

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อ
ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ
นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5



นายกิตติพันธ์ วิบูลศิลป์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

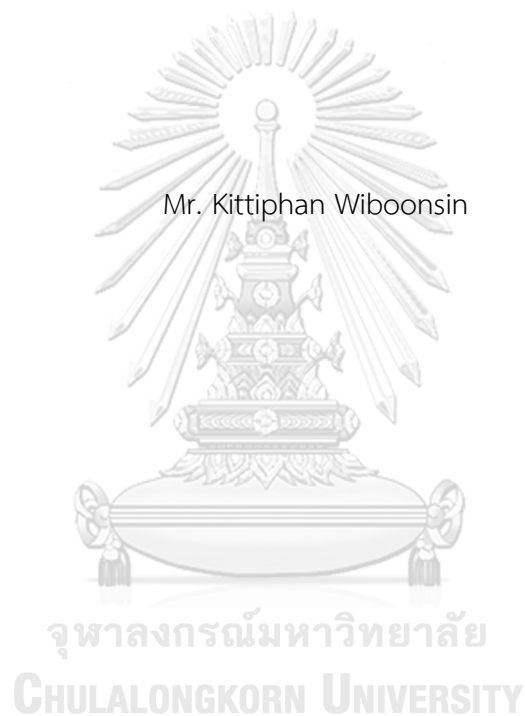
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITIES USING
THE FLIPPED CLASSROOM APPROACH AND ACTIVE LEARNING ON
MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING AND CRITICAL THINKING ABILITIES
OF ELEVENTH GRADE STUDENTS

Mr. Kittiphan Wiboonsin



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Mathematics Education

Department of Curriculum and Instruction

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิด
ห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อ
ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และ
ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน
มัธยมศึกษาปีที่ 5

โดย

นายกิตติพันธ์ วิบูลศิลป์

สาขาวิชา

การศึกษาคณิตศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิณดิษฐ์ ละออบปักฉิม

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

.....
คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อัมพร ม้าคนอง)

.....
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิณดิษฐ์ ละออบปักฉิม)

.....
กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทรงชัย อักษรคิด)

กิตติพันธ์ วิบูลศิลป์ : ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 (EFFECTS OF ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITIES USING THE FLIPPED CLASSROOM APPROACH AND ACTIVE LEARNING ON MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING AND CRITICAL THINKING ABILITIES OF ELEVENTH GRADE STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. จิณดิษฐ์ ละออปักชิน, 204 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกในรายวิชาคณิตศาสตร์ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกในรายวิชาคณิตศาสตร์เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 3) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกในรายวิชาคณิตศาสตร์ 4) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกในรายวิชาคณิตศาสตร์เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย สุพรรณบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 30 คน

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า

- 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนไม่สูงกว่าร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- 4) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนไม่สูงกว่าร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน

ลายมือชื่อนิติดี

สาขาวิชา การศึกษาคณิตศาสตร์

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2560

5883307527 : MAJOR MATHEMATICS EDUCATION

KEYWORDS: THE FLIPPED CLASSROOM / ACTIVE LEARNING / MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING / CRITICAL THINKING ABILITIES

KITTIPHAN WIBOONSIN: EFFECTS OF ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITIES USING THE FLIPPED CLASSROOM APPROACH AND ACTIVE LEARNING ON MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING AND CRITICAL THINKING ABILITIES OF ELEVENTH GRADE STUDENTS. ADVISOR: ASST. PROF. DR. JINNADIT LAORPAKSIN, 204 pp.

The purposes of this study were to 1) Compare mathematical problem solving of eleventh grade students before and after being taught by organizing mathematics learning activities using the flipped classroom approach and active learning. 2) Compare mathematical problem solving of eleventh grade students after being taught by organizing mathematics learning activities using the flipped classroom approach and active learning with the 70 percent criterion. 3) Compare critical thinking abilities of eleventh grade students before and after being taught by organizing mathematics learning activities using the flipped classroom approach and active learning. 4) Compare critical thinking abilities of eleventh grade students after being taught by organizing mathematics learning activities using the flipped classroom approach and active learning with the 70 percent criterion. The subjects were eleventh grade students of Sa-nguan Ying School in Suphan Buri, Thailand in the first semester of the academic year 2017. There were 30 students in an experimental group.

The results of the research revealed that

1) The mathematical problem solving of student being taught by organizing mathematics learning activities using the flipped classroom approach and active learning were statistically higher than those before learning at the .05 level of significance.

2) The mathematical problem solving of student being taught by organizing mathematics learning activities using the flipped classroom approach and active learning were statistically not higher than 70 percent criterion at the .05 level of significance.

3) The critical thinking abilities of student being taught by organizing mathematics learning activities using the flipped classroom approach and active learning were statistically higher than those before learning at the .05 level of significance.

4) The critical thinking abilities of student being taught by organizing mathematics learning activities using the flipped classroom approach and active learning were statistically not higher than 70 percent criterion at the .05 level of significance.

Department: Curriculum and Instruction

Student's Signature

Field of Study: Mathematics Education

Advisor's Signature

Academic Year: 2017

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยความกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิณดิษฐ์ ละออปักชิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้วิจัยได้พัฒนาทักษะต่างๆ และได้เรียนรู้ขั้นตอนการทำวิทยานิพนธ์ ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคอง ประธานกรรมการ สอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย อักษรคิด กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่สละเวลาในการเป็นกรรมการสอบ ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ เป็นผลให้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่กรุณาสละเวลาตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น รวมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณะอาจารย์ สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ที่กรุณาให้ วิชาความรู้ และคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้อำนวยการประชอบ หลีบุญกุล รองผู้อำนวยการฝ่ายบริหาร วิชาการสมใจ สืบวัฒนพงษ์กุล หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ครูบุญสม ศรีศักดิ์ และ คณะครูโรงเรียนสงวนหญิงทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ครูเกษราภรณ์ สุระ ที่ให้การช่วยเหลือ ประสานงาน ให้คำแนะนำ และดูแลผู้วิจัยตลอดช่วยการทดลอง นอกจากนี้ขอขอบคุณนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5/8 ที่ให้ความร่วมมือในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมารดา และครอบครัวจริงจิตร รวมถึงเพื่อนๆ ที่ คอยดูแลเอาใจใส่ ให้คำปรึกษา และเป็นกำลังใจที่สำคัญ จนกระทั่งประสบความสำเร็จ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ	ต
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
คำถามวิจัย	4
วัตถุประสงค์การวิจัย	4
สมมติฐานการวิจัย	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	7
ประโยชน์ที่ได้รับ.....	11
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
1. แนวคิดห้องเรียนกลับทาง.....	13
1.1 ความหมายของห้องเรียนกลับทาง	13
1.2 ลักษณะของห้องเรียนกลับทาง.....	14
1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนกลับทาง.....	17
2. การเรียนรู้เชิงรุก.....	18
2.1 ความหมายของการเรียนรู้เชิงรุก.....	18
2.2 ลักษณะของการเรียนรู้เชิงรุก	19

2.3 กลยุทธ์และเทคนิคที่ใช้สนับสนุนการเรียนรู้เชิงรุก.....	22
3. ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	26
3.1 กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	26
3.2 กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	30
3.3 การวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	31
4. ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	36
4.1 ความหมายของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	36
4.2 องค์ประกอบของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	37
4.3 การวัดและประเมินความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	39
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	40
5.1 งานวิจัยต่างประเทศ	40
5.2 งานวิจัยในประเทศ	41
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	42
1. การศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	42
2. การออกแบบการวิจัย.....	43
3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	44
4. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	45
4.1 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	45
4.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	60
5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	81
6. การวิเคราะห์ข้อมูล.....	85
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย	85
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	87

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	100
สรุปผลการทดลอง.....	102
อภิปรายผลการวิจัย.....	102
ข้อเสนอแนะ	114
รายการอ้างอิง	116
ภาคผนวก.....	122
ภาคผนวก ก กรอบแนวคิดการวิจัย	123
ภาคผนวก ข รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย	125
ภาคผนวก ค หนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิและขอความร่วมมือในการวิจัย.....	127
ภาคผนวก ง ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	135
ภาคผนวก จ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	144
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	171
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	204

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 เปรียบความแตกต่างระหว่างการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และการเรียนรู้แบบรับเพียงอย่างเดียว (Passive Learning).....	20
ตารางที่ 2 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์รวมของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	32
ตารางที่ 3 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อยของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	33
ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์รวมของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของครูฝึกและ รูดนิก	34
ตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อยของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของครูฝึกและ รูดนิก	35
ตารางที่ 6 แสดงแบบแผนการทดลอง	43
ตารางที่ 7 สาระการเรียนรู้ของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และฟังก์ชันลอการิทึม	46
ตารางที่ 8 กรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทาง ร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก.....	48
ตารางที่ 9 เนื้อหา วัตถุประสงค์ ระยะเวลา และประเภทของวีดิทัศน์.....	50
ตารางที่ 10 ตัวอย่างคำถามระหว่างดูวีดิทัศน์ และตัวอย่างคำถามหลังดูวีดิทัศน์	55
ตารางที่ 11 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	62
ตารางที่ 12 ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ก่อนเรียนที่ใช้หาคุนภาพ.....	68
ตารางที่ 13 ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์หลังเรียนที่ใช้หาคุนภาพ	69
ตารางที่ 14 ค่าความเที่ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถใน การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการทดลอง.....	69
ตารางที่ 15 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	72

ตารางที่ 16 ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณ์ญาณก่อนเรียน ที่ใช้หาคุณภาพ.....	76
ตารางที่ 17 ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณ์ญาณหลังเรียน ที่ใช้หาคุณภาพ	78
ตารางที่ 18 ค่าความเที่ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถใน การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณที่ใช้ในการทดลอง	81
ตารางที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน มัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทาง ร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 48 คะแนน).....	87
ตารางที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถ ในการทำความเข้าใจปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและ หลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)	88
ตารางที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถ ในการเลือกแผนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตาม แนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน).....	88
ตารางที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถ ในการดำเนินการตามแผนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและ หลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)	89
ตารางที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถ ในการสะท้อนและขยายผลของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและ หลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)	89
ตารางที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน มัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทาง ร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 48 คะแนน).....	90

<p>ตารางที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 12 คะแนน).....</p>	91
<p>ตารางที่ 26 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการเลือกแผนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 12 คะแนน).....</p>	91
<p>ตารางที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการดำเนินการตามแผนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 12 คะแนน).....</p>	92
<p>ตารางที่ 28 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการสะท้อนและขยายผลของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 12 คะแนน).....</p>	92
<p>ตารางที่ 29 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 60 คะแนน).....</p>	93
<p>ตารางที่ 30 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน).....</p>	94
<p>ตารางที่ 31 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการอนุมานของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน).....</p>	94

ตารางที่ 39 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้าน การประเมิน
ข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิด
ห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 12
คะแนน)..... 98

ตารางที่ 40 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการตีความ
ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิด
ห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 12
คะแนน)..... 98



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพประกอบที่ 1 แผนภาพเวเนน์แสดงความสัมพันธ์ของวิธีการจัดการเรียนรู้โดยมีนักเรียนเป็นศูนย์กลาง.....	23
ภาพประกอบที่ 2 แผนภาพแสดงกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัต.....	27
ภาพประกอบที่ 3 แผนภาพแสดงกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของเมเยอร์.....	28
ภาพประกอบที่ 4 แผนภาพแสดงกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของกิก.....	30
ภาพประกอบที่ 5 เอกสารออนไลน์ ส่วนข้อมูลส่วนตัว.....	59
ภาพประกอบที่ 6 เอกสารออนไลน์ ส่วนคำถามระหว่างดูวิดีโอ.....	59
ภาพประกอบที่ 7 เอกสารออนไลน์ ส่วนคำถามหลังดูวิดีโอ.....	60
ภาพประกอบที่ 8 ผลการตอบคำถามในเอกสารออนไลน์ของนักเรียน.....	83
ภาพประกอบที่ 9 ผลการตอบคำถามของนักเรียนจากโปรแกรมสำเร็จรูป.....	84
ภาพประกอบที่ 10 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก.....	106

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ที่มีวัตถุประสงค์ในการเตรียมคนในสังคมไทยให้มีทักษะในการดำรงชีวิตสำหรับโลกในศตวรรษที่ 21 ซึ่งประกอบด้วยทักษะชีวิตและการทำงาน ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี โดยพัฒนาเด็กในวัยเรียนและวัยรุ่นให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ มีความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะการทำงานและการใช้ชีวิตที่พร้อมเข้าสู่ตลาดงานผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เด็กมีการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงและสอดคล้องกับพัฒนาการของสมองในแต่ละช่วงวัย เน้นพัฒนาทักษะพื้นฐานด้านศิลปะ ด้านภาษาต่างประเทศ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านคณิตศาสตร์ (สำนักนายกรัฐมนตรี, 2560: 65-68) จะเห็นได้ว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญในการพัฒนาทักษะให้เกิดขึ้นกับนักเรียน

คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตทั้งในแง่ของการพัฒนาสังคมและการพัฒนามนุษย์ ในแง่ของสังคมนั้นคณิตศาสตร์จะถูกใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานในการสร้างองค์ความรู้และนวัตกรรมในสาขาวิชาต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในแง่ของการพัฒนามนุษย์นั้นคณิตศาสตร์จะถูกใช้เป็นองค์ความรู้ที่ช่วยในการพัฒนาความสามารถในการคิดทั้งการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (อัมพร ม้าคอง, 2557: 4-5) ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนานักเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มุ่งพัฒนาให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ ซึ่งประกอบไปด้วย ความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และความสามารถในการใช้เทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552: 2, 6)

แม้ว่าคณิตศาสตร์จะเป็นวิชาที่มีความสำคัญ การจัดการศึกษาทางคณิตศาสตร์ของประเทศไทยยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร มีนักเรียนจำนวนไม่น้อยที่ยังขาดทักษะกระบวนการทั้งการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสารและนำเสนอแนวคิด การเชื่อมโยงเนื้อหา และความคิดสร้างสรรค์ ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555: 1) สะท้อนให้เห็นได้จากผลการทดสอบในโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ในปี ค.ศ. 2015 จากกรอบการประเมินในส่วนของความรู้เรื่อง

คณิตศาสตร์ (Mathematical literacy) ซึ่งประกอบด้วย 3 กระบวนการ คือ การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และการตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ (OECD, 2016: 68) พบว่า นักเรียนในกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานในสังกัดกรมสามัญศึกษาเดิมมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าระดับค่าเฉลี่ยในกลุ่มประเทศที่เข้าร่วมการประเมิน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559: 14) สาเหตุเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ยังมิจุดเน้นที่การทำคำตอบที่ถูกต้อง และการจดจำขั้นตอนการหาคำตอบ กฎ สูตร นิยาม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557: 1)

การแก้ปัญหา เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาความคิดและทักษะทางคณิตศาสตร์ (National Council of Teachers of Mathematics, 2000: 182) เนื่องจากการแก้ปัญหาคือทักษะที่มีกรรมทักษะอื่นๆ ที่สำคัญเข้าด้วยกัน เช่น การให้เหตุผล การสื่อสาร การตัดสินใจ การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับความรู้และทักษะ เช่น ความรู้ในเนื้อหา ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการทำงาน ความสามารถในการคิด ความสามารถในการประเมินการทำงานของตนเอง ดังนั้นนักเรียนที่มีทักษะการแก้ปัญหาคือมีความรู้ ประสบการณ์ ระบบการคิด และการตัดสินใจที่ดีตามไปด้วย การแก้ปัญหามีประโยชน์ต่อการพัฒนานักเรียนในหลายๆ ด้าน เช่น ช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีทักษะการคิดและกระบวนการของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการเชื่อมโยงและใช้ความรู้ที่เรียนมาในการแก้ปัญหาคือจริง ช่วยพัฒนาทักษะของนักเรียนในการเลือกและใช้กลวิธีแก้ปัญหาอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ และช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์ในการแก้ปัญหาคือที่หลากหลาย (อัมพร ม้าคนอง, 2553: 39) นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ยังได้เสนอว่า การเรียนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนมีแนวทางในการคิดที่หลากหลาย มีนิสัยกระตือรือร้น ไม่ย่อท้อ และมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาคือเผชิญอยู่ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน ตลอดจนเป็นพื้นฐานที่นักเรียนสามารถนำติดตัวไปใช้แก้ปัญหาคือในชีวิตประจำวันได้ตลอดชีวิต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555: 6)

ในกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไม่ว่าจะเป็น การเก็บรวบรวมข้อมูล การตรวจสอบข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล หรือการเชื่อมโยงข้อมูล ล้วนแล้วแต่จะต้องใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณเข้ามาช่วยในทุกๆ ขั้นตอน เพื่อให้การแก้ปัญหาคือสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและมีประสิทธิภาพ (Krulik & Rudnick, 1993: 4-5) การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นกระบวนการทางปัญญาในการไตร่ตรองปัญหา ข้อกล่าวอ้างหรือสมมติฐาน อย่างมีตรรกะและมีเหตุผล โดยใช้การค้นคว้าข้อมูลหรือหลักฐานมาสนับสนุน หรือตรวจสอบและประเมินความถูกต้องความน่าเชื่อถือของข้อมูลหรือหลักฐานที่นำมาสนับสนุนอย่างไม่มีอคติ ก่อนลงข้อสรุป หรือเชื่อความคิดเห็น ข้อสมมติ หรือความรู้ที่ได้รับนั้น (สิริภักดิ์ ศิริโท, 2558: 74) นอกจากนี้การคิดอย่างมีวิจารณญาณยังเป็นทักษะการคิดขั้นสูงที่สำคัญในการดำรงชีวิตและการปฏิบัติงานในปัจจุบันและอนาคต การฝึกการคิดควบคู่ไปกับการเรียนรู้

เนื้อหาวิชาต่างๆ จะทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจและนำไปสู่ผลลัพธ์ในการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2558: 127)

การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีคุณภาพตามเป้าหมายของหลักสูตร นักเรียนควรมีบทบาทในการกำหนดเป้าหมาย วางแผน และรับผิดชอบการเรียนรู้ด้วยตนเอง เสาะแสวงหาความรู้ เข้าถึงแหล่งการเรียนรู้ วิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อความรู้ ตั้งคำถาม คิดหาคำตอบหรือหาแนวทางแก้ปัญหา ด้วยวิธีการต่างๆ ลงมือปฏิบัติจริง สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ มีปฏิสัมพันธ์ ทำงาน ทำกิจกรรมร่วมกับกลุ่มและครู ประเมินและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของตนเองอย่างต่อเนื่อง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552: 26) ซึ่งสอดคล้องพีระมิดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้แบบการบรรยาย จะมีอัตราการเรียนรู้เพียง 5% ในทางตรงข้ามการสอนคนอื่นหรือลงมือทำ เอาความรู้มาใช้ในทันที จะมีอัตราการเรียนรู้ถึง 90% แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้จากการรับถ่ายทอดเพียงอย่างเดียว จะเกิดการเรียนรู้น้อยกว่าการเรียนรู้จากการสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือทำและการคิด ซึ่งทำให้เกิดการเรียนรู้ที่แท้จริง โดยหนึ่งในแนวคิดที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมต่างๆ คือ การจัดการเรียนรู้เชิงรุก (active learning) ซึ่งเป็นแนวคิดที่เน้นการฝึกทักษะต่างๆ จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง (วิจารณ์พานิช, 2556: 28)

การเรียนรู้เชิงรุกเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างสรรคทางปัญญา (constructivism) ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้มากกว่าเนื้อหาวิชา เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ หรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง ด้วยการลงมือปฏิบัติจริงผ่านสื่อหรือกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีครูเป็นผู้แนะนำ กระตุ้น หรืออำนวยความสะดวก ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ขึ้นโดยกระบวนการคิดขั้นสูง กล่าวคือ นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่าจากสิ่งที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความหมายและนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเรียนรู้เชิงรุกจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพผลสูงสุดที่สอดคล้องกับหลักสูตรของไทยในปัจจุบัน (สถาพร พุทธิพิบูล, 2555: 5-12)

การจัดกิจกรรมเรียนรู้เชิงรุกนั้นมีอยู่หลากหลายรูปแบบ ทั้งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพียงอย่างเดียว หรือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับการบรรยาย (ศักดา ไชกิจภิญโญ, 2548: 12-14) ซึ่งแนวคิดห้องเรียนกลับทางเป็นแนวคิดหนึ่งที่น่าเอากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกมาประยุกต์ใช้ได้อย่างเป็นธรรมชาติ แนวคิดห้องเรียนกลับทาง มีลักษณะสำคัญ คือ การนำสิ่งที่เคยทำในห้องเรียนแบบดั้งเดิมไปทำที่บ้านและนำสิ่งที่เคยทำเป็นการบ้านในห้องเรียนแบบดั้งเดิมนำมาทำให้เสร็จในห้องเรียน เป็นการเปลี่ยนจุดเน้นในห้องเรียนจากการสอนของครูไปเป็นการเรียนรู้ของนักเรียน (Bergmann & Jonathan, 2012: 13-17) และได้มีการพัฒนาแนวคิดห้องเรียนกลับทางไปในหลากหลายรูปแบบทั้งการใช้ห้องเรียนเป็นสถานที่ฝึกความแม่นยำในเนื้อหาโดยการทำแบบฝึกหัดหรือการฝึกทักษะกระบวนการต่างๆ โดยใช้กิจกรรมที่มีนักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ (Bishop,

2013: 1) การเรียนรู้ในห้องเรียนกลับทางนักเรียนจะเป็นผู้รับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง การให้นักเรียนควรวินิจฉัยการบรรยายจากที่บ้าน จะช่วยให้นักเรียนใช้เวลาในห้องเรียนได้อย่างมีคุณค่าในการฝึกการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาหรือการเชื่อมโยงความรู้เข้ากับโลกจริง และเปิดโอกาสให้นักเรียนในชั้นเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน เรียนรู้ร่วมกัน และช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ส่วนครูจะเป็นผู้กระตุ้นแรงบันดาลใจ สนับสนุนการเรียนรู้ และรับฟังปัญหาของนักเรียน ทำให้ครูสามารถดูแลนักเรียนแต่ละคนได้อย่างเป็นธรรมชาติ (Bergmann & Jonathan, 2012: 20-27; วิจารณ์ พานิช, 2556: 21, 31-32)

จากความสำคัญที่ได้กล่าวมาข้างต้น ส่งผลให้ผู้วิจัยสนใจที่จะจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยทดลองกับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซโพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม เพื่อพัฒนาทักษะในการดำรงชีวิตสำหรับโลกในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นยุทธศาสตร์หนึ่งในการเสริมสร้างและพัฒนาศักยภาพทุนมนุษย์ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ต่อไป

คำถามวิจัย

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกทำให้ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนดีขึ้นหรือไม่

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกทำให้ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์หรือไม่

วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกในรายวิชาคณิตศาสตร์

2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกในรายวิชาคณิตศาสตร์เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

3. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกในรายวิชาคณิตศาสตร์

4. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกในรายวิชาคณิตศาสตร์เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก และแนวคิดห้องเรียนกลับทาง เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กอง (Kong, 2015) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับทางที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในวิชามนุษยศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มทดลองจำนวน 124 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีร่วมกับแนวคิดห้องเรียนกลับทาง มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

สัญญา ภัทรากร (2552) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้อย่างมีชีวิตชีวา (active learning) ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มทดลองจำนวน 43 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีชีวิตชีวามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

สุรัชย์ วงศ์จันเสื่อ (2555) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด DAPIC และ CGI ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มทดลองจำนวน 56 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด DAPIC และ CGI มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ และนักเรียนมีพัฒนาการในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และคิดอย่างมีวิจารณญาณเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น

พีชานิกา เพชรสังข์ (2556) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการสอน 5E ร่วมกับคำถามปลายเปิดที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มทดลองจำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการสอน 5E ร่วมกับคำถามปลายเปิดมีความสามารถในการให้เหตุผลและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

เชิดศักดิ์ ภักดีวิโรจน์ (2556) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความเชื่อมั่นในตนเอง กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มทดลองจำนวน 45 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 และมีความเชื่อมั่นในตนเองหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

เกรียงไกร สกุลประเสริฐศรี (2557) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดห้องเรียนกลับทางเพื่อพัฒนาความสามารถในการพูดภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารและแรงจูงใจในการเรียนภาษาอังกฤษ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มทดลองจำนวน 48 คน ที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดห้องเรียนกลับทางมีความสามารถในการพูดภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารและแรงจูงใจในการเรียนภาษาอังกฤษหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดห้องเรียนกลับทางสามารถสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้มีส่วนร่วม เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกฝนทั้งภายในและภายนอกห้องเรียนมากขึ้น และส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดห้องเรียนกลับทาง และการจัดการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนในการพัฒนานักเรียนตามแนวคิดของ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) ที่เสนอว่า การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนแบบกลุ่มจะใช้เกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานในการวิจัย ดังนี้

1. นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังการทดลองสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดสุพรรณบุรี กระทรวงศึกษาธิการ

2. เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นส่วนหนึ่งของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพิ่มเติมมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

3.2.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

3.2.2 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. **แนวคิดห้องเรียนกลับทาง** หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การเรียนรู้ภายนอกห้องเรียนและการเรียนรู้ภายในห้องเรียน การเรียนรู้ภายนอกห้องเรียนจะเป็นการเรียนรู้เกี่ยวกับความรู้พื้นฐานที่มีความจำเป็นต่อการทำกิจกรรมในห้องเรียนจากการบรรยาย โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (information technology) และการเรียนรู้ภายในห้องเรียนจะเป็นการเรียนรู้มนทัศน์ ทักษะกระบวนการ และทักษะการคิดขั้นสูงจากการทำกิจกรรม ตามแนวคิดของ สเตรเยอร์ ฮาร์ท และไบลเลอร์-เบซเตอร์ (Strayer, Hart and Bleiler-Baxter, 2016: 663-664) ประกอบด้วย 4 ระยะ ดังนี้

