอบ วัดได้จากแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แบบอัตนัยจำนวน 4 ข้อ ประกอบด้วย 4 ข้อย่อย ประกอบด้วย

- 1) แบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน
- 2) แบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม จำนวนและพีชคณิต 1. เข้าใจลักษณะกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึมและนำไปใช้ในการแก้ปัญหา 2. แก้สมการเอกซ์โพเนนเชียลและสมการลอการิทึม และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา				
องค์ประกอบของความสามารถแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม 1. ความสามารถทำความเข้าใจกับปัญหา 2. ความสามารถวางแผนการแก้ปัญหา 3. ความสามารถดำเนินการแก้ปัญหา 4. ความสามารถสรุปคำตอบ				
ข้อคำถาม	ระดับ ความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
ความสามารถเข้าใจปัญหา 1. ในสถานการณ์ข้างต้น ผู้เรียนทราบข้อมูลใดบ้าง และปัญหาคืออะไร (สามารถวาดภาพ ใช้สัญลักษณ์ ประกอบการอธิบายได้)				
ความสามารถวางแผนแก้ปัญหา 2. สิ่งที่เป็นจำเป็นสำหรับการแก้สถานการณ์ปัญหาเพื่อแก้ปัญหา ระบุขั้นตอนแก้ปัญหามาโดยสังเขป (ไม่ต้องคำนวณผลลัพธ์)				
ความสามารถดำเนินการแก้ปัญหา 3. ดำเนินการแก้ไขปัญหา				

<p>.....</p> <p>.....</p> <p>ความสามารถสรุปคำตอบ</p> <p>4. คำตอบที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่ มีวิธีการใดที่ใช้ เพื่อตรวจสอบคำตอบ อธิบายโดยสังเขป</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>				
สถานการณ์ 1				
สถานการณ์ 2				
สถานการณ์ 3				
สถานการณ์ 4				
สถานการณ์ 5				
สถานการณ์ 6				
สถานการณ์ 7				
สถานการณ์ 8				
สถานการณ์ 9				
สถานการณ์ 10				
สถานการณ์ 11				
สถานการณ์ 12				



ภาคผนวก ง

ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. ผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้
2. ผลการประเมินคุณภาพของแบบวัดมโนทัศน์
3. ผลการประเมินคุณภาพของแบบวัดความสามารถแก้ปัญหา

ผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ

ตาราง 16 ตารางผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1: อาหารเป็นพิษจากแบคทีเรีย C. perfringens

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม ของผู้เชี่ยวชาญ			
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย
สาระสำคัญ				
1. สอดคล้องกับเรื่องที่สอน	5	4	5	4.67
2. เขียนสาระสำคัญในลักษณะของ ความคิดรวบยอดหรือแก่นของความรู้ ที่สำคัญ	5	4	5	4.67
สรุปด้านสาระสำคัญ	5	4	5	4.67
จุดประสงค์การเรียนรู้				
1. สอดคล้องกับตัวชี้วัดของกลุ่มสาระ การเรียนรู้	5	5	5	5
2. ชัดเจน นำไปสู่การจัดกิจกรรมการ เรียนรู้ได้	5	4	4	4.33
3. ชัดเจน นำไปสู่การวัดผลและ ประเมินผลการเรียนรู้ได้	5	5	4	4.67
สรุปด้านจุดประสงค์	5	4.67	4.33	4.67
สาระการเรียนรู้				
1. สอดคล้องกับสาระสำคัญ	5	4	5	4.67
2. เขียนสาระการเรียนรู้ในลักษณะ ของการขยายรายละเอียดของ สาระสำคัญ	5	3	5	4.33
3. มีปริมาณและความลึกซึ่งเหมาะสม กับระดับชั้นของผู้เรียน	5	4	5	4.67
สรุปด้านสาระการเรียนรู้	5	3.67	5	4.56
กิจกรรมการเรียนรู้				
1. สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง	5	5	4	4.67
2. เหมาะสมกับการเรียนรู้แบบ ออนไลน์	5	4	4	4.33
3. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4.67
4. เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	5	5	5