1. ระยะเวลาเริ่มต้น (the launch phase) เป็นระยะที่เกิดขึ้นภายนอกห้องเรียน นักเรียนจะดูวิดีโอสั้นความยาวประมาณ 15 นาที ที่ครูสร้างขึ้นหรือนำมาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการอภิปรายในห้องเรียนคาบต่อไป โดยในตอนท้ายของวิดีโอจะมีคำถามเกี่ยวกับความรู้ใหม่ให้นักเรียนตอบ โดยครูจะเป็นผู้ตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหาจากคำตอบของนักเรียน เพื่อใช้เป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนคาบต่อไป

2. ระยะเวลาสำรวจ (the exploration phase) เป็นระยะที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียน นักเรียนจะนำความรู้ที่ได้จากการดูวิดีโอในระยะเวลาเริ่มต้นมาใช้ในการสร้างองค์ความรู้ใหม่จากการทำงานกิจกรรมกลุ่ม จากนั้น นักเรียนจะนำองค์ความรู้ใหม่ที่ได้มาอภิปรายเพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ครูนำเสนอ ก่อนเริ่มทำกิจกรรม

3. ระยะเวลานำเสนอ (the presentation phase) เป็นระยะที่นักเรียนนำเสนอคำตอบที่ได้จากการอภิปรายภายในกลุ่มย่อยต่อหน้าชั้นเรียน โดยครูจะใช้คำถาม แผนภาพ ตัวอย่าง หรือสื่อการเรียนรู้อื่นๆ เพื่อสร้างข้อขัดแย้ง ยกตัวอย่างเพิ่มเติม หรือสนับสนุนความคิด เพื่อให้ นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของความรู้

4. ระยะเวลาอภิปราย (the discussion phase) เป็นระยะที่นักเรียนทั้งชั้นเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับคำตอบของแต่ละกลุ่มเพื่อหาข้อสรุปของความรู้

2. การจัดการเรียนรู้เชิงรุก หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนคิดและลงมือกระทำกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเอง โดยในการทำกิจกรรมนักเรียนจะมีปฏิสัมพันธ์ทั้งกับครูและเพื่อนร่วมชั้น เพื่อสรุปลงองค์ความรู้ร่วมกัน ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้มากกว่าการเรียนรู้เนื้อหาวิชา

3. การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วย การเรียนรู้ภายนอกห้องเรียน และการเรียนรู้ภายในห้องเรียน ซึ่งการเรียนรู้จะเริ่มต้นจากภายนอกห้องเรียน โดยนักเรียนจะดูวิดีโอเพื่อเรียนรู้ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการทำกิจกรรมเชิงรุกในห้องเรียน จากนั้น จึงเป็นการเรียนรู้ภายในห้องเรียน โดยนักเรียนจะทำกิจกรรมเชิงรุกที่เน้นให้นักเรียนคิดและลงมือทำกิจกรรมด้วยตนเอง โดยในการทำกิจกรรมนักเรียนจะมีปฏิสัมพันธ์ทั้งกับครูและเพื่อนร่วมชั้น เพื่อสรุปลงองค์ความรู้ร่วมกัน ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้มากกว่าการเรียนรู้เนื้อหาวิชา โดยครูจะใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการดำเนินกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนนำองค์ความรู้ที่ได้มาใช้ในการตอบปัญหา การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกประกอบด้วย 2 ส่วน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ส่วนการเรียนรู้ภายนอกห้องเรียน

ระยะเริ่มต้น (the launch phase) เป็นการเรียนรู้ภายนอกห้องเรียนที่ให้นักเรียนดูวิดีโอสั้น ความยาวประมาณ 15 นาที ที่ครูสร้างขึ้นหรือจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับ ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำเนินกิจกรรมในห้องเรียนคาบต่อไป โดยนักเรียนแต่ละคนจะดูวิดีโอ เรื่องเดียวกันและจะตอบคำถามในเอกสารประกอบคำบรรยายระหว่างดูวิดีโอเพื่อให้นักเรียนกำกับ การเรียนรู้ของตนเอง หลังจากดูวิดีโอจบ นักเรียนจะทำกิจกรรมในกลุ่มย่อยทางสื่อสังคมออนไลน์ที่ ครูจัดเตรียมไว้ให้ โดยการตั้งคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาที่สงสัย การตั้งคำถามและตอบคำถามด้วยตนเอง และการตอบคำถามของครู จากนั้น ครูจะเป็นผู้ตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหาของนักเรียนจาก ข้อความที่นักเรียนตอบ เพื่อใช้เป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนคาบต่อไป

2. ส่วนการเรียนรู้ภายในห้องเรียน

เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภายในห้องเรียนโดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นเตรียม ความพร้อม ขั้นปฏิบัติกิจกรรม และขั้นนำไปใช้และสะท้อนคิด โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นเตรียมความพร้อม เป็นขั้นที่ครูชวนนักเรียนพูดคุยเกี่ยวกับกิจกรรมในกลุ่มย่อยที่นักเรียน ได้ทำผ่านสื่อสังคมออนไลน์ โดยครูจะตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนและสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนรู้ จากวิดีโอสั้น จากนั้น ครูจะนำเสนอปัญหาเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนรู้จากวิดีโอสั้นกับ เนื้อหาที่นักเรียนจะได้เรียนรู้ในห้องเรียน เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการดูวิดีโอสั้นไปใช้ในการ ทำกิจกรรมเชิงรุก

ขั้นปฏิบัติกิจกรรม

แบ่งเป็นขั้นตอนย่อย 3 ระยะ ดังนี้

ระยะสำรวจ (the exploration phase) เป็นระยะที่ครูให้นักเรียนแบ่งเป็นกลุ่มย่อย ตามความเหมาะสม แล้วเริ่มดำเนินกิจกรรมเชิงรุกในรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ การเรียนรู้ แบบเพื่อนช่วยสอน การเล่นเกม เพื่อให้นักเรียนได้วางแผน ทดลอง สังเกต วิเคราะห์ผล และอภิปราย กันภายในกลุ่มย่อยจนต้องค้นคว้าความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการหาคำตอบของปัญหาที่ครูนำเสนอไว้ก่อน การทำกิจกรรม

ระยณะนำเสนอ (the presentation phase) เป็นระยะที่ครูให้นักเรียนนำเสนอองค์ความรู้และคำตอบของปัญหาที่ได้จากการอภิปรายกันภายในกลุ่มย่อยต่อหน้าชั้นเรียน โดยครูและเพื่อนร่วมชั้นในกลุ่มอื่นๆ จะใช้คำถาม แผนภาพ ตัวอย่าง หรือสื่อการเรียนรู้อื่นๆ เพื่อสร้างข้อขัดแย้ง ยกตัวอย่างเพิ่มเติม หรือสนับสนุนความคิด เพื่อให้นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องขององค์ความรู้และคำตอบของปัญหา

ระยะอภิปราย (the discussion phase) เป็นระยะที่ครูให้นักเรียนทั้งชั้นเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นทั้งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยพร้อมให้เหตุผลเกี่ยวกับคำตอบของปัญหาและหาข้อสรุปขององค์ความรู้

ขั้นนำไปใช้และสะท้อนคิด เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนนำองค์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมเชิงรุกไปใช้ในการทำแบบฝึกหัดด้วยตนเอง จากนั้น ให้นักเรียนสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมเชิงรุกทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียนในรูปแบบของการนำเสนอ การเขียนบันทึก การวาดแผนภาพความสัมพันธ์ และการสร้างวิดีโอ

4. ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการใช้ความรู้ วิธีการ และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยวัดจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ตามความสามารถที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของครูลิกและรูดนิค (Krulik and Rudnick, 1998: 11-22) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุข้อเท็จจริง การระบุคำถาม และแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในปัญหาโดยการวาดแผนภาพ วาดกราฟ สร้างตาราง สร้างสมการ หรืออธิบายโดยใช้ข้อความ

2. ความสามารถในการเลือกแผน หมายถึง ความสามารถในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม และลงมือการแก้ปัญหาในขั้นตอนเริ่มต้น

3. ความสามารถในการดำเนินการตามแผน หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมตามแผนที่วางไว้

4. ความสามารถในการสะท้อนและขยายผล หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ และการบอกการเปลี่ยนแปลงของคำตอบเมื่อข้อเท็จจริงในสถานการณ์ปัญหาเปลี่ยนไป

5. **ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ** หมายถึง ความสามารถในการไตร่ตรอง ตรวจสอบ และประเมินข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุป จากข้อมูลและเงื่อนไขในสถานการณ์ที่กำหนดให้ ตามแนวคิดของวัตสันและเกลเซอร์ (Watson and Glaser, 2002: 2-10) ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of assumption) หมายถึง ความสามารถในการระบุสมมติฐานหรือเหตุผลที่นำไปสู่ข้อสรุปที่กำหนดให้อย่างสมเหตุสมผล

2. การอนุมาน (Inference) หมายถึง ความสามารถในการระบุข้อมูลเพิ่มเติมหรือรายละเอียดต่างๆ ที่เป็นไปได้จากเหตุการณ์ที่กำหนดให้

3. การนิรนัย (Deduction) หมายถึง ความสามารถในการระบุข้อสรุปจากข้อมูลหรือเหตุ (premises) ที่กำหนดให้อย่างสมเหตุสมผล

4. การประเมินข้อสรุป (Evaluation of argument) หมายถึง ความสามารถในการให้เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจได้อย่างน่าเชื่อถือจากข้อสรุปที่กำหนดให้

5. การตีความ (Interpretation) หมายถึง ความสามารถในการระบุข้อความตามขอบเขตและเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนดให้อย่างสมเหตุสมผล

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เป็นแนวทางสำหรับครูและผู้ที่สนใจในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2. เป็นแนวทางสำหรับครูและผู้ที่สนใจในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดและทักษะกระบวนการด้านอื่นๆ

3. เป็นแนวทางสำหรับครูและผู้ที่สนใจในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับชั้นอื่นๆ หรือเนื้อหาสาระอื่นๆ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

4. เป็นแนวทางสำหรับนักวิจัยที่สนใจทำวิจัยเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5” ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้ประกอบการวิจัยโดยแบ่งตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. แนวคิดห้องเรียนกลับทาง
 - 1.1 ความหมายของห้องเรียนกลับทาง
 - 1.2 ลักษณะของห้องเรียนกลับทาง
 - 1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนกลับทาง
2. การเรียนรู้เชิงรุก
 - 2.1 ความหมายของเรียนรู้เชิงรุก
 - 2.2 ลักษณะของการเรียนรู้เชิงรุก
 - 2.3 กลยุทธ์และเทคนิคที่ใช้สนับสนุนการเรียนรู้เชิงรุก
3. ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
 - 3.1 กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
 - 3.2 กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
 - 3.3 การวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
4. ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 4.1 ความหมายของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 4.2 องค์ประกอบของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 5.1 งานวิจัยต่างประเทศ
 - 5.2 งานวิจัยในประเทศ

1. แนวคิดห้องเรียนกลับทาง

1.1 ความหมายของห้องเรียนกลับทาง

เบิร์กแมนน์ และ โจนาธาน (Bergmann and Jonathan, 2012) กล่าวว่า ความหมายของห้องเรียนกลับทางโดยง่ายคือ การนำสิ่งที่เคยทำในห้องเรียนแบบดั้งเดิมไปทำที่บ้านและนำสิ่งที่เคยทำเป็นการบ้านในห้องเรียนแบบดั้งเดิมนำมาทำให้เสร็จในห้องเรียน เป็นการเปลี่ยนจุดเน้นในห้องเรียนจากการสอนของครูไปเป็นการเรียนรู้ของนักเรียน

บิชอป (Bishop, 2013) กล่าวว่า ห้องเรียนกลับทางคือ เทคนิคทางการศึกษาที่ประกอบด้วยสองส่วน ได้แก่ กิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มที่เน้นการโต้ตอบในห้องเรียน และการสอนทางตรงโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐานแบบรายบุคคลนอกห้องเรียน

สเตรเยอร์ (Strayer, 2007) กล่าวว่า ห้องเรียนกลับทางเป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนรู้แบบผสมผสานที่นักเรียนจะเรียนรู้เนื้อหาจากการบรรยายผ่านทางเทคโนโลยีนอกห้องเรียน และเรียนรู้มโนทัศน์และการปฏิบัติจากการทำกิจกรรมในห้องเรียน

ทักเคอร์ (Tucker, 2012) กล่าวว่า แนวคิดหลักที่มีร่วมกันของห้องเรียนกลับทาง คือ วิดีโอการบรรยายที่ครูสร้างขึ้น และบทเรียนที่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ ที่เคยเกิดขึ้นในห้องเรียน จะนำไปเรียนรู้ที่บ้านล่วงหน้า ห้องเรียนจะกลายเป็นสถานที่ทำงานกับปัญหา มโนทัศน์ล่วงหน้า และยึดมั่นผูกพันกับการเรียนรู้ร่วมกัน

เลิฟ (Love, 2013) กล่าวว่า ห้องเรียนกลับทางคือ กระบวนทัศน์ที่นักเรียนเรียนเกี่ยวกับมโนทัศน์ของชั้นเรียนนอกห้องเรียน ขณะที่เวลาในห้องเรียนมีไว้สำหรับการทำกิจกรรมเชิงรุกโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และการฝึกหัด

แอส (Ash, 2012) กล่าวว่า ห้องเรียนกลับทางคือ แนวคิดในการสลับที่การบ้านสำหรับห้องเรียน นักเรียนจะได้รับการบ้านเป็นการดูวิดีโอ แล้วใช้เวลาในห้องเรียนที่เคยให้นักเรียนนั่งฟังการบรรยายไปใช้ในการทำกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติหรือการนำความรู้ไปใช้ซึ่งเคยถูกให้นักเรียนทำเป็นการบ้าน

มาร์ติน (Martin, 2011) กล่าวว่า การสอนกลับทางคือ การให้นักเรียนศึกษาการบรรยายของครูเป็นการบ้าน (ซึ่งอาจจะเป็นของครูท่านอื่น) ส่วนเวลาในห้องเรียนจะใช้สำหรับต่อยอดเนื้อหาที่ได้เรียนเป็นการบ้าน ส่วนใหญ่มักจะเป็นการแก้ปัญหาที่มีความยาก การทำงานกลุ่ม การวิจัย การมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ การฝึกทักษะ และการสร้างสรรค์ ห้องเรียนจะกลายเป็นห้องปฏิบัติการ หรือสตูดิโอ

เครือข่ายการเรียนรู้กลับทาง (Flipped Learning Network, 2014) กล่าวว่า การเรียนรู้กลับทาง คือ ศาสตร์การสอนที่ย้ายการสอนโดยตรงจากพื้นที่การเรียนรู้แบบกลุ่มไปทำในพื้นที่การเรียนรู้รายบุคคล ทำให้พื้นที่การเรียนรู้แบบกลุ่มเปลี่ยนไปเป็นสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้แบบพลวัตและการมีปฏิสัมพันธ์ที่มีนักการศึกษาคอยให้คำแนะนำในการประยุกต์ใช้โมโนทัศน์ และยึดมั่นผูกพันอย่างสร้างสรรค์ในเนื้อหาวิชา

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2558) ให้ความหมายของห้องเรียนกลับทางไว้ว่า เป็นการเรียนการสอนที่ผู้เรียนศึกษาสาระสำคัญของบทเรียนด้วยตนเองที่บ้าน และนำผลงานหรือปัญหาที่บันทึกไว้มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับครูหรือเพื่อนในห้องเรียน

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของแนวคิดห้องเรียนกลับทางที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า แนวคิดห้องเรียนกลับทาง หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผสมผสานการเรียนรู้เกี่ยวกับความรู้พื้นฐานจากการบรรยายผ่านทางเทคโนโลยีภายนอกห้องเรียน กับ การเรียนรู้โมโนทัศน์ทักษะกระบวนการ และทักษะการคิดขั้นสูงจากการทำกิจกรรมภายในห้องเรียน

1.2 ลักษณะของห้องเรียนกลับทาง

เบิร์กแมนน์ และ โจนาธาน (Bergmann and Jonathan, 2012) ได้นำเสนอลักษณะของห้องเรียนกลับทางที่ส่งเสริมการเรียนรู้แบบรู้อจริงไว้ว่า

- นักเรียนเป็นผู้รับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง
- ครูให้ความสำคัญกับความแตกต่างของนักเรียนเป็นรายบุคคล นักเรียนจะเรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่เหมาะสมกับความสามารถและความต้องการของแต่ละคน
- การประเมินเพื่อพัฒนาโดยให้นักเรียนแสดงความรู้ออกมาด้วยวิธีการที่หลากหลาย และให้ข้อมูลย้อนกลับได้ในทันที เพื่อแก้ไขและวางแผนการเรียนรู้ในจุดประสงค์ถัดไป
- นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ทั้งกับครูและเพื่อนร่วมชั้นในการทำกิจกรรมการเรียนรู้
- ครูใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน
- ครูจะเป็นผู้กระตุ้นแรงบันดาลใจ สนับสนุนการเรียนรู้ และรับฟังปัญหาของนักเรียน

- เวลาในห้องเรียนนักเรียนจะใช้สำหรับการเรียนรู้โน้ตบุ๊กและยึดมั่นผูกพันกับการแก้ปัญหาและการใช้การคิดระดับสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์

เบนเนตต์ (Bennett, 2012) ได้นำเสนอลักษณะของห้องเรียนที่มีประสิทธิภาพ ดังนี้

- นักเรียนเป็นผู้นำการอภิปรายเกี่ยวกับการขยายความคิดจากเนื้อหาหลัก
- การอภิปรายเป็นวิธีที่ใช้เพื่อให้นักเรียนเกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- งานที่ใช้ในการเรียนรู้ร่วมกัน จะเป็นตัวขับเคลื่อนให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่หลากหลายซึ่งขึ้นอยู่กับความสนใจของนักเรียน
- เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์กับสถานการณ์ในโลกจริง
- นักเรียนท้าทายปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เพื่อนร่วมชั้น
- การสอนโดยนักเรียนด้วยกันและการเรียนรู้ร่วมกันเป็นไปอย่างธรรมชาติ
- นักเรียนเป็นเจ้าของเอกสารและสื่อการเรียนรู้ ใช้ความรู้ที่มีถ่ายทอดให้ผู้อื่นเข้าใจได้โดยปราศจากการแนะนำของครู
- นักเรียนถามคำถามเพื่อสำรวจค้นหาข้อมูลที่อยู่นอกเหนือจากหลักสูตรแกนกลาง
- นักเรียนมีความยึดมั่นผูกพันกับการแก้ปัญหาและการคิดเชิงวิพากษ์ในเนื้อหาที่อยู่ นอกเหนือจากเนื้อหาหลัก
- นักเรียนเปลี่ยนบทบาทจากการเป็นผู้นั่งฟังครูสอนเป็นการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนการสอน

เบิร์กแมนน์ โอเวอร์ไมเออร์ และ วิลลี (Bergmann, Overmyer and Willie, 2011) ได้นำเสนอลักษณะสำคัญในห้องเรียนกลับทาง ดังนี้

- ห้องเรียนกลับทางเป็นวิธีการเพิ่มเวลาปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียนเป็นรายบุคคล
- สภาพแวดล้อมในห้องเรียนต้องเอื้ออำนวยให้นักเรียนได้รับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง
- ครูมีหน้าที่ในการแนะนำการเรียนรู้ให้กับนักเรียน
- ห้องเรียนกลับทางเป็นการผสมผสานการสอนแบบบรรยายด้วยการเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิสต์

สถานที่

- ห้องเรียนกลับทางจะไม่ละทิ้งนักเรียนที่ขาดเรียนจากการป่วยหรือการกิจกรรมนอกสถานที่

- เนื้อหาของบทเรียนจะใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของผลที่ได้จากการเรียนรู้
- ห้องเรียนเป็นพื้นที่สร้างความเชื่อมั่นผูกพันทางการเรียนของนักเรียน
- ห้องเรียนเป็นสถานที่ที่นักเรียนสามารถเรียนรู้เป็นรายบุคคลได้

และนำเสนอสิ่งที่ไม่ใช่ลักษณะสำคัญของห้องเรียนกลับทางไว้ ดังนี้

- ห้องเรียนกลับทางเป็นชื่อที่ใช้เรียกแทนการเรียนรู้แบบห้องเรียนออนไลน์
- ห้องเรียนกลับทางใช้วิดีโอแทนการสอนของครู
- ห้องเรียนกลับทางเป็นเรียนรู้แบบห้องเรียนออนไลน์
- นักเรียนทำงานโดยไม่มีโครงสร้างของกิจกรรม
- นักเรียนใช้เวลาในห้องเรียนกับการทำงานบนคอมพิวเตอร์
- นักเรียนต่างคนต่างทำงานของตนเอง

หยวน (Yuen, 2014) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของห้องเรียนกลับทางใน 2 ลักษณะ ดังนี้

1. องค์ประกอบการเรียนรู้นอกห้องเรียน เป็นองค์ประกอบที่สนับสนุนการเรียนรู้เป็นรายบุคคลนอกห้องเรียน ลักษณะของบริบทที่มีผลต่อความสำเร็จในห้องเรียนกลับทางมีดังนี้

- ให้นักเรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนรู้
- ตั้งเป้าหมายของการสอนโดยเน้นที่การพัฒนาความเข้าใจและการใช้เหตุผล
- สนับสนุนการเรียนรู้เชิงบวก โดยหลีกเลี่ยงการอธิบายขั้นตอนวิธีอย่างละเอียด
- สร้างบริบทสำหรับการนำไปใช้
- ส่งเสริมให้นักเรียนมองภาพคณิตศาสตร์ในเชิงของเหตุผล

2. องค์ประกอบการเรียนรู้ในห้องเรียน เป็นองค์ประกอบที่สนับสนุนการเรียนรู้เป็นกลุ่มในห้องเรียน โดยมีเป้าหมายเพื่อสนับสนุนการใช้ความคิดอย่างมีเหตุผลซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในกระบวนการแก้ปัญหา พัฒนาทักษะการสื่อสารและการนำเสนอในเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และใกล้เคียงความคิดเห็นต่างๆ อย่างสร้างสรรค์ในระหว่างการทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน ลักษณะของบริบทที่มีผลต่อความสำเร็จในห้องเรียนกลับทางมีดังนี้

- ตั้งเป้าหมายของการสอนโดยเน้นที่การพัฒนาความเข้าใจและการใช้เหตุผล และการพัฒนาการนำไปใช้ประโยชน์และการปฏิบัติการ
- สนับสนุนการเรียนรู้เชิงบวก โดยให้นักเรียนแสดงความคิดและเรียนรู้ตัวอย่างของการใช้กระบวนการที่กำหนดไว้ในเนื้อหา
- ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างกรอบความคิดเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

สตรีเตอร์ (2016) ได้นำเสนอหลักการของห้องเรียนกลับทาง ดังนี้

1. งานที่ทำนอกเวลาห้องเรียนใช้สำหรับสะท้อนความรู้ของนักเรียนและกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองจากนักเรียน
2. งานที่ทำในเวลาเรียนใช้สำหรับสร้างความรู้ใหม่ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสังคมการเรียนรู้
3. การเชื่อมโยงงานที่ทำนอกห้องเรียนและงานที่ทำในห้องเรียนจะใช้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอน

1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนกลับทาง

เกอร์สเตียน (Gerstein, 2011) ได้นำเสนอเกี่ยวกับโมเดลห้องเรียนกลับทางที่สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ของ Klob และ วงจรการเรียนรู้ 4MAT ว่ามีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การยึดมั่นผูกพันกับประสบการณ์ เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนทำกิจกรรมในห้องเรียนเพื่อสร้างความยึดมั่นผูกพันและเชื่อมโยงเนื้อหาที่กำลังจะเรียนกับประสบการณ์หรือมวลความรู้ที่มีอยู่เพื่อเตรียมความพร้อม โดยส่วนใหญ่จะเป็นกิจกรรมกลุ่มในรูปแบบการเรียนรู้แบบประสานเวลา โดยครูจะให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการ หรือสถานการณ์จำลอง
2. การค้นพบโน้ตค้น เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนแต่ละคนดูวิดีโอในห้องเรียนในรูปแบบการเรียนรู้แบบไม่ประสานเวลา หรือค้นหาข้อมูลออนไลน์ เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาและมโนทัศน์ที่สำคัญ นักเรียนสามารถย้อนดูซ้ำในส่วนที่ไม่เข้าใจหรือปรับอัตราเร็วได้ตามต้องการ ซึ่งแต่ละคนจะมีวิธีการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน
3. การสร้างความหมาย เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนสะท้อนความเข้าใจ และสร้างความหมายจากเนื้อหาที่มีความเกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ โดยใช้การบันทึกในรูปแบบต่างๆ ทั้งการเขียนบล็อก การบันทึกภาพและเสียง ในรูปแบบไฟล์วิดีโอ หรือการทำทดสอบวัดความเข้าใจ
4. การพิสูจน์และการนำไปใช้ เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในการสร้างผลงานต่อยอดจากความรู้ที่ได้รับออกไปสู่ชีวิตประจำวัน กิจกรรมการเรียนรู้จะเกิดขึ้นภายในห้องเรียนในรูปแบบการเรียนรู้แบบประสานเวลา โดยครูจะทำหน้าที่แนะนำผู้เรียนในการทำโครงการ

ที่เหมาะสมกับความสามารถของแต่ละคน และเพื่อนร่วมชั้นจะมีหน้าที่สร้างแรงจูงใจและให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับผลงานของนักเรียนแต่ละคน

สเตรเยอร์ (Strayer, 2016) ได้นำเสนอการใช้โมเดลห้องเรียนกลับทางในการสร้างชุมชนการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

1. ระยะเวลาเริ่มต้น (The launch phase) เป็นระยะที่เกิดขึ้นภายนอกห้องเรียน นักเรียนดูวิดีโอสั้นความยาวประมาณ 15 นาที ที่ครูสร้างขึ้นหรือนำมาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อทบทวนความรู้พื้นฐานและนำเสนอความรู้ใหม่ซึ่งจำเป็นต่อการอภิปรายในชั้นเรียนคาบต่อไป เมื่อนักเรียนดูวิดีโอจบ ครูจะถามคำถามเกี่ยวกับความรู้ใหม่ให้นักเรียนตอบเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ

2. ระยะเวลาสำรวจ (The exploration phase) เป็นระยะที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียน นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนสำรวจและสร้างองค์ความรู้ หลังจากนั้น นำองค์ความรู้ที่ได้มาอภิปรายคำตอบของนักเรียนที่ครูรวบรวมไว้จากการดูวิดีโอสั้นในระยะเวลาเริ่มต้น และนักเรียนเลือกคำตอบที่คิดว่าถูกต้อง

3. ระยะเวลานำเสนอ (The presentation phase) เป็นระยะที่นักเรียนนำเสนอคำตอบที่ได้จากการอภิปรายภายในกลุ่มย่อยต่อหน้าชั้นเรียน โดยครูจะใช้คำถาม แผนภาพ ตัวอย่าง หรือสื่อการเรียนรู้อื่นๆ เพื่อสร้างข้อขัดแย้ง ยกตัวอย่างเพิ่มเติม หรือสนับสนุนความคิด เพื่อให้นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของความรู้

4. ระยะเวลาอภิปราย (The discussion phase) เป็นระยะที่นักเรียนทั้งชั้นเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับคำตอบของแต่ละกลุ่มเพื่อหาข้อสรุปของความรู้

2. การเรียนรู้เชิงรุก

2.1 ความหมายของการเรียนรู้เชิงรุก

บอนเวลล์ และ ไอสัน (Bonwell and Eison, 1991) ได้นิยามการเรียนรู้เชิงรุกไว้ว่าเป็นการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนลงมือกระทำบางสิ่งบางอย่างและใช้ความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนได้ทำลงไป

ศักดา ไชกิจภิญโญ (2548) ให้ความหมายการเรียนรู้เชิงรุกว่า คือ การเรียนที่ผู้เรียนต้องหาความหมายและทำความเข้าใจด้วยตนเอง หรือร่วมกันกับเพื่อน เช่น ร่วมกันสืบค้นหาคำตอบ ร่วมอภิปราย ร่วมนำเสนอ และสรุปความคิดรวบยอดร่วมกัน หรืออีกนัยหนึ่ง คือ การเปลี่ยนผู้เรียนจากการเป็นผู้นั่งฟังอย่างเดียว (passive) มาเป็นผู้เรียนที่ร่วมกิจกรรมการแสวงหาความรู้ที่ผู้สอนกำหนด

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2553) กล่าวว่า การเรียนรู้เชิงรุกเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้สูงสุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนรู้ในระดับทักษะการคิดระดับสูง ประกอบด้วย การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

สถาพร พุทธิพิบูล (2555) กล่าวว่า การเรียนรู้เชิงรุกเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างสรรค์ทางปัญญา (Constructivism) ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้มากกว่าเนื้อหาวิชา เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ หรือสร้างความรู้ให้เกิดขึ้นในตนเอง ด้วยการลงมือปฏิบัติจริงผ่านสื่อหรือกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีครูผู้สอนเป็นผู้แนะนำ กระตุ้น หรืออำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยกระบวนการคิดขั้นสูง กล่าวคือ ผู้เรียนมีการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่าจากสิ่งที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความหมายและนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของการเรียนรู้เชิงรุกที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการเรียนรู้เชิงรุก หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนคิดและลงมือทำกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเอง (Active learning) เพื่อสร้างองค์ความรู้ มากกว่าการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้รับเพียงฝ่ายเดียว (Passive learning) ในระหว่างการทำกิจกรรม นักเรียนจะมีปฏิสัมพันธ์กันทั้งกับครูและเพื่อนร่วมชั้น จนนำไปสู่การพัฒนาทักษะกระบวนการและทักษะการคิดขั้นสูงของนักเรียน

2.2 ลักษณะของการเรียนรู้เชิงรุก

บอนเวล และ ไอสัน (Bonwell and Eison, 1991) กล่าวถึงลักษณะสำคัญของกลยุทธ์การเรียนรู้เชิงรุกไว้ ดังนี้

1. นักเรียนจะมีส่วนร่วมในการเรียนมากกว่าการเป็นผู้รับเพียงอย่างเดียว
2. นักเรียนจะยึดมั่นผูกพันกับกิจกรรม เช่น การอ่าน การเขียน การอภิปราย เป็นต้น
3. การเรียนรู้จะเน้นที่การพัฒนาทักษะของนักเรียนมากกว่าการถ่ายทอดเนื้อหาจากครู
4. การเรียนรู้จะเน้นการสำรวจเจตคติและคุณค่าที่เกิดขึ้นกับนักเรียน
5. นักเรียนจะมีแรงจูงใจทางการเรียนมากขึ้น
6. นักเรียนสามารถรับข้อมูลป้อนกลับจากครูได้ในทันที
7. นักเรียนจะมีส่วนร่วมในการใช้ความคิดระดับสูง (การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมินค่า)

แมคมานัส (McManus, 2001) ได้แสดงตารางเปรียบเทียบหลักการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และการเรียนรู้แบบรับเพียงอย่างเดียว (Passive Learning) ดังนี้

ตารางที่ 1 เปรียบความแตกต่างระหว่างการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และ การเรียนรู้แบบรับเพียงอย่างเดียว (Passive Learning)

การเรียนรู้แบบรับเพียงอย่างเดียว (Passive Learning)	การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)
<ul style="list-style-type: none"> - ครูเป็นกลางการเรียนรู้ - การเรียนรู้เน้นเนื้อหาเป็นสำคัญ - ครูเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้สู่นักเรียน - ครูสอนโดยใช้วิธีการบอกเล่า - นักเรียนเรียนรู้จากการเก็บสะสมความรู้ - นักเรียนเรียนรู้โดยบันทึกและซึมซับความรู้ - นักเรียนเรียนรู้ข้อเท็จจริงและมโนทัศน์โดยปราศจากการนำไปใช้ - ความสำเร็จในการเรียนรู้เกิดจากบุคคลใดบุคคลหนึ่ง 	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ - การเรียนรู้เน้นกระบวนการและเนื้อหาเป็นสำคัญ - ครูเป็นผู้จัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ - ครูสอนนักเรียนผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ - นักเรียนเรียนรู้จากการพัฒนาทักษะการสร้างองค์ความรู้โดยอาศัยการแนะนำจากครู - นักเรียนเรียนรู้แบบร่วมมือกับครูและเพื่อนร่วมชั้นในการสำรวจและสร้างองค์ความรู้ที่จะนำไปใช้ในสถานการณ์ปัญหาใหม่ - นักเรียนเรียนรู้ข้อเท็จจริงและมโนทัศน์และตรวจสอบความเข้าใจโดยการนำการนำไปใช้ - ความสำเร็จในการเรียนรู้เกิดจากการกลุ่ม
<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนเข้ามาในชั้นเรียนโดยไม่รู้ขอบเขตเนื้อหาที่จะเรียน - นักเรียนระลึกถึงความรู้เฉพาะในเวลาสอบ - นักเรียนเรียนเนื้อหาเพื่อให้จบตามที่หลักสูตรกำหนด 	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนเข้ามาในชั้นเรียนโดยรู้ขอบเขตเนื้อหาที่จะเรียน - นักเรียนตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเองตลอดเวลา - นักเรียนเรียนเพื่อพัฒนาทักษะสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต

ตารางที่ 1 (ต่อ) เปรียบความแตกต่างระหว่างการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และ การเรียนรู้แบบรับเพียงอย่างเดียว (Passive Learning)

การเรียนรู้แบบรับเพียงอย่างเดียว (Passive Learning)	การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)
<ul style="list-style-type: none"> - ครูจะประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนเมื่อสอนจบเนื้อหา การวัดผลจะวัดความเข้าใจในเนื้อหา ซึ่งครอบคลุมสิ่งที่เรียนในชั้นเรียน 	<ul style="list-style-type: none"> - ครูจะประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนตลอดเวลาขณะที่เรียนรู้เนื้อหา การวัดผลจะวัดจากสิ่งที่นักเรียนทำได้ในห้องเรียน
<ul style="list-style-type: none"> - ครูเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา ซึ่งทุกคนสามารถสอนได้ - สอนโดยใช้รูปแบบกิจกรรมเดิมซ้ำๆ - ครูจะสอนเนื้อหาตามลำดับขั้นตอนที่เตรียมไว้ - ครูจะสอนเนื้อหาในขอบเขตที่รับผิดชอบ - ครูทำหน้าที่เป็นผู้นำเสนอความรู้ให้กับนักเรียน - ครูจะดูแลการเรียนรู้เนื้อหาของนักเรียนให้ดีขึ้น 	<ul style="list-style-type: none"> - ครูเป็นทั้งผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาและเป็นผู้มีความรู้ทางด้านศาสตร์การสอน มีความสามารถในการเข้าใจนักเรียน เช่น การรับฟังคำถามและความคิดเห็นของนักเรียน และสามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แบบกลุ่ม - สอนโดยใช้กิจกรรมที่หลากหลาย - ครูจะต้องคำนึงถึงทางเลือกที่เป็นไปได้ในขณะที่นักเรียนอภิปราย - ครูจะสอนโดยบูรณาการเนื้อหาเกี่ยวกับวิชาอื่นๆ เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ได้ - ครูทำหน้าที่เป็นพี่เลี้ยงและเป็นผู้ฝึกสอนให้กับนักเรียน - ครูจะช่วยเหลือให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต เปลี่ยนจากนักเรียนเป็นผู้ฝึกฝนหาความรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศักดา ไชกิจภิญโญ (2548) กล่าวถึงลักษณะของการเรียนรู้เชิงรุกไว้ ดังนี้

1. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้
2. นักเรียนได้พัฒนาทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง
3. นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง คือ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินผล
4. นักเรียนมีทัศนคติอยากเรียนรู้ เช่น กระตือรือร้นในการเข้าร่วมกิจกรรม

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2553) กล่าวถึงลักษณะของการเรียนรู้เชิงรุกไว้ ดังนี้

1. เป็นการเรียนการสอนที่พัฒนาศักยภาพทางสมอง ได้แก่ การคิด การแก้ปัญหา และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้
2. เป็นการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนสูงสุด
3. ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้และจัดระบบการเรียนรู้ด้วยตนเอง
4. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนทั้งในด้านการสร้างองค์ความรู้ การสร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน ร่วมมือกันมากกว่าการแข่งขัน
5. ผู้เรียนเรียนรู้ความรับผิดชอบร่วมกัน การมีวินัยในการทำงาน การแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ
6. เป็นกระบวนการสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียนอ่าน พูด ฟัง คิดอย่างลุ่มลึก ผู้เรียนจะเป็นผู้จัดระบบการเรียนรู้ด้วยตนเอง
7. เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนเน้นทักษะการคิดขั้นสูง
8. เป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนบูรณาการข้อมูลข่าวสาร หรือสารสนเทศและหลักการความคิดรวบยอด
9. ผู้สอนจะเป็นผู้อำนวยการอำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติด้วยตนเอง
10. ความรู้เกิดจากประสบการณ์ การสร้างองค์ความรู้ และการสรุปบทวนของผู้เรียน

2.3 กลยุทธ์และเทคนิคที่ใช้สนับสนุนการเรียนรู้เชิงรุก

ปรินซ์ (Prince, 2004) อธิบายถึงความแตกต่างขององค์ประกอบของการเรียนรู้เชิงรุกและกลยุทธ์ต่างๆ ดังนี้

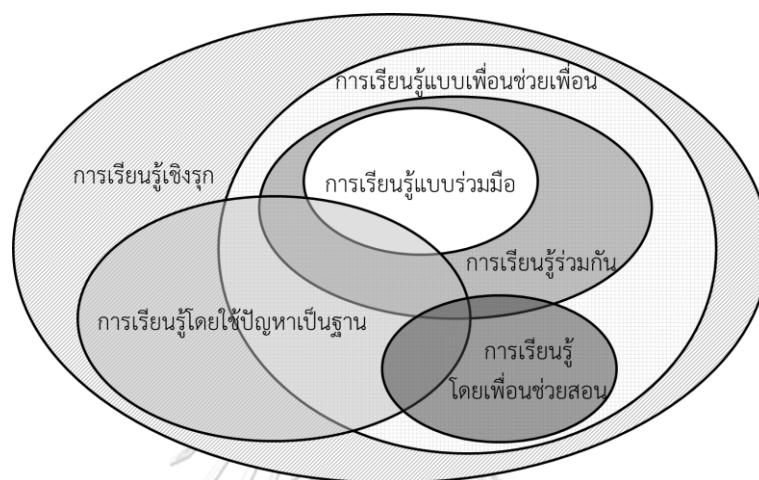
การเรียนรู้เชิงรุก มีองค์ประกอบหลักคือ เป็นกิจกรรมที่ทำโดยนักเรียนและสร้างความยึดมั่นผูกพันในกระบวนการเรียน ซึ่งมักจะแตกต่างกับการเรียนแบบดั้งเดิมที่นักเรียนจะเป็นผู้รับเนื้อหาเพียงฝ่ายเดียว

การเรียนรู้ร่วมกัน มีองค์ประกอบหลักคือ เป็นกิจกรรมที่เน้นการเรียนรู้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันมากกว่าการเรียนรู้เพียงลำพัง

การเรียนรู้แบบร่วมมือ มีองค์ประกอบหลักคือ เป็นกิจกรรมที่เน้นการกระตุ้นการเรียนรู้ให้ทำงานร่วมกันมากกว่าการเรียนรู้แบบแข่งขัน

การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีองค์ประกอบหลักคือ เป็นกระบวนการสอนโดยใช้ปัญหาจากเนื้อหาในชั้นนำเข้าสู่บทเรียน เชื่อมโยงกับบริบทที่นักเรียนคุ้นเคยเพื่อสร้างแรงจูงใจสำหรับการเรียนรู้

บิชอป (Bishop, 2013) แสดงความสัมพันธ์ของการเรียนรู้เชิงรุกที่มีนักเรียนเป็นศูนย์กลาง การเรียนรู้ในรูปแบบต่างๆ ดังนี้



ภาพประกอบที่ 1 แผนภาพเวเนนแสดงความสัมพันธ์ของวิธีการจัดการเรียนรู้โดยมีนักเรียนเป็นศูนย์กลาง

ศักดา ไชกิจภิญโญ (2548) ได้แนะนำเทคนิคการแทรกกิจกรรมในการสอนบรรยายแบบการเรียนรู้เชิงรุกไว้ ดังนี้

Think-Pair-Share เป็นวิธีที่ครูตั้งปัญหาให้นักเรียนคิด โดยให้นักเรียนคิดด้วยตนเอง 4-5 นาที แล้วให้จับคู่กับเพื่อนเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น จากนั้นจึงสุ่มเรียกให้นักเรียนมานำเสนอแนวคิดหน้าชั้นเรียน

Minute Paper เป็นวิธีที่ครูให้นักเรียนสรุปใจความสำคัญภายใน 2 ประโยค ใช้เวลา 1 นาที เกี่ยวเนื้อหาที่ได้บรรยายไปแล้ว 15 นาที แล้วจับคู่กับเพื่อนเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น จากนั้นจึงสุ่มเรียกให้นักเรียนมานำเสนอแนวคิดหน้าชั้นเรียน

Jigsaw เป็นวิธีที่ครูเลือกเนื้อหาที่สามารถแบ่งออกเป็นส่วนๆ ได้ 3-4 ส่วน แล้วแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มโดยมีสมาชิกเท่ากับส่วนของเนื้อหา ให้แต่ละกลุ่มส่งผู้เรียนมา 1 คน เลือกเนื้อหาที่เตรียมไว้และอ่านทำความเข้าใจหรือหาคำตอบร่วมกัน จากนั้นให้กลับไปสอนสมาชิกในกลุ่มดั้งเดิมทำเช่นนี้เรื่อยไปจนครบเนื้อหาทุกส่วน

Round Table เป็นวิธีที่ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนเพื่อตอบคำถาม โดยแต่ละกลุ่มจะได้กระดาษคำถาม 1 แผ่น เมื่อทุกกลุ่มเขียนคำตอบลงในกระดาษคำถามที่ได้รับเรียบร้อยแล้ว จะส่ง

กระตาดคำถามของกลุ่มตนเองให้กลุ่มอื่นดูคำตอบ ครูอาจสุ่มเรียกให้ตัวแทนกลุ่มมานำเสนอคำตอบหน้าชั้นเรียน

Voting เป็นวิธีที่ครูให้นักเรียนแข่งขันกันตอบคำถาม เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย

End of Class Query เป็นวิธีที่ครูให้นักเรียนสรุปการเรียนรู้ภายใน 2 ประโยค ใช้เวลา 3 นาที หรือให้ซักถามก่อนจบคาบสอน

Trade of Problem เป็นวิธีที่ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนเพื่อตอบคำถาม โดยแต่ละกลุ่มจะได้รับบัตรคำถามที่ไม่เหมือนกัน 1 แผ่น เมื่อทุกกลุ่มเขียนคำตอบบนด้านหลังบัตรคำถามที่ได้รับเรียบร้อยแล้ว จะส่งบัตรคำถามของกลุ่มตนเองให้กลุ่มอื่นดูคำตอบ ในขณะที่เดียวกันก็ได้รับบัตรคำถามมาจากกลุ่มอื่นด้วย ให้สมาชิกในกลุ่มอ่านคำถามและร่วมกันหาคำตอบโดยยังไม่ดูคำตอบของกลุ่มอื่น เมื่อได้คำตอบแล้วจึงพลิกไปดูคำตอบของกลุ่มอื่น ถ้าคำตอบตรงกันจะไม่เขียนอะไรเพิ่มลงไป แต่ถ้าคำตอบแตกต่างกัน ก็ให้เขียนคำตอบที่ได้เพิ่มลงไป และส่งบัตรคำถามให้กลุ่มอื่นต่อไป ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนครบทุกบัตรคำถาม ครูรวบรวมบัตรคำถามที่มีคำตอบมากกว่า 1 คำตอบ ให้ทั้งห้องร่วมกันอภิปรายและหาคำตอบที่ทั้งห้องยอมรับ

Concept Map เป็นวิธีที่ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนเพื่อให้เขียนประเด็นหลักตรงกลางแผ่นใส พร้อมเขียนวงกลมล้อมรอบ และประเด็นรองที่เกี่ยวข้องแล้ววงกลมล้อมรอบเช่นกัน จากนั้นจึงเชื่อมโยงประเด็นหลักและประเด็นรองเข้าด้วยกัน เป็นแผนภาพที่มีลักษณะคล้ายลูกโซ่ ไยแมงมุม หรือรูปดาว เพื่อช่วยให้จดจำและเข้าใจง่ายขึ้น

ทศนา แชมมณี (2557) ได้นำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนของการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยมีหลักการ 5 ประการ คือ การเรียนรู้ต้องอาศัยหลักการพึ่งพากัน การเรียนรู้ที่ดีต้องหันหน้าเข้าหากันมีปฏิสัมพันธ์กัน การเรียนรู้ร่วมกันต้องอาศัยทักษะทางสังคมโดยเฉพาะการทำงานร่วมกัน การเรียนรู้ร่วมกันควรมีการวิเคราะห์กระบวนการกลุ่มที่ใช้ในการทำงาน การเรียนรู้ร่วมกันจะต้องมีผลงานหรือผลสัมฤทธิ์ทั้งรายบุคคลและรายกลุ่มที่สามารถตรวจสอบและวัดประเมินได้ ซึ่งมีรูปแบบ ดังนี้

กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบจิ๊กซอร์ (JIGSAW) เป็นวิธีที่ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มละความสามารถแล้วให้สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มไปเรียนรู้เนื้อหาที่แตกต่างกัน แล้วกลับมาสอนเพื่อนที่อยู่กลุ่มจนครบเนื้อหาทุกส่วน หลังจากนั้นครูจะทดสอบนักเรียนแต่ละคน แล้วนำคะแนนของทุกคนในกลุ่มมารวมกันเป็นคะแนนกลุ่ม

กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบเอส.ที.เอ.ดี (STAD) เป็นวิธีที่ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มละความสามารถแล้วให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มศึกษาเนื้อหาพร้อมกัน ถ้าเนื้อหามีหลายส่วน สมาชิกแต่ละคนจะทำแบบทดสอบในแต่ละส่วนและเก็บคะแนนเอาไว้ เมื่อสมาชิกทุกคนทำครบทุกส่วนแล้ว สมาชิกแต่ละคนจะต้องทำแบบทดสอบครั้งสุดท้ายเพื่อนำมาหาคะแนนพัฒนาการนำคะแนนพัฒนาการของทุกคนในกลุ่มมารวมกันเป็นคะแนนกลุ่ม

กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบ ที.เอ.ไอ (TAI) เป็นวิธีที่ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มความสามารถแล้วให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มศึกษาเนื้อหาพร้อมกัน สมาชิกในกลุ่มจับคู่กันทำแบบฝึกหัด สมาชิกที่แบบฝึกหัดทำได้ 75% แล้ว ให้ไปรับการทดสอบรวบยอดครั้งสุดท้าย ถ้าสมาชิกยังทำแบบฝึกหัดได้ไม่ถึง 75% จะต้องทำแบบฝึกหัดซ่อมจนกว่าจะได้ แล้ว ให้ไปรับการทดสอบรวบยอดครั้งสุดท้าย นำคะแนนทดสอบรวบยอดครั้งสุดท้ายของทุกคนในกลุ่มมารวมกันเป็นคะแนนกลุ่ม

กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบ ที.จี.ที (TGT) เป็นวิธีที่ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มความสามารถแล้วให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มศึกษาเนื้อหาพร้อมกัน สมาชิกในกลุ่มแต่ละคนแยกย้ายกันไปแข่งขันกับกลุ่มอื่นตามระดับความสามารถ แล้วตอบคำถามแข่งขันกัน คนที่ได้คะแนนจากการตอบคำถามมากที่สุดในแต่ละกลุ่มจะได้รับคะแนนโบนัสเพิ่ม เมื่อทุกกลุ่มแข่งขันกันเสร็จแล้ว นำคะแนนที่ได้จากการแข่งขันของทุกคนในกลุ่มมารวมกันเป็นคะแนนกลุ่ม

กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบ แอล.ที (LT) เป็นวิธีที่ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มความสามารถแล้วให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มศึกษาเนื้อหาพร้อมกันโดยแต่ละคนจะมีบทบาทแตกต่างกัน เช่น อ่านคำสั่ง หาคำตอบ ตรวจสอบคำตอบ แล้วสมาชิกทุกคนในกลุ่มร่วมกันสรุปคำตอบเพื่อส่งเป็นผลงานกลุ่ม สมาชิกทุกคนในกลุ่มจะได้รับคะแนนเท่ากัน

กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบ จี.ไอ (G.I) เป็นวิธีที่ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มความสามารถแล้วให้สมาชิกในกลุ่มแบ่งเนื้อหาเป็นหัวข้อย่อยๆ แล้วแบ่งกันไปศึกษาหาข้อมูลโดยให้นักเรียนที่อ่อนเลือกหัวข้อก่อน หลังจากสมาชิกแต่ละคนศึกษาหาข้อมูลเรียบร้อยแล้ว สมาชิกทุกคนในกลุ่มจะร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปผลและนำเสนอต่อหน้าชั้นเรียน

กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบ ซี.ไอ.อาร์.ซี (CIRC) เป็นวิธีที่ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มตามระดับความสามารถในการอ่านแล้วให้สมาชิกในกลุ่มจับคู่กันอ่านแบบเรียน หลังจากนั้น ครูจะแบ่งกลุ่มนักเรียนแบบความสามารถในการอ่านเพื่อจัดทำรายงาน ทำแบบฝึกหัด หรือแบบทดสอบต่างๆ แล้วให้คะแนนเป็นกลุ่ม ครูจัดเตรียมกิจกรรมการอ่านให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่มแล้วช่วยกันวิเคราะห์สิ่งที่ได้จากการอ่าน เพื่อฝึกทักษะในการอ่าน จากนั้น นักเรียนแต่ละคนเข้ารับการทดสอบการอ่านเพื่อความเข้าใจ นักเรียนจะได้รับการฝึกทักษะการอ่านไปเรื่อยๆ จนกระทั่งสามารถเขียนเรื่องตามหัวข้อที่ตนเองสนใจได้ แล้วให้เพื่อนช่วยกันตรวจสอบความถูกต้อง

กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบคอมเพล็กซ์ (Complex Instruction) เป็นวิธีที่ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มความสามารถแล้วให้นักเรียนไปศึกษาหาข้อมูลร่วมกัน สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มจะใช้ความสามารถที่ตนเองถนัดช่วยกลุ่มในการทำผลงานออกมาให้สำเร็จร่วมกัน

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

3.1 กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

โพลยา (Polya, 1957) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

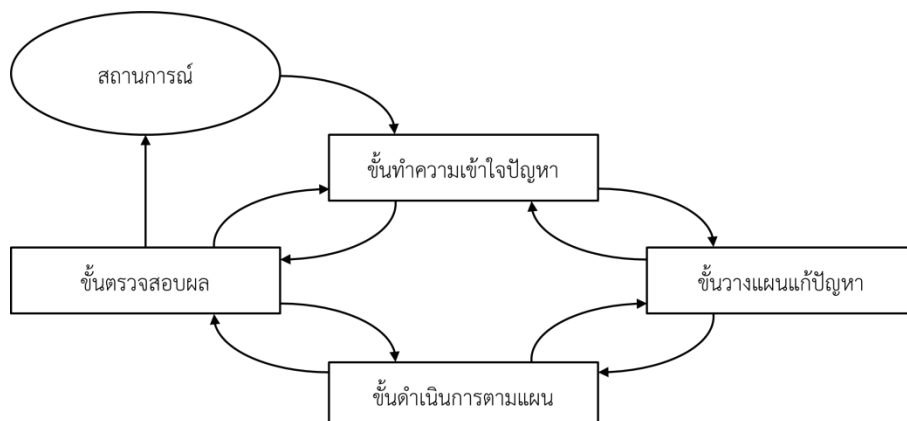
1. ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา (Understanding the problem) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำความเข้าใจข้อความปัญหา เพื่อระบุข้อมูลและคำตอบของปัญหา กำหนดตัวแปรไม่ทราบค่า สร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตรวจสอบความเพียงพอของข้อมูลในการแก้ปัญหา และคาดเดาคำตอบที่มีความสอดคล้องกับปัญหา