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม ของผู้เชี่ยวชาญ			
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย
5. มีความน่าสนใจ	5	5	4	4.67
6. ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง	5	5	4	4.67
7. เสริมสร้างมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม	5	4	4	4.33
8. เสริมสร้างความสามารถแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม	5	5	4	4.67
สรุปด้านกิจกรรมการเรียนรู้	5	4.63	4.25	4.63
สื่อ				
1. สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5
2. เสริมสร้างมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม	5	4	4	4.33
3. เสริมสร้างความสามารถแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม	5	5	4	4.67
สรุปด้านสื่อ	5	4.67	4.33	4.67
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้				
1. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4.33
2. วิธีการและเครื่องมือวัดผลเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4.33
3. เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้มีความชัดเจน	5	-	4	3
สรุปด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	2.67	4	3.89
สรุป	5	4.18	4.41	4.53

ตาราง 17 ตารางผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2: เสียงดังรบกวน

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม ของผู้เชี่ยวชาญ			
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย
สาระสำคัญ				
1. สอดคล้องกับเรื่องที่สอน	5	4	5	4.67
2. เขียนสาระสำคัญในลักษณะของ ความคิดรวบยอดหรือแก่นของความรู้ ที่สำคัญ	5	4	5	4.67
สรุปด้านสาระสำคัญ	5	4	5	4.67
จุดประสงค์การเรียนรู้				
1. สอดคล้องกับตัวชี้วัดของกลุ่มสาระ การเรียนรู้	5	5	5	5
2. ชัดเจน นำไปสู่การจัดกิจกรรมการ เรียนรู้ได้	5	4	4	4.33
3. ชัดเจน นำไปสู่การวัดผลและ ประเมินผลการเรียนรู้ได้	5	5	4	4.67
สรุปด้านจุดประสงค์	5	4.67	4.33	4.67
สาระการเรียนรู้				
1. สอดคล้องกับสาระสำคัญ	5	4	5	4.67
2. เขียนสาระการเรียนรู้ในลักษณะ ของการขยายรายละเอียดของ สาระสำคัญ	5	3	5	4.33
3. มีปริมาณและความลึกซึ้งเหมาะสม กับระดับชั้นของผู้เรียน	5	4	5	4.67
สรุปด้านสาระการเรียนรู้	5	3.67	5	4.56
กิจกรรมการเรียนรู้				
1. สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง	5	5	4	4.67
2. เหมาะสมกับการเรียนรู้แบบ ออนไลน์	5	4	4	4.33
3. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4.67
4. เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	5	5	5

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม ของผู้เชี่ยวชาญ			
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย
5. มีความน่าสนใจ	5	5	4	4.67
6. มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง	5	5	4	4.67
7. เสริมสร้างมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม	5	4	4	4.33
8. เสริมสร้างความสามารถแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม	5	5	4	4.67
สรุปด้านกิจกรรมการเรียนรู้	5	4.63	4.25	4.63
สื่อ				
1. สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5
2. เสริมสร้างมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม	5	4	4	4.33
3. เสริมสร้างความสามารถแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม	5	5	4	4.67
สรุปด้านสื่อ	5	4.67	4.33	4.67
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้				
1. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4.33
2. วิธีการและเครื่องมือวัดผล เหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4.33
3. เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้มีความชัดเจน	5	-	4	3
สรุปด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	2.67	4	3.89
สรุป	5	4.18	4.41	4.53

ตาราง 18 ตารางผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3: อาหารปนเปื้อนไขมันตรังสี