2. ขั้นวางแผน (Devising a plan) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนระลึกถึงและเชื่อมโยงความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เทียบเคียงปัญหากับปัญหาอื่นที่มีความคุ้นเคยหรือที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าใกล้เคียงกัน ประยุกต์ใช้กลยุทธ์จากปัญหาที่เคยหาคำตอบได้ เปลี่ยนมุมมอง ตัดแปลง แก้ไข เพิ่มองค์ประกอบเสริม ลดทอนรายละเอียดหรือเงื่อนไขของปัญหาให้ง่ายขึ้นโดยไม่กระทบต่อโครงสร้างของปัญหา ปรับลักษณะปัญหาให้มีความทั่วไปหรือมีความเฉพาะมากขึ้น ทดลองแก้ปัญหาอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันแต่มีความง่ายมากกว่า สร้างแนวทางในการหาคำตอบของปัญหา

3. ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนลงรายละเอียดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาให้ชัดเจนเพื่อหาคำตอบ ดำเนินการตามแผนที่วางไว้จนกระทั่งได้คำตอบของปัญหา ตรวจสอบและพิสูจน์ความถูกต้องในการดำเนินการแต่ละขั้น

4. ขั้นตรวจสอบผลการแก้ปัญหา (Checking the results) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้จากการดำเนินการ หาความสัมพันธ์และแปลความหมายของคำตอบที่ได้เมื่อเปลี่ยนสถานการณ์หรือเงื่อนไขบางอย่างของปัญหา ตรวจสอบความครบถ้วนของเงื่อนไขในปัญหา ปรับปรุงคำตอบของปัญหาให้ดีขึ้น ประยุกต์ใช้ผลลัพธ์กลยุทธ์ หรือการดำเนินการแก้ปัญหากับปัญหาอื่นๆ ที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน

วิลสัน (Wilson, 1993) ได้เสนอกรอบความคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่มีความเป็นพลวัต และเป็นวงจรที่มีความเป็นธรรมชาติสำหรับการแก้ปัญหา โดยสามารถดำเนินการไปข้างหน้าและย้อนกลับได้



ภาพประกอบที่ 2 แผนภาพแสดงกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัต

องค์กรไอเอ็มเอสที (Integrated Mathematics, Science, and Technology (IMaST), 1998) ได้เสนอกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา (D-Define) เป็นขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา ระบุสิ่งจำเป็นต่อการแก้ปัญหา ระบุเงื่อนไขของปัญหา และประเมินคำตอบของปัญหาที่เป็นไปได้
2. ขั้นประเมินสภาพปัญหา (A-Assess) เป็นขั้นคัดเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา และหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้
3. ขั้นวางแผน (P-Plan) เป็นขั้นวิเคราะห์ทางเลือกในการแก้ปัญหา เพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด หรือเป็นไปได้มากที่สุด
4. ขั้นดำเนินการตามแผน (I-Implement) เป็นขั้นนำแผนการแก้ปัญหาที่วางไว้ มาใช้แก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบ และปรับปรุงแผนการแก้ปัญหาให้ดีขึ้น
5. ขั้นสื่อสารและอภิปราย (C-Communicate) เป็นขั้นนำผลลัพธ์มาวิเคราะห์หาข้อสรุป และนำเสนอต่อผู้อื่นด้วยวิธีการต่างๆ

เมเยอร์ (Mayer, 1992) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหาและความสามารถที่ต้องใช้ในแต่ละขั้นไว้ ดังนี้

1. ขั้นสร้างตัวแทนทางความคิดของปัญหา (Problem representation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแปลงข้อความหรือภาพในปัญหาไปเป็นตัวแทนทางความคิดของปัญหา ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการต่อไปนี้

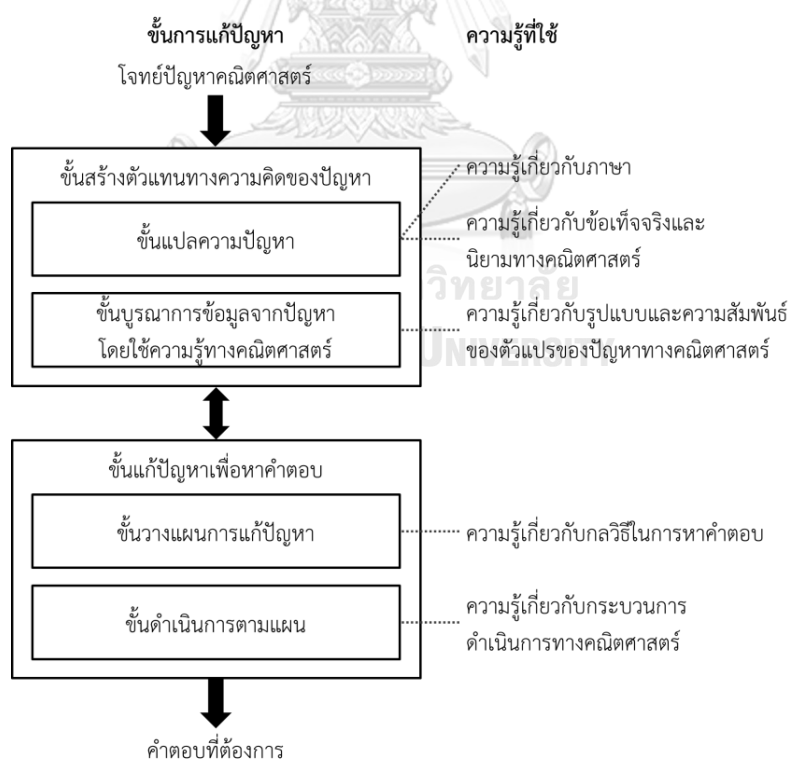
1.1 ขั้นแปลความปัญหา (Problem translation) เป็นขั้นตอนในการแปลงแต่ละข้อความในปัญหาไปเป็นตัวแทนทางความคิดของปัญหา ในขั้นนี้ นักเรียนจะใช้ความรู้เกี่ยวกับภาษา (Linguistic knowledge) และ ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงและนิยามทางคณิตศาสตร์ (Semantic knowledge) ในการทำงาน

1.2 **ขั้นบูรณาการข้อมูลจากปัญหา**โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (Problem integration) เป็นขั้นตอนในการคัดเลือกข้อมูลที่มีความจำเป็นในการแก้ปัญหา และเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้นกับตัวแปรทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการบูรณาการข้อมูลเพื่อกำหนดโครงสร้างของปัญหาที่มีความสอดคล้องกัน ในขั้นนี้นักเรียนจะใช้ความรู้เกี่ยวกับรูปแบบและความสัมพันธ์ของตัวแปรของปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Schematic knowledge) ในการทำงาน

2. **ขั้นแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบ** (Problem solution) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนใช้ตัวแทนทางความคิดของปัญหา มาใช้หาคำตอบของปัญหา ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการต่อไปนี้

2.1 **ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา** (Solution planning and monitoring) เป็นขั้นตอนในการวางแผน แบ่งปัญหาออกเป็นขั้นตอนย่อยๆ เลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา และการกำกับความคิดเพื่อตรวจสอบแผนการแก้ปัญหาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน ในขั้นนี้นักเรียนจะใช้ความรู้เกี่ยวกับกลวิธีในการหาคำตอบ (Strategic knowledge) ในการทำงาน

2.2 **ขั้นดำเนินการตามแผน** (Solution execution) เป็นขั้นตอนในการดำเนินการเพื่อหาคำตอบของปัญหาตามแผนที่วางไว้ ในขั้นนี้นักเรียนจะใช้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (Procedural knowledge) ในการทำงาน



ภาพประกอบที่ 3 แผนภาพแสดงกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของเมเยอร์

ครูลิก และรูดนิค (Krulik and Rudnick, 1993) ได้เสนอกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

1. ขั้นการอ่านและคิด (Read and think) หมายถึง ขั้นตอนในการระบุข้อเท็จจริง ระบุคำถาม สร้างภาพสถานการณ์และการกระทำในสถานการณ์ปัญหา และเปลี่ยนข้อความปัญหาให้เป็นข้อความของตนเอง
2. ขั้นการสำรวจและวางแผน (Explore and plan) หมายถึง ขั้นตอนในการรวบรวมและจัดระเบียบข้อมูล พิจารณาข้อมูลที่สำคัญและไม่สำคัญในการแก้ปัญหา พิจารณาความเพียงพอของข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหา และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแผนภูมิ ตาราง กราฟ หรือภาพประกอบการแก้ปัญหา
3. ขั้นการคัดเลือกกลยุทธ์ (Select a strategy) หมายถึง ขั้นตอนในการเลือกใช้กลยุทธ์หรือวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
4. ขั้นการหาคำตอบ (Find an answer) หมายถึง ขั้นตอนในการประมาณค่าคำตอบและการใช้ทักษะต่างๆ ในการหาคำตอบ เช่น ทักษะทางการคำนวณ ทักษะทางพีชคณิต และทักษะทางเรขาคณิต
5. ขั้นการสะท้อนและขยายผล (Reflect and extend) หมายถึง ขั้นตอนในการตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสมเหตุสมผลของคำตอบ ค้นหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยทางเลือกอื่นๆ บอกการเปลี่ยนแปลงของคำตอบเมื่อข้อเท็จจริงในสถานการณ์ปัญหาเปลี่ยนไป ขยายคำตอบไปสู่กรณีทั่วไปหรือมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ อภิปรายเกี่ยวกับวิธีแก้ปัญหาและสร้างปัญหาที่น่าสนใจที่แตกต่างจากปัญหาเดิม

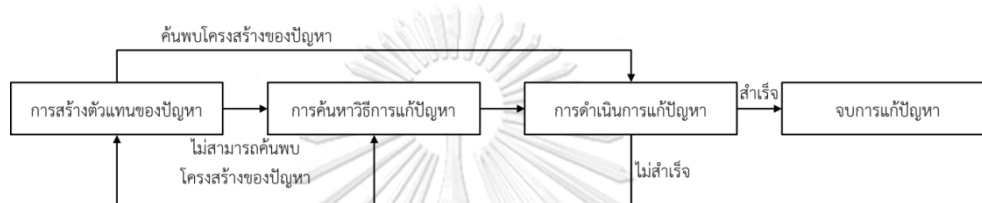
กิก (Gick, 1986) ได้เสนอแผนภาพของกระบวนการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

1. ขั้นตอนการสร้างตัวแทนของปัญหา (Construct a Representation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำความเข้าใจกับปัญหา เชื่อมโยงความรู้ที่มีอยู่เพื่อสร้างตัวแทนของปัญหา วิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและระบุรูปแบบความสัมพันธ์ในปัญหา ถ้านักเรียนสามารถค้นพบโครงสร้าง เงื่อนไข และวิธีการแก้ปัญหาเนื่องจากเป็นปัญหาที่มีความเหมือนหรือคล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยเจอมาก่อน (Schema Activated) นักเรียนสามารถข้ามไปขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหาได้ทันที
2. ขั้นตอนการค้นหาวิธีการแก้ปัญหา (Search for a Solution) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนค้นหาวิธีการและกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาโดยเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างสถานะปัจจุบันและสถานะเป้าหมายของปัญหา แล้วหาวิธีการเพื่อลดระยะห่างระหว่างสถานะปัจจุบันและสถานะเป้าหมายของปัญหา

ลง เช่น การแบ่งปัญหาเป็นส่วนย่อยๆ แล้วจัดวางลำดับการแก้ปัญหาในส่วนย่อยๆ นั้น การเทียบเคียงการแก้ปัญหากับปัญหาที่มีความคุ้นเคย เป็นต้น

3. ขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหา (Implement Solution) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการและกลยุทธ์ที่สอดคล้องกับโครงสร้างของปัญหา ตรวจสอบและกำกับความคิดในการดำเนินการแก้ปัญหา

ถ้านักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาได้ นักเรียนจะย้อนกลับไปในขั้นตอนก่อนหน้าเพื่อทบทวน ตรวจสอบ หรือใช้วิธีการอื่นในการแก้ปัญหา ขั้นตอนการแก้ปัญหานี้เป็นกระบวนการที่สามารถไปข้างหน้าและย้อนกลับระหว่างขั้นตอนได้



ภาพประกอบที่ 4 แผนภาพแสดงกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของกิด

3.2 กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนคิดและแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้สำเร็จ ซึ่งแต่ละกลยุทธ์นั้นมีความเหมาะสมกับลักษณะของปัญหาที่แตกต่างกัน ดังนั้น การเลือกใช้กลยุทธ์จึงควรเลือกกลยุทธ์ที่สามารถทำให้เห็นภาพของปัญหาชัดเจนขึ้น เข้าใจปัญหามากขึ้น และมองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหามากขึ้น เพื่อให้การแก้ปัญหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ (อัมพร ม้าคนอง, 2553: 44-45; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555: 12-36; Kennedy & Tipps, 1994: 139-156) ตัวอย่างกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. การค้นหารูปแบบ เป็นการวิเคราะห์ปัญหาและค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแบบรูป แล้วสร้างกฎเกณฑ์ในรูปแบบทั่วไปที่สอดคล้องกับปัญหาเพื่อหาคำตอบ
2. การสร้างตาราง เป็นการจระบบข้อมูลใส่ลงในตาราง เพื่อช่วยวิเคราะห์ความสัมพันธ์และค้นพบรูปแบบที่จะนำไปสู่การหาคำตอบของปัญหา
3. การเขียนภาพหรือแผนภาพ เป็นการอธิบายสถานการณ์ปัญหาและแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆ ด้วยรูปภาพหรือแผนภาพ เพื่อช่วยในการหาวิธีการแก้ปัญหา
4. การแจกแจงกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมด เป็นการจัดระบบข้อมูล โดยแยกเป็นกรณีๆ ที่เกิดขึ้นทั้งหมด เพื่อหาคำตอบที่สอดคล้องกับเงื่อนไขในปัญหา

5. การคาดเดาและตรวจสอบ เป็นการพิจารณาข้อมูลและเงื่อนไขในปัญหา เพื่อนำมาสร้างเป็นข้อคาดการณ์ แล้วนำมาตรวจสอบความถูกต้อง ถ้าข้อคาดการณ์นั้นยังไม่ถูกต้อง จะใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบมาใช้หาแนวโน้มของคำตอบ ทำให้ข้อคาดการณ์ในครั้งต่อไปมีค่าเข้าใกล้คำตอบของปัญหามากยิ่งขึ้น

6. การเขียนสมการ เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลและเงื่อนไขของปัญหาที่กำหนดให้ ในรูปของสมการหรืออสมการ โดยใช้ตัวแปรแทนค่าสิ่งที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลในปัญหา การหาคำตอบของปัญหาจะใช้สมบัติต่างๆ ทางพีชคณิตมาช่วยในการแก้ปัญหา เช่น สมบัติของการเท่ากัน สมบัติของการไม่เท่ากัน สมบัติสมมาตร สมบัติถ่ายทอด สมบัติการบวก สมบัติการคูณ เป็นต้น เมื่อได้คำตอบจากการใช้สมบัติต่างๆ แล้วจะต้องมีการตรวจสอบความสอดคล้องของคำตอบตามเงื่อนไขในปัญหา

7. การคิดแบบย้อนกลับ เป็นการวิเคราะห์ปัญหาที่พิจารณาจากผล ย้อนกลับไปสู่เหตุ โดยเริ่มจากข้อมูลในขั้นตอนสุดท้าย แล้วคิดย้อนกลับเข้าสู่ข้อมูลในขั้นเริ่มต้น เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องเริ่มแก้ปัญหาในขั้นตอนใดก่อน

8. การเปลี่ยนมุมมอง เป็นการเปลี่ยนการคิดหรือมุมมองให้แตกต่างไปจากที่คุ้นเคย เพื่อให้ปัญหาอยู่ในรูปที่ง่ายขึ้น

9. การแบ่งเป็นปัญหาย่อย เป็นการแบ่งปัญหาใหญ่ที่มีความซับซ้อนออกเป็นปัญหาย่อยๆ เพื่อลดข้อมูล หรือเปลี่ยนข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่คุ้นเคยและไม่ซับซ้อน

10. การให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์ เป็นการอธิบายข้อความที่ปรากฏอยู่ในปัญหานั้นว่าเป็นจริง โดยใช้เหตุผลทางตรรกศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหา

11. การให้เหตุผลทางอ้อม เป็นการแสดงข้อความที่ปรากฏอยู่ในปัญหานั้นว่าเป็นจริง โดยแสดงว่าข้อความนั้นเป็นเท็จ แล้วใช้เหตุผลทางตรรกศาสตร์เพื่อหาข้อขัดแย้ง

3.3 การวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) กล่าวว่า การประเมินผล การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สามารถพิจารณาได้จากรายการประเมิน 4 ประเด็น คือ 1) ความเข้าใจปัญหา 2) การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา 3) การใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา 4) การสรุปคำตอบ โดยพิจารณาประเมินผลแบบเกณฑ์รวมที่กำหนดระดับคุณภาพเป็น 4 ระดับ ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์รวมของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4 (ดีมาก)	<ul style="list-style-type: none"> ● เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องชัดเจน ● เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง เหมาะสม สอดคล้องกับปัญหา นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน ● สรุปคำตอบได้อย่างถูกต้อง สมบูรณ์
3 (ดี)	<ul style="list-style-type: none"> ● เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องชัดเจน ● เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง เหมาะสม สอดคล้องกับปัญหา นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน ● สรุปคำตอบได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์
2 (พอใช้)	<ul style="list-style-type: none"> ● เข้าใจปัญหาบางส่วนไม่ถูกต้อง ● เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ไม่เหมาะสมหรือไม่ครอบคลุมประเด็นของปัญหา นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน ● สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน หรือสรุปคำตอบไม่ครบถ้วน
1 (ต้องปรับปรุง)	<ul style="list-style-type: none"> ● เข้าใจปัญหาบางส่วนไม่ถูกต้อง ● เลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหา ● ไม่มีการสรุปคำตอบ หรือสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง

นอกจากนี้ ในกรณีที่ผู้ประเมินต้องการตรวจสอบการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละประเด็นย่อยตามกระบวนการแก้ปัญหาผู้ประเมินสามารถกำหนดระดับคุณภาพของแต่ละประเด็นย่อยเป็น 3 ระดับ ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อยของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

รายการประเมิน	คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
1. ความเข้าใจปัญหา	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ต้องปรับปรุง)	<ul style="list-style-type: none"> ● เข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง ● เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องเป็นบางส่วน ● เข้าใจปัญหาน้อยมากหรือไม่เข้าใจปัญหา
2. การเลือกยุทธวิธี การแก้ปัญหา	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ต้องปรับปรุง)	<ul style="list-style-type: none"> ● เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง เหมาะสม และสอดคล้องกับปัญหา ● เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยังไม่เหมาะสมหรือไม่ครอบคลุมประเด็นของปัญหา ● เลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้
3. การใช้ยุทธวิธีการ แก้ปัญหา	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ต้องปรับปรุง)	<ul style="list-style-type: none"> ● นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้อย่างถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน ● นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน ● นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา
4. การสรุปคำตอบ	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ต้องปรับปรุง)	<ul style="list-style-type: none"> ● สรุปคำตอบได้ถูกต้อง สมบูรณ์ ● สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน หรือสรุปคำตอบไม่ครบถ้วน ● ไม่มีการสรุปคำตอบ หรือสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง

จากเกณฑ์การประเมินข้างต้นผู้ประเมินสามารถกำหนดน้ำหนักคะแนนของแต่ละปัญหา และแต่ละกระบวนการแก้ปัญหา ตามลำดับความสำคัญ แล้วจึงใช้ร้อยละของคะแนนรวมที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ใช้สรุปผลการประเมิน

ครูลิคและรุดนิค (Krulik and Rudnick, 1998) ได้เสนอ เกณฑ์การประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยอ้างอิงตามกระบวนการแก้ปัญหา 5 ขั้นตอน คือ ขั้นการอ่านและคิด ขั้นการสำรวจและวางแผน ขั้นการคัดเลือกกลยุทธ์ ขั้นการหาคำตอบ และขั้นการสะท้อนและขยายผล นอกจากนี้ยังเพิ่มความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมาย และความสามารถในการสร้างสรรค์ โดยพิจารณาประเมินผลแบบเกณฑ์รวมที่กำหนดระดับคุณภาพเป็น 4 ระดับ ตามตารางที่ 4 และพิจารณาประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อยที่กำหนดระดับคุณภาพของแต่ละประเด็นย่อยเป็น 3 ระดับ ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์รวมของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของครูลิคและรุดนิค

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4 (ดีมาก)	<ul style="list-style-type: none"> เลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้เหมาะสม ได้รับคำตอบที่ถูกต้องและสมบูรณ์ อธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบได้
3 (ดี)	<ul style="list-style-type: none"> เลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้เหมาะสม ลงมือแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่มีการคำนวณคำตอบที่ผิดพลาดเพียงเล็กน้อย แปลความหมายของคำตอบผิดพลาดเพียงเล็กน้อย แต่ได้รับคำตอบที่ถูกต้องตามการแปลความหมาย
2 (พอใช้)	<ul style="list-style-type: none"> ได้รับคำตอบเพียงบางส่วนของปัญหา คำนวณคำตอบผิดพลาด หรือมีมีโนทัศน์ผิดพลาด เลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้เหมาะสมแต่ไม่สามารถคำนวณให้ได้รับคำตอบได้
1 (ต้องปรับปรุง)	<ul style="list-style-type: none"> ได้รับคำตอบที่ถูกต้องโดยไม่แสดงวิธีทำ
0 (ไม่แสดงพฤติกรรม)	<ul style="list-style-type: none"> ไม่แสดงพฤติกรรมการแก้ปัญหาเลย

ตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อยของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของครูฝึกและครูต้น

รายการประเมิน	คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา	3 = a, b, และ c 2 = ab หรือ ac หรือ bc 1 = a หรือ b หรือ c 0 = ไม่แสดงพฤติกรรม	a สามารถแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในปัญหาโดยใช้แผนภาพ ตาราง หรือ สมการ b สามารถระบุข้อมูลที่สำคัญและไม่สำคัญในการหาคำตอบ c สามารถระบุคำถามคำถามของปัญหา
2. ความสามารถในการเลือกแผน	3 = a เท่านั้น 2 = b เท่านั้น 1 = c เท่านั้น 0 = d	a เลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและแสดงขั้นตอนแรกในการแก้ปัญหา b เลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและไม่แสดงขั้นตอนแรกในการแก้ปัญหา c เลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาไม่เหมาะสมและไม่แสดงขั้นตอนแรกในการแก้ปัญหา d ไม่มีการวางแผน
3. ความสามารถในการดำเนินการตามแผน	3 = a เท่านั้น 2 = b เท่านั้น 1 = c เท่านั้น 0 = d	a ดำเนินการอย่างเหมาะสมและได้รับคำตอบที่ถูกต้อง b ดำเนินการอย่างเหมาะสมแต่คำนวณคำตอบผิดพลาดเพียงเล็กน้อย c คำนวณคำตอบผิดพลาดและแปลความหมายของคำตอบผิดพลาด d ไม่มีการดำเนินการ
4. ความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมาย	3 = a, b, และ c 2 = ab หรือ ac หรือ bc 1 = a หรือ b หรือ c 0 = ไม่แสดงพฤติกรรม	a ได้รับคำตอบที่ถูกต้องและสมบูรณ์ และอธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบโดยใช้ศัพท์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง b เขียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนและแสดงข้อความกำกับคำตอบได้ถูกต้อง c เขียนกำกับข้อความตารางและแผนภาพได้ถูกต้อง
5. ความสามารถในการสร้างสรรค์	1 = a หรือ b หรือ c	a มีวิธีการในการหาคำตอบที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับคนอื่น b มีวิธีการในการหาคำตอบมากกว่า 1 วิธี

4. ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

4.1 ความหมายของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

เกลเซอร์ (Glaser, 1941) นิยามการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ 3 ประการ คือ 1) เป็นเจตคติที่ใช้พิจารณาการครุ่นคิดในปัญหาและสิ่งต่างที่ผ่านเข้ามาภายใต้ประสบการณ์ที่มีอยู่ 2) เป็นความรู้เกี่ยวกับวิธีการที่ใช้ในการสืบสวนอย่างเป็นเหตุเป็นผลและการให้เหตุผล 3) ทักษะในการนำขั้นตอนดังกล่าวไปใช้ การคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้นจะต้องมีความมั่นคงในการหาหลักฐานมาสนับสนุนความเชื่อหรือความรู้ใดๆ ก่อนการลงข้อสรุป

อนนิส (Ennis, 1989) นิยามการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า เป็นการคิดอย่างไตร่ตรองและมีความสมเหตุสมผล ซึ่งเน้นไปที่การตัดสินใจในสิ่งที่เชื่อหรือสิ่งที่ทำ

อัมพร ม้าคะนอง (2554) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดที่มีการพิจารณา ไตร่ตรอง โดยใช้ข้อมูล และประสบการณ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสมเหตุสมผล

สิริภักตร์ ศิริโท (2558) กล่าวว่า การคิดเชิงวิจารณ์ หมายถึง กระบวนการทางปัญญาในการไตร่ตรองปัญหา ข้อกล่าวอ้างหรือสมมติฐาน อย่างมีตรรกะและมีเหตุผล โดยใช้การค้นคว้าข้อมูลหรือหลักฐานมาสนับสนุน หรือการตรวจสอบและประเมินความถูกต้องและน่าเชื่อถือของข้อมูลหรือหลักฐานที่นำมาสนับสนุนอย่างไม่มีอคติ ก่อนลงข้อสรุป หรือเชื่อความคิดเห็น ข้อสมมติ หรือความรู้ที่ได้รับนั้น

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2558) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นหลักการคิดประเภทหนึ่งที่เน้นกระบวนการพิจารณาและประเมินข้อมูลหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่คิดทุกด้านอย่างรอบคอบ โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนด หลักเหตุผล จนได้คำตอบที่เหมาะสมหรือดีที่สุด เพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจ ประเมิน หรือแก้ปัญหาต่างๆ เป็นกระบวนการคิดที่มีปัญญาเป็นตัวนำ

4.2 องค์ประกอบของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

วัตสันและเกลเซอร์ (Watson and Glaser, 2002: 2-10) นำเสนอองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of assumption) หมายถึง การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อตกลงเบื้องต้นจากข้อสรุปที่กำหนดให้
2. การอนุมาน (Inference) หมายถึง การตรวจสอบความเป็นไปได้ของข้อสรุปจากเหตุการณ์ที่กำหนดให้
3. การนิรนัย (Deduction) หมายถึง การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อสรุปจากข้อมูลหรือเหตุ (premises) ที่กำหนดให้
4. การประเมินข้อสรุป (Evaluation of argument) หมายถึง การตรวจสอบความน่าเชื่อถือและเหตุผลของการตัดสินใจจากคำถามที่กำหนดให้
5. การตีความ (Interpretation) หมายถึง การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อความจากขอบเขต และเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนดให้

เอนนิส และมิลแมน (Ennis and Millman, 1985) ได้พัฒนาแบบวัด Cornell Critical Thinking Test, Level X ขึ้น ใช้สำหรับวัดความคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนเกรด 4 ถึง เกรด 14 ซึ่งมีองค์ประกอบ ดังนี้

1. การอุปนัย (Induction)
2. ความน่าเชื่อถือ (Credibility)
3. การสังเกต (Observation)
4. การนิรนัย (Deduction)
5. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption identification)

เอนนิส และมิลแมน (Ennis and Millman, 1985) ได้พัฒนาแบบวัด Cornell Critical Thinking Test, Level Z ขึ้น ใช้สำหรับวัดความคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษในระดับโรงเรียนมัธยมปลาย (Advanced or gifted High school student) นักเรียนในระดับวิทยาลัย และผู้ใหญ่ ซึ่งมีองค์ประกอบ ดังนี้

1. การอุปนัย (Induction)
2. ความน่าเชื่อถือ (Credibility)
3. การทำนายและการวางแผนการทดลอง (Prediction and experimental planning)
4. การอ้างเหตุผลที่ผิดจากประโยคที่มีความกำกวม (Fallacies)
5. การนิรนัย (Deduction)
6. การนิยาม (Definition)
7. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption identification)

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2558) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีองค์ประกอบ ดังนี้

1. การกำหนดปัญหาหรือประเด็น
2. ระบุประเด็นข้อมูล
3. การกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นและสมมติฐาน
4. การสรุปอ้างอิง
5. การใช้เหตุผลในการประเมิน
6. การประยุกต์ใช้

4.3 การวัดและประเมินความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal เป็นแบบวัดที่สร้างขึ้นโดย Watson and Glaser (อ้างถึงใน ทิศนา แคมณีและคณะ, 2544) เป็นแบบสอบที่ใช้ได้กับนักเรียนเกรด 9 ไปจนถึงผู้ใหญ่ โดยมี 2 แบบ คือ แบบ A และแบบ B แต่ละแบบจะมีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 80 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 50 นาที โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

1. ความสามารถในการสรุปอ้างอิง (Inference) เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินใจแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุป ว่าข้อสรุปใดเป็นจริง ข้อสรุปใดเป็นเท็จ แบบสอบจะมีการกำหนดสถานการณ์มาให้แล้วมีข้อสรุป 3-5 ข้อ แล้วให้ตัดสินว่า แต่ละข้อสรุปนั้น เป็นจริง น่าจะเป็นจริง ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ น่าจะเป็นเท็จ และเป็นเท็จ

2. ความสามารถในการระบุข้อตั้งลงเบื้องต้น (Recognition of Assumption) เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินใจแนกข้อความ ว่าข้อความใดเป็นข้อตั้งลงเบื้องต้น แบบสอบจะมีการกำหนดสถานการณ์มาให้แล้วมีข้อความ 2-3 ข้อ แล้วให้ตัดสินว่า แต่ละข้อความนั้น เป็นข้อตั้งลงเบื้องต้น หรือไม่เป็นข้อตั้งลงเบื้องต้น

3. ความสามารถในการนิรนัย (Deductive) เป็นการวัดความสามารถในการหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการตรรกศาสตร์ แบบสอบจะมีการกำหนดสถานการณ์มาให้แล้วมีข้อสรุป 2-4 ข้อ แล้วให้ตัดสินว่า แต่ละข้อสรุปนั้น เป็นไปได้ตามสถานการณ์ หรือเป็นไปได้ตามสถานการณ์

4. ความสามารถในการแปลความ (Interpretation) เป็นการวัดความสามารถในการให้นำหนักของข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อตัดสินเป็นไปได้ของข้อสรุป แบบสอบจะมีการกำหนดสถานการณ์มาให้แล้วมีข้อสรุป 2-3 ข้อ แล้วให้ตัดสินว่า แต่ละข้อสรุปนั้นมีความน่าเชื่อถือ หรือไม่น่าเชื่อถือ ภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดให้

5. ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments) เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินใจแนกการใช้เหตุผล ว่าเหตุผลใดมีความสมเหตุสมผล แบบสอบจะมีการกำหนดชุดของคำถามเกี่ยวกับประเด็นปัญหาสำคัญ ซึ่งแต่ละชุดจะมีคำตอบพร้อมเหตุผลกำกับ แล้วให้ตัดสินว่าคำตอบและเหตุผลนั้นมีความสำคัญเกี่ยวข้องโดยตรงกับคำถามหรือไม่

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยต่างประเทศ

ลอรี (Lori, 2015) ได้สรุปผลจากการทดลองใช้ห้องเรียนกลับทางกับนักเรียนที่มีการรับรู้ความสามารถของนักเรียนต่ำพบว่า นักเรียนสามารถถามคำถามเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ในห้องเรียนได้มากขึ้น สามารถใช้องค์ประกอบต่างๆ เพื่อช่วยสนับสนุนการเรียนรู้รายบุคคล และวิดีโอการบรรยายทำให้นักเรียนควบคุมอัตราเร็วให้เหมาะสมกับแต่ละคนได้ นักเรียนบางส่วนรู้สึกว่าจะมีความเชื่อมั่นในความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น ถึงแม้ว่าจะยังคงไม่ชอบวิชาคณิตศาสตร์เหมือนเดิม และสามารถประสบความสำเร็จในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้ในอนาคต

เลิฟ (Love, 2013) ได้สรุปผลจากการใช้ห้องเรียนกลับทางเพื่อพัฒนาห้องเรียนเสริม พบว่าห้องเรียนกลับทางสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้และมีผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจเชิงมนทัศน์สูงกว่านักเรียนในห้องเรียนแบบดั้งเดิม และมีความเพลิดเพลินมากกว่า สามารถจุดประกายให้นักเรียนเห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์

ไทรแอนทาไฟลลู และ ทิมเซนโก (Triantafyllou and Timcenko, 2015) ได้สรุปผลจากการใช้สื่อออนไลน์นอกห้องเรียนที่มีต่อการพัฒนาการเรียนรู้ในห้องเรียนกลับทาง พบว่า นักเรียนเห็นว่าสื่อออนไลน์เป็นสิ่งที่ช่วยในการเรียนรู้ สื่อประเภทวิดีโอบรรยายแบบบันทึกหน้าจอ และสื่อออนไลน์จากหลากหลายแหล่งสามารถช่วยให้นักเรียนยึดมั่นผูกพันกับการคิดทางคณิตศาสตร์ การใช้แบบทดสอบช่วยให้นักเรียนเตรียมความพร้อมก่อนเข้าห้องเรียน และคู่มือการเรียนรู้จะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ได้อย่างครบถ้วนไม่มีส่วนใดถูกกละเลยไป ทำให้การเรียนรู้ในห้องเรียนสามารถอภิปรายเนื้อหาในเชิงลึกและครูสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างมีความหมาย

สตีล มัวร์ และ ยิลเล็ท (Steele, Moore and Gillett, 2014) ได้สรุปผลจากการจัดห้องเรียนกลับทางว่า นักเรียนมีความยึดมั่นผูกพันมากขึ้น ในห้องเรียนมีเวลามากขึ้นสำหรับให้นักเรียนทำกิจกรรมที่มีความหมายทางคณิตศาสตร์ และยังสามารถสนับสนุนให้นักเรียนทำงานที่ต้องใช้การรู้คิดระดับสูงและสำรวจความคิดเชิงมนทัศน์ นอกเวลาเรียนนักเรียนสามารถทำการบ้านได้สำเร็จในอัตราที่สูงขึ้น และในเวลาเรียนนักเรียนให้ความยึดมั่นผูกพันกับการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับในวิดีโอการบรรยายที่ได้ดูมาแล้ว

5.2 งานวิจัยในประเทศ

สัญญา ภัทรากร (2552) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้อย่างมีชีวิตชีวาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มทดลองจำนวน 43 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีชีวิตชีวามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

เชิดศักดิ์ ภักดีวิโรจน์ (2556) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความเชื่อมั่นในตนเอง กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มทดลองจำนวน 45 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 และมีความเชื่อมั่นในตนเองหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

เกรียงไกร สกุลประเสริฐศรี (2557) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดห้องเรียนกลับทางเพื่อพัฒนาความสามารถในการพูดภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารและแรงจูงใจในการเรียนภาษาอังกฤษ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มทดลองจำนวน 48 คน ที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดห้องเรียนกลับทางมีความสามารถในการพูดภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารและแรงจูงใจในการเรียนภาษาอังกฤษหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดห้องเรียนกลับทางสามารถสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้อย่างมีส่วนร่วม เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกฝนทั้งภายในและภายนอกห้องเรียนมากขึ้น และส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5” ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. การศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 2. การออกแบบการวิจัย
 3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
 4. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
 - 4.1 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
 - 4.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
 5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
 6. การวิเคราะห์ข้อมูล
 7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย
- แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

1. การศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศเพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร วารสาร ตำรา ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับ แนวคิดห้องเรียนกลับทาง การจัดการเรียนรู้เชิงรุก ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2. ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนสวนกุหลาบ จังหวัดสุพรรณบุรี ที่พัฒนาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5

3. ศึกษาเนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม จากหนังสือเรียนและคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม คณิตศาสตร์ เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และหนังสืออื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์

4. ศึกษาเอกสาร วารสาร ตำรา ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต เกี่ยวกับวิธีวิจัย หลักการวัดและประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลักการ ทฤษฎี วิธีการออกแบบและพัฒนาแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2. การออกแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง (The One-Group Pretest Posttest Design) ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม โดยมีแผนการทดลอง ดังนี้

E O₁ X O₂

ตารางที่ 6 แสดงแบบแผนการทดลอง

กลุ่มตัวอย่าง	การทดสอบก่อน การทดลอง (O ₁)	การทดลอง X	การทดสอบหลัง การทดลอง (O ₂)
E	- ความสามารถในการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ - ความสามารถในการ คิดอย่างมีวิจารณญาณ	X	- ความสามารถในการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ - ความสามารถในการ คิดอย่างมีวิจารณญาณ

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E แทน กลุ่มทดลอง (Experimental Group)

X แทน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับ การเรียนรู้เชิงรุก

O₁ แทน การทดสอบก่อนการทดลอง (Pretest)

O₂ แทน การทดสอบหลังการทดลอง (Posttest)

3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัด สำนักงานศึกษาธิการจังหวัดสุพรรณบุรี กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียน สวงวนหญิง สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดสุพรรณบุรี กระทรวงศึกษาธิการ โดยจากการสำรวจ พบว่า โรงเรียนสวงวนหญิง มีนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 6 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 207 คน ที่ เรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม แบ่งเป็นนักเรียนห้องเรียนแบบคละความสามารถ 5 ห้องเรียน และนักเรียนในโครงการส่งเสริมความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ 1 ห้องเรียน โดย ผู้วิจัยเลือกห้องเรียนแบบคละความสามารถมา 1 ห้องเรียน ซึ่งเป็นห้องเรียนที่นักเรียนมีความพร้อม ทางด้านเทคโนโลยี เช่น นักเรียนมีโทรศัพท์มือถือรูปแบบสมาร์ทโฟนหรือมีคอมพิวเตอร์ นักเรียนมี ช่วงเวลาในการเล่นอินเทอร์เน็ตที่เหมาะสม นักเรียนสามารถใช้อินเทอร์เน็ตจากที่บ้านได้ โดยผู้วิจัยจะ สํารวจข้อมูลความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีของนักเรียนแล้วนำมาวิเคราะห์โดยใช้ร้อยละ ซึ่ง ห้องเรียนที่นักเรียนมีร้อยละของข้อมูลความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีสูงที่สุดจะถูกเลือกเป็นกลุ่ม ทดลอง ผลปรากฏว่าได้ นักเรียนห้อง ม. 5/8 จำนวน 30 คน เป็นกลุ่มทดลอง

4. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีรายละเอียด ดังนี้

4.1 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก โดยในแต่ละแผนจะประกอบไปด้วย แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกในส่วนการเรียนรู้ภายในห้องเรียน วิดีทัศน์และคำถามในส่วนการเรียนรู้ภายนอกห้องเรียน โดยมีรายละเอียดในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือ ดังนี้

4.1.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก (ส่วนการเรียนรู้ภายในห้องเรียน)

ผู้วิจัยจัดทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ซึ่งครอบคลุมสาระการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม จำนวน 12 แผน ระยะเวลา 12 คาบ มีรายละเอียดในการดำเนินงาน ดังนี้

- 1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี จากเอกสาร วารสาร ตำรา ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก
- 2) ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย ที่พัฒนาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มัธยมศึกษาปีที่ 5
- 3) ศึกษาหลักการสอน วิธีการสอน การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ และรายละเอียดของเนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม จากหนังสือเรียนและคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม คณิตศาสตร์ เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
- 4) ศึกษาเนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม และแบ่งเนื้อหาให้เหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งได้ทั้งหมด 12 คาบ

5) เขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายคาบครอบคลุมเนื้อหา ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม จำนวน 12 แผน แต่ละแผนประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ/แหล่งเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล และบันทึกผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในส่วนการเรียนรู้ภายในห้องเรียน จะดำเนินการสอนทั้งหมด 3 ชั้น คือ ชั้นเตรียมความพร้อม ชั้นปฏิบัติการกิจกรรม และชั้นนำไปใช้และสะท้อนคิด ทั้งนี้ การดำเนินการสอนในแต่ละชั้นจะสอดคล้องกับเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนรู้จากส่วนการเรียนรู้ภายนอกห้องเรียน โดยมีแผนการสอนระยะยาวตามตารางที่ 7 ดังนี้

ตารางที่ 7 สาระการเรียนรู้ของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และฟังก์ชันลอการิทึม

คาบที่	เนื้อหา
1	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม
2	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 รากที่ n ในระบบจำนวนจริงและเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ
3	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 สมการรากที่สองในระบบจำนวนจริง
4	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล
5	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 ฟังก์ชันลอการิทึม
6	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 6 สมบัติของลอการิทึม
7	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 7 การหาค่าลอการิทึม
8	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 8 สมการเอกซ์โพเนนเชียล
9	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 9 สมการลอการิทึม

ตารางที่ 7 (ต่อ) สารการเรียนรู้ของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และฟังก์ชันลอการิทึม

คาบที่	เนื้อหา
10	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 10 การประยุกต์ของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล: การประยุกต์เกี่ยวกับดอกเบี้ยทบต้น
11	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 11 การประยุกต์ของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล: การประยุกต์เกี่ยวกับการเพิ่มของจำนวนประชากร ปริมาณสารกัมมันตภาพรังสีที่กำลังสลายตัว
12	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 12 การประยุกต์ของฟังก์ชันลอการิทึม: การประยุกต์เกี่ยวกับระดับความเข้มเสียง ระดับความเป็นกรดต่าง

6) นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายคาบจำนวน 12 แผน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้
อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหา

7) นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายคาบมาปรับปรุงตามคำแนะนำของ
อาจารย์ที่ปรึกษาแล้วนำไปใช้จริง

สำหรับกรอบแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียน
กลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ผู้วิจัยได้เสนอรายละเอียดไว้ดังตารางที่ 8 ดังนี้

ตารางที่ 8 กรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทาง
ร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก

กลุ่มทดลอง (การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก)
<p>1. ส่วนการเรียนรู้ภายนอกห้องเรียน</p> <p>ระยะเริ่มต้น (the launch phase)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● นักเรียนแต่ละคนดูวิดีโอที่สนเรื่องเดียวกันความยาวประมาณ 15 นาที ที่ครูสร้างขึ้นหรือจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ เพื่อให้ให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำเนินกิจกรรมในห้องเรียนคาบต่อไป ● นักเรียนคิด แปลความ และทำความเข้าใจกับความรู้ในวิดีโอที่ศึกษา แล้วนำความรู้ที่ได้นั้นมาตอบคำถามในเอกสารประกอบคำบรรยายระหว่างวิดีโอ ● นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มย่อยทางสื่อสังคมออนไลน์ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ ● ครูเป็นผู้ตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหาของนักเรียนจากข้อความที่นักเรียนตอบ เพื่อใช้ข้อมูลนั้นเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ภายในห้องเรียนในคาบต่อไป
<p>2. ส่วนการเรียนรู้ภายในห้องเรียน</p> <p>ขั้นเตรียมความพร้อม</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ครูตั้งประเด็นเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนพูดคุยเกี่ยวกับกิจกรรมในกลุ่มย่อยที่นักเรียนได้ทำผ่านสื่อสังคมออนไลน์ ● ครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนและสรุปเนื้อหาจากวิดีโอ ผ่านการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและการสะท้อนคิด ● ครูนำเสนอปัญหาเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนรู้จากวิดีโอที่สนกับเนื้อหาที่นักเรียนจะได้เรียนรู้ในห้องเรียน
<p>ขั้นปฏิบัติการ</p> <p>ระยะสำรวจ (The exploration phase)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ครูให้นักเรียนแบ่งเป็นกลุ่มย่อยแบบคละความสามารถ ● นักเรียนดำเนินกิจกรรมเชิงรุกเพื่อวางแผน ทดลอง สังเกต วิเคราะห์ผล และอภิปรายกันภายในกลุ่มย่อย ● นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มย่อยจะแสดงความคิดเห็นทั้งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย พร้อมให้เหตุผลในแง่มุมต่างๆ เพื่อหาข้อสรุปขององค์ความรู้ที่สามารถนำไปใช้หาคำตอบที่เป็นไปได้ของปัญหาที่ครูนำเสนอไว้ก่อนทำกิจกรรม

ตารางที่ 8 (ต่อ) กรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก

กลุ่มทดลอง (การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก)
<p>ระรณะนำเสนอ (The presentation phase)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● นักเรียนนำเสนอองค์ความรู้และคำตอบของปัญหาที่ได้จากการอภิปรายภายในกลุ่มย่อยต่อนักเรียนทั้งชั้น ● ครูและเพื่อนร่วมชั้นมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนกลุ่มที่นำเสนอ โดยใช้คำถาม แผนภาพ ตัวอย่างหรือสื่อการเรียนรู้อื่นๆ เพื่อสร้างข้อขัดแย้ง ยกตัวอย่างเพิ่มเติม หรือสนับสนุนความคิด ● นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องขององค์ความรู้และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหา <p>ระรณะอภิปราย (The discussion phase)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● นักเรียนทั้งชั้นเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นทั้งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยพร้อมให้เหตุผลในแง่มุมต่างๆ เกี่ยวกับความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาและข้อสรุปขององค์ความรู้ <p>ขั้นนำไปใช้และสะท้อนคิด</p> <ul style="list-style-type: none"> ● นักเรียนนำองค์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมเชิงรุกไปใช้ในการทำแบบฝึกหัดด้วยตนเอง ● นักเรียนสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้โดยสรุปและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมเชิงรุกทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน

4.1.2 วิดิตทัศน์ (ส่วนการเรียนรู้ภายนอกห้องเรียน)

ผู้วิจัยจัดทำวิดิตทัศน์ซึ่งสอดคล้องกับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก จำนวน 12 เรื่อง มีรายละเอียดในการดำเนินงาน ดังนี้

1) ศึกษารูปแบบของวิดิตทัศน์การบรรยายเนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ในอินเทอร์เน็ตทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อกำหนดรูปแบบของวิดิตทัศน์ที่มีความเหมาะสมกับเนื้อหา

2) กำหนดเนื้อหาและรูปแบบของวิดิตทัศน์ที่นักเรียนต้องดูก่อนเข้าชั้นเรียนเพื่อดำเนินกิจกรรมในชั้นเรียนตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกแต่ละคาบ

3) จัดเตรียมวิดิตทัศน์ที่ให้นักเรียนดูที่บ้านเพื่อเตรียมความรู้พื้นฐานก่อนดำเนินกิจกรรมในชั้นเรียนแต่ละคาบ ซึ่งวิดิตทัศน์ที่เตรียมให้นักเรียนดูจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

3.1 วิดีทัศน์ที่นำมาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ในอินเทอร์เน็ต โดยผู้วิจัยคัดเลือกวีดิทัศน์ที่มีเนื้อหาเหมาะสม แล้วนำมาตัดต่อเพื่อให้มีความยาวไม่เกิน 15 นาที โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งวีดิทัศน์ที่ผู้วิจัยคัดเลือกมาประกอบด้วย วีดิทัศน์การบรรยายเนื้อหาจากคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 6 ตอน และข่าวหรือสารคดี 3 ตอน

3.2 วิดีทัศน์ที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นมาเอง โดยผู้วิจัยจัดเตรียมเนื้อหาให้มีความเหมาะสม จากนั้น จึงจัดทำกราฟิกและถ่ายทำวีดิทัศน์ แล้วนำมาตัดต่อเพื่อให้มีความยาวไม่เกิน 15 นาที โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งวีดิทัศน์ที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นมาทั้งหมด 3 ตอน

ทั้งนี้การจัดเตรียมวีดิทัศน์จะสอดคล้องกับกิจกรรมที่นักเรียนจะได้เรียนรู้ใน ส่วนการเรียนรู้ภายในห้องเรียน โดยมีรายละเอียดของวีดิทัศน์แต่ละเรื่องตามตารางที่ 9 ดังนี้

ตารางที่ 9 เนื้อหา วัตถุประสงค์ ระยะเวลา และประเภทของวีดิทัศน์

เรื่องที่	เนื้อหาและวัตถุประสงค์	ระยะเวลา	ประเภท
1	<p>เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม</p> <ul style="list-style-type: none"> • บทนิยามและทฤษฎีบทของเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม <p>วัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> • สามารถนำทฤษฎีบทของเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็มไปใช้ในการจัดให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้ 	12.58	วีดิทัศน์ที่ตัดต่อจากวีดิทัศน์บรรยายเนื้อหาจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ

ตารางที่ 9 (ต่อ) เนื้อหา วัตถุประสงค์ ระยะเวลา และประเภทของวิดิทัศน์

เรื่องที่	เนื้อหาและวัตถุประสงค์	ระยะเวลา	ประเภท
2	<p>รากที่ n ในระบบจำนวนจริงและจำนวนจริงในรูปกรณฑ์</p> <ul style="list-style-type: none"> • บทนิยามและทฤษฎีบทของรากที่สองในระบบจำนวนจริง • บทนิยามและทฤษฎีบทของรากที่ n ในระบบจำนวนจริง • บทนิยามของค่าหลักรากที่ n • บทนิยามและทฤษฎีบทของเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ <p>วัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> • หารากที่สองและรากที่ n ของจำนวนจริงได้ • สามารถนำทฤษฎีบทของเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะไปใช้ในการจัดให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้ 	13.36	วิดิทัศน์ที่ตัดต่อจากวิดิทัศน์บรรยายเนื้อหาจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ
3	<p>สมการรากที่สองในระบบจำนวนจริง</p> <ul style="list-style-type: none"> • การแก้สมการรากที่สองในระบบจำนวนจริงและการตรวจสอบความสอดคล้องของคำตอบ <p>วัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> • แก้สมการรากที่สองในระบบจำนวนจริงและตรวจสอบความสอดคล้องของคำตอบได้ 	13.27	วิดิทัศน์ที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นมาเอง
4	<p>ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล</p> <ul style="list-style-type: none"> • บทนิยามของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล • โดเมน เรนจ์ และลักษณะสำคัญของกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล <p>วัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> • ระบุโดเมน เรนจ์ และลักษณะสำคัญของกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลได้ 	13.25	วิดิทัศน์ที่ตัดต่อจากวิดิทัศน์บรรยายเนื้อหาจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ

ตารางที่ 9 (ต่อ) เนื้อหา วัตถุประสงค์ ระยะเวลา และประเภทของวิดิทัศน์

เรื่องที่	เนื้อหาและวัตถุประสงค์	ระยะเวลา	ประเภท
5	<p>ฟังก์ชันลอการิทึม</p> <ul style="list-style-type: none"> • บทนิยามของฟังก์ชันลอการิทึม • โดเมน เรนจ์ และลักษณะสำคัญของกราฟของฟังก์ชันลอการิทึม • ความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม <p>วัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> • ระบุโดเมน เรนจ์ และลักษณะสำคัญของกราฟของฟังก์ชันลอการิทึมได้ 	14.12	วิดิทัศน์ที่ตัดต่อจากวิดิทัศน์บรรยายเนื้อหาจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ
6	<p>สมบัติของลอการิทึม</p> <ul style="list-style-type: none"> • สมบัติของลอการิทึม • การหาค่าลอการิทึมโดยใช้สมบัติของลอการิทึม <p>วัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> • หาค่าลอการิทึมโดยใช้สมบัติของลอการิทึมได้ 	14.38	วิดิทัศน์ที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นมาเอง
7	<p>การหาค่าลอการิทึม</p> <ul style="list-style-type: none"> • การหาค่าลอการิทึมโดยการเปิดตาราง <p>วัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> • หาค่าลอการิทึมโดยการเปิดตารางได้ 	12.22	วิดิทัศน์ที่ตัดต่อจากวิดิทัศน์บรรยายเนื้อหาจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ
8	<p>สมการเอกซ์โพเนนเชียล</p> <ul style="list-style-type: none"> • การแก้สมการเอกซ์โพเนนเชียลและการตรวจสอบความสอดคล้องของคำตอบ • การแก้สมการเอกซ์โพเนนเชียลและการตรวจสอบความสอดคล้องของคำตอบ <p>วัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> • แก้สมการเอกซ์โพเนนเชียล และตรวจสอบความสอดคล้องของคำตอบได้ • แก้สมการเอกซ์โพเนนเชียล และตรวจสอบความสอดคล้องของคำตอบได้ 	16.42	วิดิทัศน์ที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นมาเอง