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม ของผู้เชี่ยวชาญ			
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย
สาระสำคัญ				
1. สอดคล้องกับเรื่องที่สอน	5	4	5	4.67
2. เขียนสาระสำคัญในลักษณะของ ความคิดรวบยอดหรือแก่นของความรู้ ที่สำคัญ	5	4	5	4.67
สรุปด้านสาระสำคัญ	5	4	5	4.67
จุดประสงค์การเรียนรู้				
1. สอดคล้องกับตัวชี้วัดของกลุ่มสาระ การเรียนรู้	5	5	5	5
2. ชัดเจน นำไปสู่การจัดกิจกรรมการ เรียนรู้ได้	5	4	4	4.33
3. ชัดเจน นำไปสู่การวัดผลและ ประเมินผลการเรียนรู้ได้	5	5	4	4.67
สรุปด้านจุดประสงค์	5	4.67	4.33	4.67
สาระการเรียนรู้				
1. สอดคล้องกับสาระสำคัญ	5	4	5	4.67
2. เขียนสาระการเรียนรู้ในลักษณะ ของการขยายรายละเอียดของ สาระสำคัญ	5	3	5	4.33
3. มีปริมาณและความลึกซึ้งที่เหมาะสม กับระดับชั้นของผู้เรียน	5	4	5	4.67
สรุปด้านสาระการเรียนรู้	5	3.67	5	4.56
กิจกรรมการเรียนรู้				
1. สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง	5	5	4	4.67
2. เหมาะสมกับการเรียนรู้แบบ ออนไลน์	5	4	4	4.33
3. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4.67
4. เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	5	5	5
5. มีความน่าสนใจ	5	5	4	4.67

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม ของผู้เชี่ยวชาญ			
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย
6. ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง	5	5	4	4.67
7. เสริมสร้างมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม	5	4	4	4.33
8. เสริมสร้างความสามารถแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม	5	5	4	4.67
สรุปด้านกิจกรรมการเรียนรู้	5	4.63	4.25	4.63
สื่อ				
1. สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5
2. เสริมสร้างมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม	5	4	4	4.33
3. เสริมสร้างความสามารถแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม	5	5	4	4.67
สรุปด้านสื่อ	5	4.67	4.33	4.67
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้				
1. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4.33
2. วิธีการและเครื่องมือวัดผล เหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4.33
3. เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้มี ความชัดเจน	5	-	4	3
สรุปด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	2.67	4	3.89
สรุป	5	4.18	4.41	4.53

ผลการประเมินคุณภาพแบบวัตมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

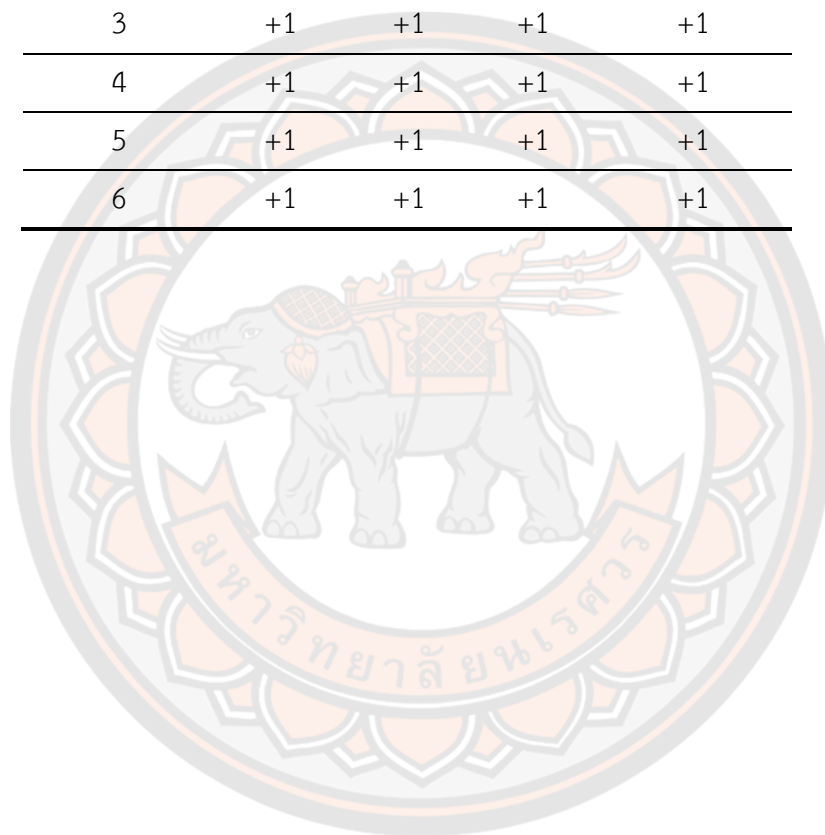
ตาราง 19 ตารางแสดงผลการประเมินความสอดคล้องแบบวัตมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