ตารางที่ 9 (ต่อ) เนื้อหา วัตถุประสงค์ ระยะเวลา และประเภทของวิดิทัศน์

เรื่องที่	เนื้อหาและวัตถุประสงค์	ระยะเวลา	ประเภท
9	<p>สมการลอการิทึม</p> <ul style="list-style-type: none"> การแก้สมการลอการิทึมและการตรวจสอบความสอดคล้องของคำตอบ การแก้สมการลอการิทึมและการตรวจสอบความสอดคล้องของคำตอบ <p>วัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> แก้สมการลอการิทึมและตรวจสอบความสอดคล้องของคำตอบได้ แก้สมการลอการิทึมและตรวจสอบความสอดคล้องของคำตอบได้ 	14.41	วิดิทัศน์ที่ตัดต่อจากวิดิทัศน์บรรยายเนื้อหาจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ
10	<p>การประยุกต์เกี่ยวกับดอกเบี๊ยบต้น</p> <ul style="list-style-type: none"> การคำนวณเงินฝากเมื่อธนาคารจ่ายดอกเบี๊ยแบบทบต้น โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป <p>วัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> คำนวณเงินฝากเมื่อธนาคารจ่ายดอกเบี๊ยแบบทบต้น โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปได้ ระบุตัวแปรในสูตรการคำนวณเงินฝากเมื่อธนาคารจ่ายดอกเบี๊ยแบบทบต้นได้ 	8.23	วิดิทัศน์ที่ตัดต่อจากข่าวหรือสารคดี
11	<p>การประยุกต์เกี่ยวกับการเพิ่มของจำนวนประชากร</p> <ul style="list-style-type: none"> สารคดีการเพิ่มจำนวนประชากร <p>การประยุกต์เกี่ยวกับปริมาณสารกัมมันตภาพรังสีที่กำลังสลายตัว</p> <ul style="list-style-type: none"> สารคดีการหาอายุซากเรือโดยใช้คาร์บอน 12 <p>วัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถ</p> <ul style="list-style-type: none"> ระบุตัวแปรในสูตรการหาจำนวนประชากรได้ ระบุตัวแปรในสูตรการหาปริมาณของสารกัมมันตภาพรังสีได้ 	5.36 6.58	วิดิทัศน์ที่ตัดต่อจากข่าวหรือสารคดี

ตารางที่ 9 (ต่อ) เนื้อหา วัตถุประสงค์ ระยะเวลา และประเภทของวិทัศน์

เรื่องที่	เนื้อหาและวัตถุประสงค์	ระยะเวลา	ประเภท
12	<u>การประยุกต์เกี่ยวกับระดับความเข้มเสียง</u>	4.23	วิทัศน์ที่ตัดต่อจาก ข่าวหรือสารคดี
	<ul style="list-style-type: none"> • ปัญหามลพิษทางเสียงบริเวณแยกพาหุรัด 	3.20	
	<u>การประยุกต์เกี่ยวกับระดับความเป็นกรดต่าง</u>		
	<ul style="list-style-type: none"> • ปัญหาฝนกรดจากการปล่อยมลพิษของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ 		
	<u>วัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถ</u>		
	<ul style="list-style-type: none"> • ระบุตัวแปรในสูตรการหาระดับความเข้มเสียงได้ • ระบุตัวแปรในสูตรการหาระดับความเป็นกรดต่างได้ 		

4.1.3 คำถาม (ส่วนการเรียนรู้ภายนอกห้องเรียน)

ผู้วิจัยตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหาในวิทัศน์ จำนวน 12 ชุด มีรายละเอียดในการดำเนินงาน ดังนี้

- 1) ศึกษาลักษณะการตั้งคำถามเพื่อสร้างองค์ความรู้ในหนังสือเรียนทั้งในประเทศและต่างประเทศ และหนังสือเสริมความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์
- 2) ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาที่น่าสนใจในวิทัศน์ โดยบันทึกสาระสำคัญตามวัตถุประสงค์ของวิทัศน์ ทั้ง 12 เรื่อง
- 3) ตั้งคำถามจำนวน 12 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย 2 ส่วน คือ คำถามระหว่างดูวิทัศน์ และคำถามหลังดูวิทัศน์ โดยคำถามระหว่างดูวิทัศน์จะเป็นคำถามที่ให้นักเรียนตีความเนื้อหาระหว่างดูวิทัศน์ในแต่ละช่วงเพื่อตอบคำถาม ขณะที่คำถามหลังดูวิทัศน์จะเป็นคำถามที่ให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้เรียนจากวิทัศน์เพื่อตอบคำถาม โดยตัวอย่างคำถามแต่ละชุดแสดงตามตารางที่ 10 ดังนี้

ตารางที่ 10 ตัวอย่างคำถามระหว่างดูวิดีโอ และตัวอย่างคำถามหลังดูวิดีโอ

ชุดที่	ตัวอย่างคำถามระหว่างดูวิดีโอ	ตัวอย่างคำถามหลังดูวิดีโอ
1	<p>เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม</p> <p>ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่ถูกต้อง และ ทำเครื่องหมาย ✗ หน้าข้อที่ผิด</p> <p>1. $\frac{1}{x^5} = x^{-5}$</p> <p>2. $0^0 = 1$</p>	<p>เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม</p> <p>ให้นักเรียนหาค่าของ $\frac{(x^3y)^7(xz^2)^7}{(x^6yz)^7}$ โดยเขียนคำตอบอยู่ในรูปของ $x^a \cdot y^b \cdot z^c$ พร้อมแสดงวิธีทำ</p>
2	<p>รากที่ n ในระบบจำนวนจริงและจำนวนจริงในรูปกรณฑ์</p> <p>ให้นักเรียนเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง</p> <p>1. รากที่สองของ 25 มี ราก คือ</p> <p>2. รากที่สามของ -7 มี ราก คือ</p>	<p>รากที่ n ในระบบจำนวนจริงและจำนวนจริงในรูปกรณฑ์</p> <p>นักเรียนคิดว่าข้อความ $\sqrt[n]{x^n} = x$ เป็นจริงเสมอไปหรือไม่ ถ้าไม่เป็นจริงเสมอไป ให้นักเรียนยกตัวอย่างที่ทำให้ข้อความนี้ไม่เป็นจริง</p>
3	<p>สมการรากที่สองในระบบจำนวนจริง</p> <p>ให้นักเรียนเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง</p> <p>1. $5^{\frac{2}{3}}$ เขียนในรูปของกรณฑ์ได้เป็น</p> <p>2. $\sqrt[5]{7^4}$ เขียนในรูปของเลขยกกำลังได้เป็น.....</p>	<p>สมการรากที่สองในระบบจำนวนจริง</p> <p>นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใด -1 และ 2 เป็นคำตอบของสมการ $3 - x = (x - 1)^2$ แต่มี 2 เพียงตัวเดียวเท่านั้นที่เป็นคำตอบของสมการ $\sqrt{3 - x} = x - 1$</p>
4	<p>ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล</p> <p>ให้นักเรียนเลือกตัวเลือกที่ถูกต้อง</p> <p>1. $f(x) = 5^x$ เป็นฟังก์ชัน (เพิ่ม/ลด)</p> <p>2. $f(x) = 0.75^x$ เป็นฟังก์ชัน (เพิ่ม/ลด)</p>	<p>ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล</p> <p>ให้นักเรียนตั้งคำถามและระบุคำตอบเกี่ยวกับฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่นักเรียนได้ศึกษาจากวิดีโอที่ผ่านมานะ 1 ข้อ</p>

ตารางที่ 10 (ต่อ) ตัวอย่างคำถามระหว่างดูวิดีโอ และตัวอย่างคำถามหลังดูวิดีโอ

ชุดที่	ตัวอย่างคำถามระหว่างดูวิดีโอ	ตัวอย่างคำถามหลังดูวิดีโอ
5	<p>ฟังก์ชันลอการิทึม ให้นักเรียนเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง</p> <p>1. ฟังก์ชันลอการิทึม $y = \log_5 x$ เป็นฟังก์ชันผกผันของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $y = \dots\dots\dots$</p>	<p>ฟังก์ชันลอการิทึม นักเรียนคิดว่าโดเมนและเรนจ์ของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึมมีความแตกต่างกันอย่างไร</p>
6	<p>สมบัติของลอการิทึม ให้นักเรียนเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง</p> <p>1. $\log_{12} 24 + \log_{12} 6 = \dots\dots\dots$</p> <p>2. $\log_9 72 - \log_9 8 = \dots\dots\dots$</p>	<p>สมบัติของลอการิทึม นักเรียนคิดว่า $\log_x x = 1$ สำหรับทุกจำนวนจริง x หรือไม่ เพราะเหตุใด</p>
7	<p>การหาค่าลอการิทึม ให้นักเรียนเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง</p> <p>1. $\log 1.435 = \dots\dots\dots$</p> <p>2. ถ้า $\log x = 0.5843$ แล้ว x จะมีค่าเท่าไร</p>	<p>การหาค่าลอการิทึม ให้นักเรียนหาค่าของ $\log 3540$ เมื่อกำหนดให้ $\log 3.54 = 0.5490$</p>
8	<p>สมการเอกซ์โพเนนเชียล ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้</p> <p>1. ถ้า $2^{x+3} = 16$ แล้ว x จะมีค่าเท่ากับเท่าไร</p> <p>2. ถ้า $5^x < 5^3$ แล้ว x จะมากกว่าหรือน้อยกว่า 3</p>	<p>สมการเอกซ์โพเนนเชียล ถ้านักเรียนจะต้องแก้สมการเอกซ์โพเนนเชียล $15^x - 25 \cdot 3^x - 3 \cdot 5^x + 75 = 0$ แล้ว นักเรียนจะแทนค่า A และ B ด้วยค่าใดเพื่อให้ง่ายต่อการแก้สมการ</p>
9	<p>สมการลอการิทึม ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้</p> <p>1. ถ้า $\log_2 \log_3 x = 1$ แล้ว x จะมีค่าเท่ากับเท่าไร</p> <p>2. ถ้า $\log_5 x < \log_5 8$ แล้ว x จะมากกว่าหรือน้อยกว่า 8</p>	<p>สมการลอการิทึม นักเรียนเห็นด้วยกับคำกล่าวที่ว่า “คำตอบของสมการลอการิทึมจะต้องมีค่าเป็นบวกเสมอ” หรือไม่ เพราะเหตุใด</p>

ตารางที่ 10 (ต่อ) ตัวอย่างคำถามระหว่างดูวิดีโอ และตัวอย่างคำถามหลังดูวิดีโอ

ชุดที่	ตัวอย่างคำถามระหว่างดูวิดีโอ	ตัวอย่างคำถามหลังดูวิดีโอ
10	<p>การประยุกต์เกี่ยวกับดอกเบี้ยทบต้น</p> <p>ให้นักเรียนใช้โปรแกรมการคำนวณดอกเบี้ยทบต้นแล้วตอบคำถามต่อไปนี้</p> <p>1. เงื่อนไข A ประเภท เงินฝากออมทรัพย์ เงินฝากเริ่มต้น 240,000 บาท เงินฝากต่อเดือน 0 บาท อัตราดอกเบี้ย ร้อยละ 0.75 ต่อปี ระยะเวลา 10 ปี จะมีเงินในบัญชีเท่าไร</p>	<p>การประยุกต์เกี่ยวกับดอกเบี้ยทบต้น</p> <p>ให้นักเรียนอธิบายสูตรการคำนวณจำนวนเงินในบัญชี $V = P\left(1 + \frac{r}{n}\right)^{nt}$ ว่าตัวแปรแต่ละตัวหมายถึงอะไร</p>
11	<p>การประยุกต์เกี่ยวกับการเพิ่มของจำนวนประชากรและการประยุกต์เกี่ยวกับปริมาณสารกัมมันตภาพรังสีที่กำลังสลายตัว</p> <p>ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้</p> <p>1. จากสารคดีเกี่ยวกับการเพิ่มจำนวนประชากร การเพิ่มจำนวนประชากรแบบ Exponential growth มีลักษณะอย่างไร และเกิดขึ้นในสถานะใด</p> <p>2. จากสารคดีเกี่ยวกับปริมาณสารกัมมันตภาพรังสีที่กำลังสลายตัว นักโบราณคดีทางทะเลใช้สารกัมมันตภาพรังสีชนิดใดในการตรวจสอบอายุของซากวัตถุ</p>	<p>การประยุกต์เกี่ยวกับการเพิ่มของจำนวนประชากรและการประยุกต์เกี่ยวกับปริมาณสารกัมมันตภาพรังสีที่กำลังสลายตัว</p> <p>ให้นักเรียนอธิบายความเหมือนและความต่างของสูตรการคำนวณประชากร $n(t) = n_0 e^{rt}$ และสูตรการสลายตัวของธาตุกัมมันตภาพรังสี $A(t) = A_0 e^{-rt}$ เมื่อ r เป็นค่าคงตัวที่เป็นจำนวนจริงบวก</p>

ตารางที่ 10 (ต่อ) ตัวอย่างคำถามระหว่างดูวิดีโอ และตัวอย่างคำถามหลังดูวิดีโอ

ชุดที่	ตัวอย่างคำถามระหว่างดูวิดีโอ	ตัวอย่างคำถามหลังดูวิดีโอ
12	<p><u>การประยุกต์เกี่ยวกับระดับความเข้มเสียง และการประยุกต์เกี่ยวกับระดับความเป็นกรดต่าง</u> ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> จากข่าวเกี่ยวกับมลภาวะทางเสียง มลภาวะทางเสียงบริเวณแยกพญาhurstมีระดับความเข้มเสียงกี่เดซิเบล จากข่าวเกี่ยวกับมลภาวะทางอากาศ ฝนกรดที่สร้างความเสียหายพื้นที่ไร่นา บริเวณโรงไฟฟ้าแม่เมาะ เกิดมาจากก๊าซอะไร 	<p><u>การประยุกต์เกี่ยวกับระดับความเข้มเสียง และการประยุกต์เกี่ยวกับระดับความเป็นกรดต่าง</u> นักเรียนคิดว่าระดับความเข้มเสียงตามสูตร $\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$ มีค่าติดลบได้หรือไม่ และนักเรียนคิดว่าค่าระดับความเป็นกรดต่าง หรือค่าพีเอช (pH) ตามสูตร $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ มีค่าติดลบได้หรือไม่ เพราะเหตุใด</p>

4) ออกแบบเอกสารออนไลน์เพื่อให้นักเรียนเข้ามาตอบคำถามในแต่ละครั้ง โดยเอกสารออนไลน์แต่ละชุดจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ข้อมูลส่วนตัว คำถามระหว่างดูวิดีโอ และ คำถามหลังดูวิดีโอ

เอกสารประกอบการบรรยายในวิดีโอคาบที่ 8 เรื่อง สมการเอกซ์โพเนนเชียล

*จำเป็น

ชื่อเล่น *

คำตอบของคุณ

เลขที่ *

คำตอบของคุณ

ถัดไป

ห้ามส่งรหัสผ่านใน Google ฟอรัม

ภาพประกอบที่ 5 เอกสารออนไลน์ ส่วนข้อมูลส่วนตัว

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

คำถาม *

1. ถ้า $2^{x+3} = 16$ แล้ว x จะมีค่าเท่ากับเท่าไร

คำตอบของคุณ

กลับ

ถัดไป

ห้ามส่งรหัสผ่านใน Google ฟอรัม

ภาพประกอบที่ 6 เอกสารออนไลน์ ส่วนคำถามระหว่างดูวิดีโอ

คำถาม *

ถ้านักเรียนจะต้องแก้สมการเอกซิปโเนนเซียล $15^x - 25 \cdot 3^x - 3 \cdot 5^x + 75 = 0$ แล้ว นักเรียนจะแทนค่า A และ B ด้วยค่าใด เพื่อให้ง่ายต่อการแก้สมการ

คำตอบของคุณ

ห้ามส่งรหัสผ่านใน Google ฟอรัม

ภาพประกอบที่ 7 เอกสารออนไลน์ ส่วนคำถามหลังดูวิดีโอ

4.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยมีรายละเอียดของการสร้างและพัฒนาเครื่องมือ ดังนี้

4.2.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีจำนวน 2 ฉบับ คือ ฉบับก่อนเรียน ครอบคลุมเนื้อหาวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 เรื่อง เลขยกกำลัง และฉบับหลังเรียน ครอบคลุมเนื้อหาวิชาเพิ่มเติมคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซิปโเนนเซียลและฟังก์ชันลอการิทึม โดยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับเป็นแบบอัตนัย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ฉบับละ 5 ข้อ นำไปใช้ทดลองฉบับละ 3 ข้อ มีขั้นตอนในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือ ดังนี้

1) ศึกษาเนื้อหาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จากหนังสือเรียนและคู่มือครู รายวิชาพื้นฐาน คณิตศาสตร์ เล่ม 2 เรื่อง เลขยกกำลัง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และหนังสืออ่านเพิ่มเติมวิชาคณิตศาสตร์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

2. ศึกษาเนื้อหาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จากหนังสือเรียนและคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม คณิตศาสตร์ เล่ม 3 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และหนังสืออ่านเพิ่มเติมวิชาคณิตศาสตร์ทั้งในประเทศและต่างประเทศเพื่อสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียน

2) ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์จากเอกสาร วารสาร ตำรา ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดและรูปแบบของแบบวัดที่เหมาะสมในการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

3) ศึกษาและกำหนดกรอบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของครูลิคและรูดนิค (Kruлик and Rudnick, 1998: 11-22) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุข้อเท็จจริง การระบุคำถาม และแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในปัญหาโดยการวาดแผนภาพ วาดกราฟ สร้างตาราง สร้างสมการ หรืออธิบายโดยใช้ข้อความ

2. ความสามารถในการเลือกแผน หมายถึง ความสามารถในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม และลงมือการแก้ปัญหาในขั้นตอนเริ่มต้น

3. ความสามารถในการดำเนินการตามแผน หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมตามแผนที่วางไว้

4. ความสามารถในการสะท้อนและขยายผล หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ และการบอกการเปลี่ยนแปลงของคำตอบเมื่อข้อเท็จจริงในสถานการณ์ปัญหาเปลี่ยนไป

4) สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับ คือ ฉบับก่อนเรียนและฉบับหลังเรียน โดยแต่ละฉบับเป็นข้อสอบอัตนัย 5 ข้อ เพื่อนำไปใช้จริง 3 ข้อ

5) ศึกษาและสร้างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับ ตามกรอบการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่กำหนดไว้ แต่ละข้อจะประกอบด้วยข้อคำถามย่อย 6 ข้อ ซึ่งมีรายละเอียดในการตรวจให้คะแนน ดังนี้

ตารางที่ 11 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

1.1) ระบุข้อเท็จจริงและคำถามในสถานการณ์ปัญหา (ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา)	
เกณฑ์	คะแนน
● ระบุข้อเท็จจริงและคำถามในสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมด	2
● ระบุข้อเท็จจริงในสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมด แต่ระบุคำถามในสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วนหรือไม่ถูกต้อง ● ระบุคำถามในสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมด แต่ระบุข้อเท็จจริงในสถานการณ์ปัญหาถูกต้องบางส่วนหรือไม่ถูกต้อง ● ระบุข้อเท็จจริงในสถานการณ์ปัญหาและระบุคำถามในสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน	1
● ระบุข้อเท็จจริงและคำถามในสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้องหรือระบุไม่ได้เลย	0

1.2) แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในปัญหา (ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา)	
เกณฑ์	คะแนน
● แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ถูกต้องทั้งหมด	2
● แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ถูกต้องบางส่วน	1
● แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลไม่ถูกต้องหรือไม่แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยวิธีใดๆ เลย	0

ตารางที่ 11 (ต่อ) เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

2) เลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม และลงมือการแก้ปัญหาในขั้นตอนเริ่มต้น (ความสามารถในการเลือกแผน)	
เกณฑ์	คะแนน
<ul style="list-style-type: none"> ● ระบุสิ่งแรกที่ต้องหาค่า อธิบายแนวทางที่นำไปสู่การหาคำตอบ และแสดงวิธีการแก้ปัญหาในขั้นตอนแรกได้ถูกต้องทั้งหมด 	4
<ul style="list-style-type: none"> ● อธิบายแนวทางที่นำไปสู่การหาคำตอบ และแสดงวิธีการแก้ปัญหาในขั้นตอนแรกได้ถูกต้อง แต่ระบุตัวแปรแรกที่ต้องหาค่าไม่ถูกต้อง 	3
<ul style="list-style-type: none"> ● ระบุตัวแปรแรกที่ต้องหาค่าและอธิบายแนวทางที่นำไปสู่การหาคำตอบได้ถูกต้อง แต่แสดงวิธีการแก้ปัญหาในขั้นตอนแรกได้ถูกต้องบางส่วน ● ระบุตัวแปรแรกที่ต้องหาค่าและแสดงวิธีการแก้ปัญหาในขั้นตอนแรกได้ถูกต้อง แต่อธิบายแนวทางที่นำไปสู่การหาคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน ● ระบุตัวแปรแรกที่ต้องหาค่าได้ถูกต้อง และอธิบายแนวทางที่นำไปสู่การหาคำตอบและแสดงวิธีการแก้ปัญหาในขั้นตอนแรกได้ถูกต้องบางส่วน 	2
<ul style="list-style-type: none"> ● ระบุตัวแปรแรกที่ต้องหาค่าได้ถูกต้อง แต่อธิบายแนวทางที่นำไปสู่การหาคำตอบและแสดงวิธีการแก้ปัญหาในขั้นตอนแรกไม่ถูกต้อง 	1
<ul style="list-style-type: none"> ● ระบุสิ่งแรกที่ต้องหาค่า อธิบายแนวทางที่นำไปสู่การหาคำตอบ และแสดงวิธีการแก้ปัญหาในขั้นตอนแรกไม่ถูกต้องทั้งหมด หรือไม่ระบุและอธิบายเลย 	0

ตารางที่ 11 (ต่อ) เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

3) ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง (ความสามารถในการดำเนินการตามแผน)	
เกณฑ์	คะแนน
● แสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมด และคำตอบถูกต้อง	4
● แสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมด แต่คำตอบไม่ถูกต้อง	3
● แสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วนมากกว่าร้อยละ 50 และคำตอบไม่ถูกต้อง	2
● แสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วนไม่เกินร้อยละ 50 และคำตอบไม่ถูกต้อง	1
● แสดงวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้องทั้งหมดหรือไม่แสดงวิธีทำเลย	0

4.1) สรุปคำตอบและตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ (ความสามารถในการสะท้อนและขยายผล)	
เกณฑ์	คะแนน
● สรุปคำตอบและแสดงวิธีตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบได้ถูกต้องทั้งหมด	2
● สรุปคำตอบได้ถูกต้อง แต่แสดงวิธีตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบได้ถูกต้องบางส่วนหรือไม่ถูกต้อง	1
● สรุปคำตอบและแสดงวิธีตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบไม่ถูกต้องหรือไม่ได้สรุปคำตอบหรือแสดงวิธีตรวจสอบเลย	0

ตารางที่ 11 (ต่อ) เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

4.2) ระบุการเปลี่ยนแปลงคำตอบเมื่อข้อเท็จจริงในสถานการณ์ปัญหาเปลี่ยนไป (ความสามารถในการสะท้อนและขยายผล)	
เกณฑ์	คะแนน
● ระบุการเปลี่ยนแปลงคำตอบเมื่อเปลี่ยนข้อเท็จจริงในเงื่อนไขและระบุเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงได้ถูกต้องทั้งหมด	2
● ระบุการเปลี่ยนแปลงคำตอบเมื่อเปลี่ยนข้อเท็จจริงในเงื่อนไขได้ถูกต้อง แต่ระบุเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงได้ถูกต้องบางส่วนหรือไม่ถูกต้อง	1
● ระบุการเปลี่ยนแปลงคำตอบเมื่อเปลี่ยนข้อเท็จจริงในเงื่อนไขและระบุเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงไม่ถูกต้องหรือไม่ระบุเลย	0

ข้อสอบจำนวน 3 ข้อ ข้อละ 16 คะแนน รวมคะแนนเต็มทั้งฉบับ 48 คะแนน

6) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบเพื่อพิจารณาความเหมาะสมในประเด็นต่างๆ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะ เช่น

6.1 ควรปรับปรุงการเขียนคำถามให้มีความหลากหลายรูปแบบ ไม่เป็นรูปแบบเดิมๆ ทุกข้อ เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา

6.2 ควรปรับปรุงการเขียนคำถามให้มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพของปัญหาได้ง่ายยิ่งขึ้น

6.3 ควรใส่สัญลักษณ์หน้าช่องว่างที่ต้องการให้นักเรียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหา เพื่อให้นักเรียนตอบเป็นข้อๆ

6.4 ควรมีตัวเลือก “วิธีอื่นๆ” เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาในรูปแบบที่นอกเหนือจากวิธีการแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาที่กำหนดให้

6.5 ควรปรับปรุงความยากง่ายของข้อสอบ ให้มีความง่ายมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ใช้แบบวัดที่มีรูปแบบการตอบโดยใช้การเขียนอธิบายซึ่งนักเรียนไม่คุ้นเคย ข้อสอบที่ยากจนเกินไปอาจจะเป็นอุปสรรคต่อการวัด