ข้อคำถามที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1	+1	+1	+1	+1
2	+1	+1	+1	+1
3	+1	+1	+1	+1
4	+1	+1	+1	+1
5	+1	+1	+1	+1
6	+1	+1	+1	+1
7	+1	+1	+1	+1
8	+1	+1	+1	+1
9	+1	+1	+1	+1
10	+1	+1	+1	+1
11	+1	+1	+1	+1
12	+1	+1	+1	+1
13	+1	+1	+1	+1
14	+1	+1	+1	+1
15	+1	+1	+1	+1
16	+1	+1	+1	+1
17	+1	+1	+1	+1
18	+1	+1	+1	+1
19	+1	+1	+1	+1
20	+1	+1	+1	+1
21	+1	+1	+1	+1
22	+1	+1	+1	+1
23	+1	+1	+1	+1
24	+1	+1	+1	+1

ผลการประเมินคุณภาพแผนการแบบวัดความสามารถแก้ปัญหา

ตาราง 20 ตารางแสดงผลการประเมินความสอดคล้องแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

ข้อคำถามที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1	+1	+1	+1	+1
2	+1	+1	+1	+1
3	+1	+1	+1	+1
4	+1	+1	+1	+1
5	+1	+1	+1	+1
6	+1	+1	+1	+1



ผลการทดลองใช้ (try out) แบบวัดความมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

ตาราง 21 ตารางแสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงทั้งฉบับของแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

ข้อคำถามที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)	แปลผลคุณภาพของ ข้อสอบ	ค่าความเที่ยง แบบวัดทั้งฉบับ
1	0.37	0.39	ใช้ได้	0.81
2	0.33	0.24	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	
3	0.43	0.44	ใช้ได้	
4	0.07	-0.33	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	
5	0.40	0.41	ใช้ได้	
6	0.50	0.06	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	
7	0.60	0.43	ใช้ได้	
8	0.50	0.16	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	
9	0.50	0.45	ใช้ได้	
10	0.50	0.13	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	
11	0.20	0.36	ใช้ได้	
12	0.33	0.04	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	
13	0.73	0.50	ใช้ได้	
14	0.67	0.20	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	
15	0.80	0.38	ใช้ได้	
16	0.83	0.37	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	
17	0.80	0.38	ใช้ได้	
18	0.73	0.44	ใช้ได้	
19	0.63	0.72	ใช้ได้	
20	0.60	0.70	ใช้ได้	
21	0.43	0.55	ใช้ได้	
22	0.37	0.44	ใช้ได้	
23	0.63	0.43	ใช้ได้	
24	0.70	0.37	ใช้ได้	

ผลการทดลองใช้ (try out) แบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ตาราง 22 ตารางแสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงทั้งฉบับของแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สถานการณ์ ที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)	แปลผลคุณภาพของ ข้อสอบ	ค่าความเที่ยง แบบวัดทั้งฉบับ
1	0.71	0.30	ใช้ได้	0.94
2	0.73	0.25	ใช้ได้	
3	0.80	0.39	ใช้ได้	
4	0.79	0.43	ใช้ได้	
5	0.72	0.55	ใช้ได้	
6	0.66	0.68	ใช้ได้	