6.6 ควรมีตัวอย่างวิธีการตอบคำถามในแบบวัด 1 ตัวอย่าง เพื่อเป็นแนวทางในการตอบคำถามของนักเรียน

7) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความตรงเชิงโครงสร้าง และความสอดคล้องกับกรอบการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทั้ง 4 องค์ประกอบ และความเหมาะสมด้านภาษาของข้อคำถามที่ใช้ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข จากการตรวจสอบของผู้ทรงคุณวุฒิ มีความเห็นให้ปรับปรุงและให้ข้อเสนอแนะ เช่น

7.1 การปรับปรุงความถูกต้องและความชัดเจนของภาษา

ข้อความเดิม “ระบุมสมการเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของจำนวนเดือนที่กระทำผิด”

แก้ไขเป็น “ระบุมสมการเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของจำนวนเดือนที่กระทำผิดและจำนวนเหยื่อ

กำหนดให้ N แทนจำนวนเหยื่อ

และ m แทนจำนวนเดือนที่กระทำผิด”

ข้อความเดิม “นักวิจัยด้านอาหารต้องการทราบว่าชนิดของแบคทีเรียในตัวอย่างอาหารที่นำมาทดสอบคือแบคทีเรียชนิดใด”

แก้ไขเป็น “นักวิจัยด้านอาหารต้องการทราบว่าชนิดของแบคทีเรียในตัวอย่างอาหารที่นำมาทดสอบใกล้เคียงกับแบคทีเรียชนิดใด”

ข้อความเดิม “ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 เขาจะให้เพื่อนของเหยื่อแต่ละคนไปเชิญชวนเพื่อนมาเพิ่มอีก 3 คน เข้ามาร่วมลงทุน อย่างนี้เรื่อยไปในแต่ละเดือน ซึ่งสมาชิกทุกคนที่เข้ามาร่วมลงทุนจะต้องจ่ายค่าสมัครสมาชิก 2,500 บาท”

แก้ไขเป็น “ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 เขาจะให้เพื่อนของเหยื่อแต่ละคนไปเชิญชวนเพื่อนมาเพิ่มอีก 3 คน เข้ามาร่วมลงทุน เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ แต่ละเดือน ซึ่งสมาชิกทุกคนที่เข้ามาร่วมลงทุนจะต้องจ่ายค่าสมัครสมาชิกตลอดชีพ 2,500 บาท”

ข้อความเดิม “รูปแบบของกระดาศชนิด A มีอัตราส่วน $1 : \sqrt{2}$ โดยที่กระดาศขนาด A0 จะมีพื้นที่ 1 ตารางเมตร ส่วนกระดาศ A1 จะเกิดจากการตัดแบ่งครึ่งด้านยาวของกระดาศ A0 และกระดาศ A2 จะเกิดจากการตัดแบ่งครึ่งด้านยาวของกระดาศ A1 อย่างนี้เรื่อยไป”

แก้ไขเป็น “รูปแบบของกระดาศชนิด A มีอัตราส่วนด้านกว้างต่อด้านยาวเป็น $1 : \sqrt{2}$ โดยที่กระดาศขนาด A0 จะมีพื้นที่ 10,000 ตารางเซนติเมตร ส่วนกระดาศ A1 จะเกิดจากการตัดแบ่งครึ่งด้านยาวของกระดาศ A0 และกระดาศ A2 จะเกิดจากการตัดแบ่งครึ่งด้านยาวของกระดาศ A1”

7.2 การปรับปรุงความถูกต้องของเฉลย

ข้อความเดิม “จำนวนเครื่องจักรที่มากที่สุดที่ทำงานพร้อมกัน โดยใช้ระดับความเข้มเสียงไม่เกิน 130 เดซิเบล”

แก้ไขเป็น “จำนวนเครื่องจักรที่มากที่สุดที่ทำงานพร้อมกัน โดยใช้ระดับความเข้มเสียงเฉลี่ยไม่เกิน 130 เดซิเบล”

ข้อความเดิม “ดังนั้น น้ำฝนที่มีค่า pH 5.6 จะมีความเข้มข้นของประจุ H^+ เท่ากับ 2.51×10^{-6} โมล”

แก้ไขเป็น “ดังนั้น น้ำฝนที่มีค่า pH 5.6 จะมีความเข้มข้นของประจุ H^+ เท่ากับ 2.51×10^{-6} โมลต่อลิตร”

8) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับที่ผ่านการพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนสงวนหญิง ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดย

- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนเรียน ผู้วิจัยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 24 คน ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มที่ผ่านการเรียนเรื่องเลขยกกำลังมาแล้ว

- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียน ผู้วิจัยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/6 จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มที่ผ่านการเรียนเรื่องฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึมมาแล้ว

จากนั้นนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แล้วนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยง (Reliability) โดยมีเกณฑ์ คือ มีค่าความเที่ยงตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป หาค่าความยาก (Difficulty) โดยมีเกณฑ์ คือ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 และหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นรายข้อ โดยมีเกณฑ์ คือ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป ซึ่งแต่ละข้อมีรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ 12 ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนเรียนที่ใช้หาคุณภาพ

ข้อสอบ	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.46	0.69
2	0.19	0.16
3	0.13	0.12
4	0.44	0.73
5	0.21	0.39

ตารางที่ 13 ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
คณิตศาสตร์หลังเรียนที่ใช้หาคุณภาพ

ข้อสอบ	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.22	0.11
2	0.08	0.06
3	0.29	0.29
4	0.41	0.38
5	0.21	0.38

9) เลือกข้อสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ฉบับละ 3 ข้อ โดยเลือกให้ครอบคลุมเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งแต่ละฉบับมีรายละเอียดดังนี้

- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนเรียน ผู้วิจัยเลือกข้อ 1 4 และ 5 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ และตัดข้อ 2 และ 3 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์

- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียน ผู้วิจัยเลือกข้อ 3 4 และ 5 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ และตัดข้อ 1 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์ และตัดข้อ 2 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์

ตารางที่ 14 ค่าความเที่ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถใน
การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการทดลอง

คุณภาพแบบวัด	ฉบับก่อนการทดลอง	ฉบับหลังการทดลอง
ค่าความเที่ยง	.708	.830
ค่าความยาก (p)	0.21-0.46	0.21-0.41
ค่าอำนาจจำแนก (r)	0.39-0.73	0.29-0.38

10) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไปใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

4.2.2 แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีจำนวน 2 ฉบับ คือ ฉบับก่อนเรียน ครอบคลุมเนื้อหารายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน และฉบับหลังเรียน ครอบคลุมเนื้อหารายวิชาเพิ่มเติมคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม โดยแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งสองฉบับเป็นแบบปรนัย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ฉบับละ 30 ข้อ นำไปใช้ทดลองฉบับละ 20 ข้อ มีขั้นตอนในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือ ดังนี้

1) ศึกษาเนื้อหาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จากหนังสือเรียนและคู่มือครู รายวิชาพื้นฐาน คณิตศาสตร์ เล่ม 1 เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และหนังสืออ่านเพิ่มเติมวิชาคณิตศาสตร์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน

2. ศึกษาเนื้อหาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จากหนังสือเรียนและคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม คณิตศาสตร์ เล่ม 3 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และหนังสืออ่านเพิ่มเติมวิชาคณิตศาสตร์ทั้งในประเทศและต่างประเทศเพื่อสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน

2) ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจากเอกสาร วารสาร ตำรา ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดและรูปแบบของแบบวัดที่เหมาะสมในการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3) ศึกษาและกำหนดกรอบการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของวัตสันและเกลเซอร์ (Watson and Glaser, 2002: 2-10) ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of assumption) หมายถึง ความสามารถในการระบุสมมติฐานหรือเหตุผลที่นำไปสู่ข้อสรุปที่กำหนดให้อย่างสมเหตุสมผล
2. การอนุมาน (Inference) หมายถึง ความสามารถในการระบุข้อมูลเพิ่มเติมหรือรายละเอียดต่างๆ ที่เป็นไปได้จากเหตุการณ์ที่กำหนดให้
3. การนิรนัย (Deduction) หมายถึง ความสามารถในการระบุข้อสรุปจากข้อมูลหรือเหตุ (premises) ที่กำหนดให้อย่างสมเหตุสมผล
4. การประเมินข้อสรุป (Evaluation of argument) หมายถึง ความสามารถในการให้เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจได้อย่างน่าเชื่อถือจากข้อสรุปที่กำหนดให้
5. การตีความ (Interpretation) หมายถึง ความสามารถในการระบุข้อความตามขอบเขตและเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนดให้อย่างสมเหตุสมผล

4) สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งสองฉบับ คือ ฉบับก่อนเรียนและฉบับหลังเรียน โดยแต่ละฉบับเป็นข้อสอบปรนัย 3 องค์ประกอบ องค์ประกอบละ 6 ข้อ และเป็นข้อสอบอัตนัย 2 องค์ประกอบ องค์ประกอบละ 6 ข้อ รวมทั้งหมด 30 ข้อ เพื่อนำไปใช้จริง องค์ประกอบละ 4 ข้อ รวมทั้งหมด 20 ข้อ

5) ศึกษาและสร้างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งสองฉบับ ตามกรอบการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่กำหนดไว้ ซึ่งมีรายละเอียดในการตรวจให้คะแนน ดังนี้

ตารางที่ 15 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1) การระบุข้อตกลงเบื้องต้น	
เกณฑ์	คะแนน
● ตอบได้ถูกต้อง 4 ข้อย่อย	3
● ตอบได้ถูกต้อง 3 ข้อย่อย	2
● ตอบได้ถูกต้อง 2 ข้อย่อย	1
● ตอบได้ถูกต้อง 1 ข้อย่อย ● ตอบไม่ถูกต้องทุกข้อย่อย	0

2) การอนุมาน	
เกณฑ์	คะแนน
● ตอบได้ถูกต้อง 4 ข้อย่อย	3
● ตอบได้ถูกต้อง 3 ข้อย่อย	2
● ตอบได้ถูกต้อง 2 ข้อย่อย	1
● ตอบได้ถูกต้อง 1 ข้อย่อย ● ตอบไม่ถูกต้องทุกข้อย่อย	0

3) การนิรนัย	
เกณฑ์	คะแนน
● ตอบได้ถูกต้อง 4 ข้อย่อย	3
● ตอบได้ถูกต้อง 3 ข้อย่อย	2
● ตอบได้ถูกต้อง 2 ข้อย่อย	1
● ตอบได้ถูกต้อง 1 ข้อย่อย ● ตอบไม่ถูกต้องทุกข้อย่อย	0

ตารางที่ 15 (ต่อ) เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

4) การประเมินข้อสรุป	
เกณฑ์	คะแนน
<ul style="list-style-type: none"> ● เลือกคำตอบที่ถูกต้องและแสดงเหตุผลของการเลือกคำตอบได้ถูกต้อง ทั้ง 2 ข้อย่อย 	3
<ul style="list-style-type: none"> ● เลือกคำตอบที่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อย่อย แต่แสดงเหตุผลของการเลือกคำตอบได้ถูกต้องเพียง 1 ข้อย่อย และอีก 1 ข้อย่อยแสดงเหตุผลของการเลือกตอบได้ไม่ครบถ้วน 	2
<ul style="list-style-type: none"> ● เลือกคำตอบที่ถูกต้องและแสดงเหตุผลของการเลือกคำตอบได้ถูกต้องเพียง 1 ข้อย่อย ● เลือกคำตอบที่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อย่อย แต่แสดงเหตุผลของการเลือกตอบได้ไม่ครบถ้วนทั้ง 2 ข้อย่อย 	1
<ul style="list-style-type: none"> ● เลือกคำตอบโดยไม่แสดงเหตุผลของการเลือกคำตอบทั้ง 2 ข้อย่อย ● ไม่เลือกคำตอบทั้ง 2 ข้อย่อย 	0

5) การตีความ	
เกณฑ์	คะแนน
<ul style="list-style-type: none"> ● เลือกคำตอบที่ถูกต้องและแสดงเหตุผลของการเลือกคำตอบได้ถูกต้อง ทั้ง 2 ข้อย่อย 	3
<ul style="list-style-type: none"> ● เลือกคำตอบที่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อย่อย แต่แสดงเหตุผลของการเลือกคำตอบได้ถูกต้องเพียง 1 ข้อย่อย และอีก 1 ข้อย่อยแสดงเหตุผลของการเลือกตอบได้ไม่ครบถ้วน 	2
<ul style="list-style-type: none"> ● เลือกคำตอบที่ถูกต้องและแสดงเหตุผลของการเลือกคำตอบได้ถูกต้องเพียง 1 ข้อย่อย ● เลือกคำตอบที่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อย่อย แต่แสดงเหตุผลของการเลือกตอบได้ไม่ครบถ้วนทั้ง 2 ข้อย่อย 	1
<ul style="list-style-type: none"> ● เลือกคำตอบโดยไม่แสดงเหตุผลของการเลือกคำตอบทั้ง 2 ข้อย่อย ● ไม่เลือกคำตอบทั้ง 2 ข้อย่อย 	0

ข้อสอบจำนวน 20 ข้อ ข้อละ 3 คะแนน รวมคะแนนเต็มทั้งฉบับ 60 คะแนน

6) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งสองฉบับที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบเพื่อพิจารณาความเหมาะสมในประเด็นต่างๆ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะ เช่น

6.1 ควรเปลี่ยนรูปแบบของคำถามให้ยากต่อการเดาคำตอบ เช่น การใช้รูปแบบปรนัย 4 ตัวเลือกที่มีข้อถูกมากกว่า 1 ข้อ หรือการเขียนอธิบายเหตุผลเพิ่มเติม

6.2 ควรเว้นช่องว่างที่ต้องการให้นักเรียนอธิบายเหตุผลของแต่ละข้อย่อยแยกออกจากกัน เพื่อให้นักเรียนไม่สับสนในการเขียน

6.3 ควรเขียนคำอธิบายในแต่ละองค์ประกอบว่า แต่ละองค์ประกอบมีวิธีการเลือกตอบอย่างไร

6.4 ควรเว้นช่องว่างระหว่างโจทย์กับตัวเลือกและระหว่างตัวเลือกแต่ละข้อให้เพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการอ่าน

6.5 ควรใช้กรอบในการแบ่งคำถามออกเป็นส่วนๆ เพื่อแบ่งขอบเขตของแต่ละข้อให้ชัดเจน

7) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งสองฉบับที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความตรงเชิงโครงสร้าง และความสอดคล้องกับกรอบการประเมินความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 5 องค์ประกอบ และความเหมาะสมด้านภาษาของข้อคำถามที่ใช้ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข จากการตรวจสอบของผู้ทรงคุณวุฒิ มีความเห็นให้ปรับปรุงและให้ข้อเสนอแนะ เช่น

7.1 การปรับปรุงความถูกต้องและความชัดเจนของภาษา

ข้อความเดิม “กราฟของฟังก์ชัน $g(x)$ เกิดจากการสะท้อนกราฟของฟังก์ชัน $f(x)$ ข้ามเส้นตรง $y = x$ ”

แก้ไขเป็น “กราฟของฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง $g(x)$ เกิดจากการสะท้อนกราฟของฟังก์ชัน $f(x)$ ข้ามเส้นตรง $y = x$ ”

ข้อความเดิม “ห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งคิดค่าจอดรถสำหรับผู้มาใช้บริการ โดยจอดฟรีสำหรับ 2 ชั่วโมงแรก ชั่วโมงต่อไปคิดชั่วโมงละ 20 บาท หลังจาก 6 ชั่วโมงจะคิดชั่วโมงละ 50 บาท จำนวนนาฬิกาที่เกินจะคิดเป็น 1 ชั่วโมงเต็ม”

แก้ไขเป็น “ห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งคิดค่าจอดรถสำหรับผู้มาใช้บริการ โดยจอดฟรีสำหรับ 2 ชั่วโมงแรก ชั่วโมงที่ 3 ถึงชั่วโมงที่ 6 คิดชั่วโมงละ 20 บาท หลังจากชั่วโมงที่ 6 เป็นต้นไป จะคิดชั่วโมงละ 50 บาท โดยจำนวนนาฬิกาที่เกินจะคิดเป็น 1 ชั่วโมงเต็ม”

ข้อความเดิม “กรวยกระดาศที่มีลักษณะแหลม น้ำจะเพิ่มระดับเร็วกว่ากรวยกระดาศที่มีลักษณะป้าน”

แก้ไขเป็น “กรวยกระดาศที่มียอดเป็นมุมแหลมจะมีระดับน้ำเพิ่มขึ้นเร็วกว่ากรวยกระดาศที่มียอดเป็นมุมป้าน”

ข้อความเดิม “พนักงานจะได้รับค่าตอบแทนเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีขีดจำกัด”

แก้ไขเป็น “ถ้าบริษัทสามารถผลิตสินค้าได้เพียงพอต่อการขายแล้วพนักงานจะได้รับค่าตอบแทนเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีขีดจำกัด”

7.2 การปรับปรุงความถูกต้องของเฉลย

ข้อความเดิม “ $\sqrt{3}$ และ $\sqrt{5}$ เป็นกรณฑ์อันดับสองเหมือนกัน”

แก้ไขเป็น “ $\sqrt{48} + \sqrt{27} - \sqrt{45}$ เท่ากับ $7\sqrt{3} - 3\sqrt{5}$ ซึ่ง $7\sqrt{3}$ และ $3\sqrt{5}$ เป็นจำนวนที่มีเครื่องหมายกรณฑ์อันดับเดียวกัน”

8) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับที่ผ่านการพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนสงวนหญิง ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดย

- แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน ผู้วิจัยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มที่ผ่านการเรียนเรื่องความสัมพันธ์และฟังก์ชันมาแล้ว

- แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน ผู้วิจัยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/5 จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มที่ผ่านการเรียนเรื่องฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึมมาแล้ว

จากนั้นนำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งสองฉบับมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แล้วนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยง (Reliability) โดยมีเกณฑ์ คือ มีค่าความเที่ยงตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป หาค่าความยาก (Difficulty) โดยมีเกณฑ์ คือ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 และหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นรายข้อ โดยมีเกณฑ์ คือ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป ซึ่งแต่ละข้อมีรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ 16 ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณก่อนเรียน ที่ใช้หาคุณภาพ

ข้อสอบ	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น		
1.1	0.40	0.62
1.2	0.33	0.38
1.3	0.52	0.29
1.4	0.36	0.24
1.5	0.50	0.33
1.6	0.45	0.24
2. การอนุมาน		
2.1	0.64	0.24
2.2	0.60	0.43
2.3	0.81	0.29
2.4	0.52	0.24
2.5	0.48	0.48
2.6	0.60	0.24

ตารางที่ 16 (ต่อ) ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมี
 วิเคราะห์ก่อนเรียน ที่ใช้หาคุณภาพ

ข้อสอบ	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
3. การนิรนัย		
3.1	0.55	0.43
3.2	0.81	0.19
3.3	0.67	0.57
3.4	0.52	0.19
3.5	0.57	0.57
3.6	0.40	0.33
4. การประเมินข้อสรุป		
4.1	0.33	0.29
4.2	0.38	0.38
4.3	0.10	0.10
4.4	0.07	0.05
4.5	0.64	0.24
4.6	0.43	0.38
5. การตีความ		
5.1	0.69	0.43
5.2	0.38	0.00
5.3	0.36	0.52
5.4	0.55	0.43
5.5	0.52	0.10
5.6	0.36	0.33

ตารางที่ 17 ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมี
 วิจัยรณญาณหลังเรียน ที่ใช้หาคุณภาพ

ข้อสอบ	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น		
1.1	0.24	0.19
1.2	0.29	0.29
1.3	0.40	0.33
1.4	0.19	0.19
1.5	0.69	0.24
1.6	0.38	0.29
2. การอนุมาน		
2.1	0.50	0.33
2.2	0.40	0.14
2.3	0.57	0.38
2.4	0.43	0.43
2.5	0.64	0.64
2.6	0.52	0.29
3. การนิรนัย		
3.1	0.29	0.29
3.2	0.38	0.29
3.3	0.43	0.19
3.4	0.55	0.55
3.5	0.33	0.33
3.6	0.43	0.29
4. การประเมินข้อสรุป		
4.1	0.33	0.24
4.2	0.38	0.43
4.3	0.10	0.24
4.4	0.07	0.19
4.5	0.64	0.05
4.6	0.43	0.24

ตารางที่ 17 (ต่อ) ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณหลังเรียน ที่ใช้หาคุณภาพ

ข้อสอบ	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
5. การตีความ		
5.1	0.69	0.29
5.2	0.38	0.24
5.3	0.36	0.33
5.4	0.55	0.05
5.5	0.52	0.29
5.6	0.36	0.10

9) เลือกข้อสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มี
 ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด องค์กรประกอบละ 4 ข้อ รวมทั้งฉบับ ฉบับละ
 20 ข้อ โดยเลือกให้ครอบคลุมเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งแต่ละฉบับมีรายละเอียดดังนี้

- แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน

- องค์กรประกอบการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ผู้วิจัยเลือกข้อ 1.1 1.2 1.3 และ
 1.5 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ และตัดข้อ 1.4 และ 1.6
 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกน้อยกว่าข้ออื่นๆ ในองค์กรประกอบเดียวกัน

- องค์กรประกอบการอนุมาน ผู้วิจัยเลือกข้อ 2.1 2.2 2.3 และ 2.5
 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ และตัดข้อ 2.4 และ 2.6 เนื่องจาก
 เป็นข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกน้อยกว่าข้ออื่นๆ ในองค์กรประกอบเดียวกัน

- องค์กรประกอบการนิรนัย ผู้วิจัยเลือกข้อ 3.1 3.3 3.5 และ 3.6 เนื่องจาก
 เป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ และตัดข้อ 3.2 และ 3.4 เนื่องจากเป็นข้อที่มี
 ค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์

- องค์กรประกอบการประเมินข้อสรุปผู้วิจัยเลือกข้อ 4.1 4.2 4.5 และ 4.6
 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ และตัดข้อ 4.3 และ 4.4 เนื่องจาก
 เป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์

- องค์กรประกอบการตีความผู้วิจัยเลือกข้อ 5.1 5.3 5.4 และ 5.6 เนื่องจาก
 เป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ และตัดข้อ 5.2 และ 5.5 เนื่องจากเป็นข้อที่มี
 ค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์

- แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณหลังเรียน

- องค์กรประกอบการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ผู้วิจัยเลือกข้อ 1.2 1.3 1.5 และ 1.6 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ และตัดข้อ 1.1 และ 1.4 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์

- องค์กรประกอบการอนุমান ผู้วิจัยเลือกข้อ 2.1 2.3 2.4 และ 2.5 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ และตัดข้อ 2.2 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์ และตัดข้อ 2.6 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกน้อยกว่าข้ออื่นๆ ในองค์กรประกอบเดียวกัน

- องค์กรประกอบการนิรนัย ผู้วิจัยเลือกข้อ 3.2 3.4 3.5 และ 3.6 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ และตัดข้อ 3.3 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์ และตัดข้อ 3.1 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกน้อยกว่าข้ออื่นๆ ในองค์กรประกอบเดียวกัน

- องค์กรประกอบการประเมินข้อสรุปผู้วิจัยเลือกข้อ 4.1 4.2 4.3 และ 4.6 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ และตัดข้อ 4.5 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์ และตัดข้อ 4.4 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์

- องค์กรประกอบการตีความผู้วิจัยเลือกข้อ 5.1 5.2 5.3 และ 5.5 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ และตัดข้อ 5.4 และ 5.6 เนื่องจากเป็นข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์

ตารางที่ 18 ค่าความเที่ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ใช้ในการทดลอง

คุณภาพแบบวัด	ฉบับก่อนการทดลอง	ฉบับหลังการทดลอง
ค่าความเที่ยง	.823	.781
ค่าความยาก (p)	0.33-0.80	0.21-0.69
ค่าอำนาจจำแนก (r)	0.24-0.62	0.24-0.64

10) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไปใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองสอนนักเรียนด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

5.1 ขั้นเตรียมการ

1) ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทาง ร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกตามรายวิชาเพิ่มเติมคณิตศาสตร์ เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม

2) ผู้วิจัยจัดเตรียมวีดิทัศน์ สื่อ อุปกรณ์ เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก

3) ผู้วิจัยนำวีดิทัศน์และเอกสารออนไลน์ที่ไปจัดเก็บไว้ในเว็บไซต์ เพื่อเผยแพร่ให้นักเรียนสามารถเข้าถึงได้ตามระยะเวลาที่กำหนด

4) ผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนสงวนหญิง สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดสุพรรณบุรี

5.2 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง

1) ผู้วิจัยชี้แจงเกี่ยวกับวิธีการตอบคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จากนั้นจึงให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณก่อนเรียน

2) ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตาม แนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชัน ลอการิทึม จำนวน 12 คาบ คาบละ 50 นาที สัปดาห์ละ 5 คาบ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โดยในแต่ละแผนจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการเรียนรู้ภายนอกห้องเรียนและส่วนการเรียนรู้ ภายในห้องเรียน มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ในส่วนการเรียนรู้ภายนอกห้องเรียน ผู้วิจัยเผยแพร่วีดิทัศน์และเอกสาร ออนไลน์แต่ละชุด เวลา 18.00 น. ในวันก่อนหน้าที่ต้องทำกิจกรรมในชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนเข้าไปดู วีดิทัศน์และตอบคำถาม โดยผู้วิจัยจะตรวจสอบการเข้ามาดูวีดิทัศน์ของนักเรียนทุกชั่วโมง และ ประเมินคำตอบของนักเรียนว่า นักเรียนสามารถนำความรู้จากวีดิทัศน์มาตอบคำถามได้ถูกต้องหรือไม่ โดยก่อนเข้าชั้นเรียนผู้วิจัยจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน แล้วสรุปข้อมูล ของนักเรียน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ดูวีดิทัศน์แล้วสามารถนำความรู้จากวีดิทัศน์มาตอบ คำถามได้ กลุ่มที่ดูวีดิทัศน์แล้วไม่สามารถนำความรู้จากวีดิทัศน์มาตอบคำถามได้ และกลุ่มที่คาดว่าเข้า มาตอบคำถามเพียงอย่างเดียวโดยไม่ได้ดูวีดิทัศน์

คำถาม การตอบกลับ 33

เอกสารประกอบการบรรยายในวิดีโอตอนที่ 8 เรื่อง สมการเอกซ์โพเนนเชียล

คำถาม
คำตอบ 33 ข้อ

คำตอบ	จำนวนคำตอบ	เปอร์เซ็นต์
1	21	63.6%
X+3=4	1	3%
X=1	2	6.1%
x = 1	1	3%
x=1	2	6.1%
{1}	3	9.1%
x+3=4	2	6.1%
เซตของ 1	1	3%

คำถาม
คำตอบ 33 ข้อ

ประเภทคำตอบ	เปอร์เซ็นต์
น้อยกว่า	15.2%
มากกว่า	84.8%

กิจกรรมท้ายวิดีโอ

คำถาม
คำตอบ 33 ข้อ

A=25 B=3 (4)

A=3*x B=5*x (2)

A=3*x
B=5*x

A=5ยกกำลังx , B=3ยกกำลังx

แทนAด้วย 3ยกกำลังx แทนด้วย5ยกกำลังx

กำหนดให้ A=3*x B=5*x
B=3 A=2

Aคือ5ยกกำลังx Bคือ3ยกกำลังx

a=25 b=3

Aกำลัง5 Bกำลัง3

A = 25 , B = 3

ภาพประกอบที่ 8 ผลการตอบคำถามในเอกสารออนไลน์ของนักเรียน

ประทับเวลา	เลขที่	คำตอบ	คำตอบ
8/15/2017 19:26:48	1		12 จริงเพราะตัวมันเองกำลัง 1 ก็ได้ตัวมันเอง
8/16/2017 7:41:40	2		2 ทุกจำนวน เพราะ 1ยกกำลัง1ก็ได้1,2ยกกำลัง1ก็ได้1
8/15/2017 19:07:36	3		2 ทุกจำนวน เพราะ เลขหลังlog กับเลขฐานlog ที่เป็นเลขตัวเดียวกันจะมีค่าเท่ากับ 1
8/15/2017 21:24:40	4		2 สำหรับทุกจำนวนจริง เพราะ $x^1 = x$
8/15/2017 19:46:27	5		2 สำหรับทุกจำนวนจริงX เพราะ ถ้าถูกกำหนดให้เป็นจำนวนจริงบวก จะให้ผลเป็นจำนวน
8/16/2017 0:24:48	6	log 144 ฐาน 12	ทุกจำนวน เพราะ log x ฐาน x = 1 มีค่าเท่ากับ $x = x^1$ ซึ่งจำนวนจริงใดๆ ยกกำลัง
8/15/2017 20:27:47	7	log144ฐาน12	ทุกจำนวน เพราะ ไม่ว่าxจะเป็นเลขใดก็ตามก็จะมีค่าเท่ากับ1
8/15/2017 21:38:15	8		2 จริง เพราะ จากสมมติ log a ฐานa=1
8/15/2017 21:12:19	10		2 เป็น เพราะ0กำลัง0 เท่ากับ 1
8/15/2017 20:23:42	12		2 จริง เพราะเมื่อเลขหลังลอการิทึมและฐานของลอการิทึมมีเลขเท่ากันจะมีค่าเท่ากับ
8/15/2017 19:24:46	13		2 เป็นทุกจำนวน
8/15/2017 19:45:04	14		2 เป็นทุกจำนวน
8/15/2017 21:15:53	15		2 เพราะ0กำลัง0เท่ากับ1
8/15/2017 22:29:17	16		1.2 จริง เพราะ 0 กำลัง 0 เท่ากับ 1
8/15/2017 20:57:58	17		4 ต้องเป็นจำนวนจริง เพราะเลขหลัง log เป็นค่าลบไม่ได้
8/15/2017 21:58:34	18		2.5 ่าเป็น
8/16/2017 8:04:13	19		2 จริง
8/15/2017 19:24:27	20		2 ไม่ เพราะ ฐานlog มากกว่า 0 ไม่เท่ากับ 1 หลังlog มากกว่า 0
8/15/2017 22:47:33	21		144 ใช่ เพราะ xยกกำลังx=1เสมอ
8/15/2017 22:13:41	22	log 144 ฐาน 12 = 12^2	จริง เพราะ ไม่ว่า ค่าx จะเป็นจำนวนเต็มลบ จำนวนเต็มบวก หรือว่า x จะเป็น0ก็ตาม
8/15/2017 19:28:28	23		2 เป็นทุกจำนวน
8/16/2017 8:04:51	24	log 144 ฐาน12	ทุกจำนวน เพราะ $x = x^1$
8/16/2017 7:47:48	25		5 จริง เพราะ x ยกกำลัง 1 จะเท่ากับ x
8/15/2017 19:59:40	26	log144ฐาน12	ทุกจำนวน เพราะ ถึงxจะเป็นเลขอะไรก็ตามจะมีค่าเท่ากับ1
8/15/2017 21:29:40	27		2 จริง เพราะ เช่น 6=6กำลัง1 เขียนในรูป log ได้ log 6 ฐาน 6 จะเท่ากับ1

ภาพประกอบที่ 9 ผลการตอบคำถามของนักเรียนจากโปรแกรมสำเร็จรูป

2.2 ในส่วนการเรียนรู้ภายในห้องเรียน ก่อนเริ่มทำกิจกรรมผู้วิจัยจะตั้งประเด็นเกี่ยวกับคำถามหลังดูวิดีโอทัศน์เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนทั้งชั้นเรียนร่วมกันอภิปราย โดยผู้วิจัยจะสังเกตและซักถามนักเรียนกลุ่มที่ดูวิดีโอทัศน์แล้วไม่สามารถนำความรู้จากวิดีโอทัศน์มาตอบคำถามได้ และกลุ่มที่คาดว่าเข้ามาตอบคำถามเพียงอย่างเดียวโดยไม่ได้ดูวิดีโอทัศน์ เพื่อวิเคราะห์ว่านักเรียนกลุ่มดังกล่าวมีความพื้นฐานที่เพียงพอต่อการทำกิจกรรมในชั้นเรียนหรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอผู้วิจัยจะบรรยายสรุปเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนสามารถทำกิจกรรมในห้องเรียนได้

3) เมื่อผู้วิจัยดำเนินการสอนตามเนื้อหาที่กำหนดไว้ในแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จนครบ 12 คาบ ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนและแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน

4) ผู้วิจัยนำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์ข้อมูล

5.3 ชั้นเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำผลการทดสอบจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลอง ที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t-paired Sample Test) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

2) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลอง ที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t-Paired Sample Test) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

7.1 สถิติที่ใช้หาคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีรายละเอียด ดังนี้

1) วิเคราะห์ค่าความเที่ยงของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้วิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) ดังนี้

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ α	แทน	ค่าความเที่ยงของแบบวัด
k	แทน	จำนวนข้อสอบของแบบวัด
S_i^2	แทน	ความแปรปรวนของแบบวัดแต่ละข้อ
S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของแบบวัดทั้งหมด

2) วิเคราะห์ค่าความยากของแบบวัดของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมี
 วิจารณ์ญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สูตร
 ของวิทนีและเซเบอร์ (Whitney and Sabers) ดังนี้

$$p = \frac{S_h + S_l - n_t x_{\min}}{n_t(x_{\max} - x_{\min})}$$

เมื่อ	p	แทน	ค่าความยาก
	S_h	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	S_l	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	x_{\max}	แทน	คะแนนสูงสุดที่ได้
	x_{\min}	แทน	คะแนนต่ำสุดที่ได้
	n_t	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำรวมกัน

3) วิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมี
 วิจารณ์ญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สูตร
 ของวิทนีและเซเบอร์ (Whitney and Sabers) ดังนี้

$$r = \frac{S_h - S_l}{n_h(x_{\max} - x_{\min})}$$

เมื่อ	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	S_h	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	S_l	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	x_{\max}	แทน	คะแนนสูงสุดที่ได้
	x_{\min}	แทน	คะแนนต่ำสุดที่ได้
	n_h	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูง

7.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน
 และการวิเคราะห์ค่าที (t-Paired Samples Test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5” มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ ซึ่งผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 48 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>p – value</i>
ก่อนเรียน	30	11.00	3.62	6.30*	.000
หลังเรียน	30	20.90	8.44		

* $p < .05$

จากตารางที่ 19 ผลปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกมีค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 11.00 และ 20.90 ตามลำดับ และจากการทดสอบค่าที (t-Paired Sample Test) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์ผลความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์รายด้านของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า

1.1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	n	\bar{x}	s	t	$p - value$
ก่อนเรียน	30	9.70	1.95	6.40*	.000
หลังเรียน	30	11.90	0.31		

* $p < .05$

1.2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการเลือกแผนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการเลือกแผนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	n	\bar{x}	s	t	$p - value$
ก่อนเรียน	30	1.30	2.18	5.69*	.001
หลังเรียน	30	6.17	4.40		

* $p < .05$

1.3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการดำเนินการตามแผนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการดำเนินการตามแผนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	n	\bar{x}	s	t	$p - value$
ก่อนเรียน	30	0.00	0.00	3.52*	.000
หลังเรียน	30	2.17	3.37		

* $p < .05$

1.4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการสะท้อนและขยายผลของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 23

ตารางที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการสะท้อนและขยายผลของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	n	\bar{x}	s	t	$p - value$
ก่อนเรียน	30	0.00	0.00	2.13*	.041
หลังเรียน	30	0.57	1.45		

* $p < .05$

จากตารางที่ 20-23 ผลปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกมีค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{x}) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละด้าน ดังนี้

- ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 9.70 และ 11.90 ตามลำดับ
- ความสามารถในการเลือกแผน มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 1.30 และ 6.17 ตามลำดับ
- ความสามารถในการดำเนินการตามแผน มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 0.00 และ 2.17 ตามลำดับ

- ความสามารถในการสะท้อนและขยายผล มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 0.00 และ 0.57 ตามลำดับ

จากการทดสอบค่าที (t-Paired Sample Test) พบว่า นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในทุกด้านหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 48 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	n	\bar{x}	s	t	$p - value$
หลังเรียน	30	20.90	8.44	-8.24*	.000

* $p < .05$

จากตารางที่ 24 ผลปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกมีค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{x}) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนเท่ากับ 20.90 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 43.5 และจากการทดสอบค่าที (t-Paired Sample Test) พบว่า นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนไม่สูงกว่าร้อยละ 70 (33.6 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์ผลความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์รายด้านของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า

2.1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 25

ตารางที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	n	\bar{x}	s	t	$p - value$
หลังเรียน	30	11.90	0.31	62.83*	.000

* $p < .05$

2.2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการเลือกแผนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 26

ตารางที่ 26 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการเลือกแผนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	n	\bar{x}	s	t	$p - value$
หลังเรียน	30	6.17	4.40	-2.78*	.009

* $p < .05$

2.3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการดำเนินการตามแผนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 27

ตารางที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการดำเนินการตามแผนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	n	\bar{x}	s	t	$p - value$
หลังเรียน	30	2.17	3.37	-10.12*	.000

* $p < .05$

2.4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการสะท้อนและขยายผลของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการสะท้อนและขยายผลของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	n	\bar{x}	s	t	$p - value$
หลังเรียน	30	0.57	1.45	-29.49*	.000

* $p < .05$

จากตารางที่ 25-28 ผลปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกมีค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{x}) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนในแต่ละด้าน ดังนี้

- ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา มีค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 11.90 คิดเป็นร้อยละ 99.17
- ความสามารถในการเลือกแผน มีค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 6.17 คิดเป็นร้อยละ 51.42
- ความสามารถในการดำเนินการตามแผน มีค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 2.17 คิดเป็นร้อยละ 18.08
- ความสามารถในการสะท้อนและขยายผล มีค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 0.57 คิดเป็นร้อยละ 4.75

จากการทดสอบค่าที (t-Paired Sample Test) พบว่า นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในด้านความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 70 (8.4 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในด้านความสามารถในการเลือกแผน ความสามารถในการดำเนินการตามแผน และความสามารถในการสะท้อนและขยายผลหลังเรียนไม่สูงกว่าร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 29

ตารางที่ 29 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>p</i> – value
ก่อนเรียน	30	18.70	4.22	4.06*	.000
หลังเรียน	30	26.10	10.07		

* $p < .05$

จากตารางที่ 29 ผลปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกมีค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 18.70 และ 26.10 ตามลำดับ และจากการทดสอบค่าที (t-Paired Sample Test) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์ผลความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณรายด้านของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า

3.1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 30

ตารางที่ 30 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>p</i> – <i>value</i>
ก่อนเรียน	30	5.00	1.89	6.77*	.000
หลังเรียน	30	7.77	1.85		

**p*<.05

3.2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการอนุมานของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 31

ตารางที่ 31 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการอนุมานของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>p</i> – <i>value</i>
ก่อนเรียน	30	5.20	1.61	6.35*	.000
หลังเรียน	30	8.07	1.55		

**p*<.05

3.3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการนิรนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 32

ตารางที่ 32 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการนิรนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>p</i> – <i>value</i>
ก่อนเรียน	30	3.30	1.24	2.21*	.035
หลังเรียน	30	4.40	2.63		

**p*<.05

3.4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการประเมินข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 33

ตารางที่ 33 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการประเมินข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>p – value</i>
ก่อนเรียน	30	2.57	1.65	0.31*	.761
หลังเรียน	30	2.73	3.17		

* $p < .05$

3.5 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการศึกษาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 34

ตารางที่ 34 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการศึกษาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>p – value</i>
ก่อนเรียน	30	2.63	1.47	1.09*	.285
หลังเรียน	30	3.13	2.74		

* $p < .05$

จากตารางที่ 30-34 ผลปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกมีค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{x}) ของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละด้าน ดังนี้

- การระบุข้อตกลงเบื้องต้น มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 5.00 และ 7.77 ตามลำดับ
- การอนุมาน มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 5.20 และ 8.07 ตามลำดับ
- การนิรนัย มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 3.30 และ 4.40 ตามลำดับ

- การประเมินข้อสรุป มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 2.57 และ 2.73

ตามลำดับ

- การตีความ มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 2.63 และ 3.13 ตามลำดับ

และจากการทดสอบค่าที (t-Paired Sample Test) พบว่า นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น การอนุมาน และการนิรนัยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในด้านการประเมินข้อสรุป และการตีความหลังเรียนไม่สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 35

ตารางที่ 35 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	n	\bar{x}	s	t	$p - value$
หลังเรียน	30	26.10	10.07	-8.65*	.000

* $p < .05$

จากตารางที่ 35 ผลปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกมีค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนเท่ากับ 26.10 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 43.5 และจากการทดสอบค่าที (t-Paired Sample Test) พบว่า นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนไม่สูงกว่าร้อยละ 70 (42 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์ผลความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณรายด้านของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า

4.1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 36

ตารางที่ 36 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	n	\bar{x}	s	t	$p - value$
หลังเรียน	30	7.77	1.85	-1.87*	.071

* $p < .05$

4.2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการอนุมานของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 37

ตารางที่ 37 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการอนุมานของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	n	\bar{x}	s	t	$p - value$
หลังเรียน	30	8.07	1.55	-1.18*	.249

* $p < .05$

4.3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการนิรนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 38

ตารางที่ 38 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการนิรนัย ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>p</i> – <i>value</i>
หลังเรียน	30	4.40	2.63	–8.32*	.000

**p*<.05

4.4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการประเมินข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 39

ตารางที่ 39 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการประเมินข้อสรุปของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>p</i> – <i>value</i>
หลังเรียน	30	2.73	3.17	–9.78*	.000

**p*<.05

4.5 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการตีความของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 40

ตารางที่ 40 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการตีความ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>p</i> – <i>value</i>
หลังเรียน	30	3.13	2.74	–10.53*	.000

**p*<.05

จากตารางที่ 36-40 ผลปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกมีค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนในแต่ละด้าน ดังนี้

- การระบุข้อตกลงเบื้องต้น มีค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 7.77 คิดเป็นร้อยละ 64.75
- การอนุมาน มีค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 8.07 คิดเป็นร้อยละ 67.25
- การนิรนัย มีค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 4.40 คิดเป็นร้อยละ 36.67
- การประเมินข้อสรุป มีค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 2.73 คิดเป็นร้อยละ 22.75
- การตีความ มีค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 3.13 คิดเป็นร้อยละ 26.08

และจากการทดสอบค่าที (t-Paired Sample Test) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในทุกด้านหลังเรียนไม่สูงกว่าร้อยละ 70 (8.4 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5” มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกในรายวิชาคณิตศาสตร์

2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกในรายวิชาคณิตศาสตร์เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

3. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกในรายวิชาคณิตศาสตร์

4. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกในรายวิชาคณิตศาสตร์เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดสุพรรณบุรี กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Selection) เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนสงวนหญิง สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดสุพรรณบุรี กระทรวงศึกษาธิการ เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ เปิดสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีห้องเรียนทั้งหมด 72 ห้องเรียน ผู้วิจัยดำเนินการทดลองกับนักเรียนห้อง ม.5/8 จำนวน 30 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิด ห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก โดยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดครอบคลุม เนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม มัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นเวลา 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 5 แผน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง เลขยกกำลัง จำนวน 3 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีค่าความยาก (P) อยู่ระหว่าง 0.21 – 0.46 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.39 – 0.73 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.708

2. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และฟังก์ชันลอการิทึม จำนวน 3 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีค่าความยาก (P) อยู่ระหว่าง 0.21 – 0.41 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.29 – 0.38 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.830

3. แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน จำนวน 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีค่าความยาก (P) อยู่ระหว่าง 0.33 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.24 – 0.62 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.823

4. แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และฟังก์ชันลอการิทึม จำนวน 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีค่าความยาก (P) อยู่ระหว่าง 0.21 – 0.69 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.24 – 0.64 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.781

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยตนเอง โดยก่อนสอนผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง เลขยกกำลัง และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน แล้วดำเนินการสอนนักเรียน ห้องทดลอง ม.5/8 โดยใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก เมื่อดำเนินการสอนครบตามแผนทุกแผนแล้ว ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากแบบวัดทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยโดยใช้การทดสอบที (t-test)

สรุปผลการทดลอง

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนไม่สูงกว่าร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนไม่สูงกว่าร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาผลของการวิจัย ร่วมกับงานวิจัยอื่นๆ และวิเคราะห์ประเด็นสำคัญที่น่าสนใจเพื่ออภิปรายผลตามสรุปผลการทดลองทั้ง 4 ข้อ ดังนี้

1. จากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อาจเนื่องมาจากหลายสาเหตุ ดังนี้

1.1 การให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาต่างๆ จากวิดีโอที่ค้นตามศักยภาพของในการเรียนรู้ของตนเอง จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการแก้สมการและการดำเนินการได้อย่างถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกทักษะจากการปฏิบัติตามขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูกำหนดไว้ โดยส่วนการเรียนรู้ภายนอกห้องเรียนเริ่มต้นจากการดูวิดีโอที่ครูเตรียมไว้ให้ในเว็บไซต์ ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับความรู้พื้นฐานต่างๆ ที่จำเป็นต่อการทำกิจกรรมในชั้นเรียน โดยในวิดีโอที่ค้นจะนำเสนอความรู้จากตัวอย่างที่ง่ายไปหาตัวอย่างที่มีความซับซ้อนอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจได้โดยง่าย หากนักเรียนยังไม่เข้าใจในช่วงใด นักเรียนสามารถย้อนกลับไปดูวิดีโอที่ค้นในช่วงนั้นได้หลายครั้งตามต้องการ ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาต่างๆ ตามศักยภาพในการเรียนรู้ของตนเอง ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาและขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับที่ เบิร์คแมนน์ และโจนาธาน (Bergmann

and Jonathan, 2012) กล่าวไว้ว่า นักเรียนแต่ละคนมีความเร็วในการเรียนรู้ไม่เท่ากัน ดังนั้น การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ควบคุมความเร็วในการบรรยายเนื้อหาด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนเข้าใจในมโนทัศน์หรือขั้นตอนต่างๆ ได้มากยิ่งขึ้น เช่น ในการเรียนรู้เกี่ยวกับการแก้สมการรากที่ n วิชาพีชคณิตจะนำเสนอการแก้สมการที่รูปแบบตั้งแต่ ตัวอย่างที่ 1 คือ $\sqrt{x+1} = 2$ ตัวอย่างที่ 2 คือ $\sqrt{x+1} = \frac{2}{3}x$ ตัวอย่างที่ 3 คือ $\sqrt{x+1} = \frac{x}{3} + 1$ ตัวอย่างที่ 4 คือ $\sqrt{x+1} = x + 1$ และตัวอย่างที่ 5 คือ $\sqrt{x+1} = \sqrt{3x+1} - 2$ จากนั้นเมื่อนักเรียนเข้ามาในชั้นเรียน นักเรียนจะนำความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการแก้สมการรากที่ n ที่ได้จากการดูวิดีโอมาใช้ในการทำกิจกรรมกลุ่ม โดยนักเรียนในแต่ละกลุ่มจะต้องช่วยกันแก้สมการรากที่ n ในรูปแบบต่างๆ ทั้งรูปแบบพื้นฐานและรูปแบบที่มีความซับซ้อน เช่น $\sqrt{2x-5} = 7$, $\sqrt{x-7} = \sqrt{x} - 1$ และ $\sqrt{1-x^2} = 1-x$ เป็นต้น ซึ่งการเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการแก้สมการ อย่างเป็นลำดับขั้นตอนนี้ จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการแก้สมการและการดำเนินการได้อย่างถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอัครแมน (Ackerman, 1988) พบว่า การฝึกทักษะจะต้องเป็นไปตามขั้นตอนตั้งแต่การเกิดความรู้ การฝึกอย่างเป็นขั้นตอน และความเป็นอัตโนมัติ ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้จะเกิดขึ้นซ้ำทุกครั้งที่เกิดทักษะในระดับที่สูงขึ้น

1.2 การให้นักเรียนได้ฝึกอภิปรายเพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ ในโจทย์ปัญหา จะช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหาได้ดียิ่งขึ้น ในส่วนการเรียนรู้ภายในห้องเรียน ก่อนการทำกิจกรรมกลุ่ม ครูตั้งประเด็นเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนพูดคุยเกี่ยวกับข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการทำความเข้าใจกับปัญหา จากนั้น ครูจะให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายกันภายในกลุ่มย่อยเกี่ยวกับโจทย์ปัญหา เช่น ในการทำกิจกรรมกลุ่มรูปแบบการอภิปรายในกลุ่มย่อย 6 คน เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ครูจะตั้งประเด็นเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนพูดคุยเกี่ยวกับฟังก์ชัน 2 ฟังก์ชัน คือ $n(t) = n_0 e^{rt}$ และ $A(t) = A_0 e^{-rt}$ ทั้งความหมายของตัวแปรแต่ละตัว ลักษณะของกราฟ โดเมน และเรนจ์ของฟังก์ชัน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เป็นฟังก์ชันลดและปรากฏการณ์ที่เป็นฟังก์ชันเพิ่ม จากนั้น ครูจะเริ่มให้นักเรียนทำความเข้าใจกับโจทย์ “นักวิจัยกลุ่มหนึ่งตรวจสอบอายุของซากฟอสซิลโบราณ โดยการตรวจสอบปริมาณของธาตุคาร์บอน-14 ที่มีครึ่งชีวิต 5,730 ปี ถ้าตัวอย่างซากฟอสซิลโบราณชิ้นนี้มีปริมาณคาร์บอน-14 อยู่ 200 กรัม แล้วค่าคงตัวของการสลายตัวเท่ากับเท่าไรและเมื่อเวลาผ่านไป 20,000 ปี จะมีปริมาณคาร์บอน-14 อยู่เท่าไร” แล้วอภิปรายกันในกลุ่มย่อยว่า โจทย์ข้อนี้เป็นฟังก์ชันเพิ่มหรือฟังก์ชันลด กราฟของสถานการณ์นี้เป็นอย่างไร และสิ่งอื่นๆ ที่สังเกตได้ หลังจากให้นักเรียนอภิปราย ครูจะถามนักเรียนในแต่ละกลุ่มเกี่ยวกับสิ่งที่ได้จากการอภิปราย กลุ่มส่วนใหญ่จะตอบว่า “เป็นฟังก์ชันลด”, “คาร์บอนจะลดลงเหลืออยู่ 100 กรัม เมื่อเวลาผ่านไป 5,730 ปี”, “กราฟจะเริ่มต้นที่ 200 กรัม เมื่อเวลา $t = 0$ ” ในขณะที่บางกลุ่มมองเห็นเพิ่มเติมว่า “ค่าคงตัวของการสลายจะขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ เมื่อธาตุเปลี่ยนไป ค่าคงตัวจะ

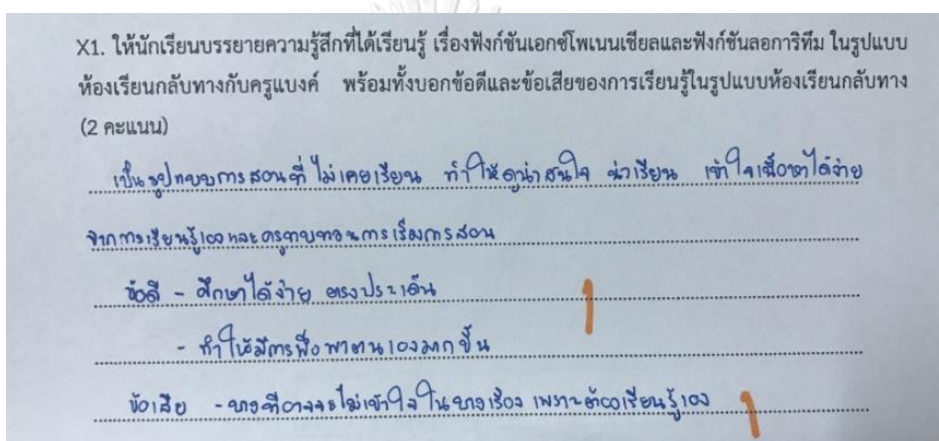
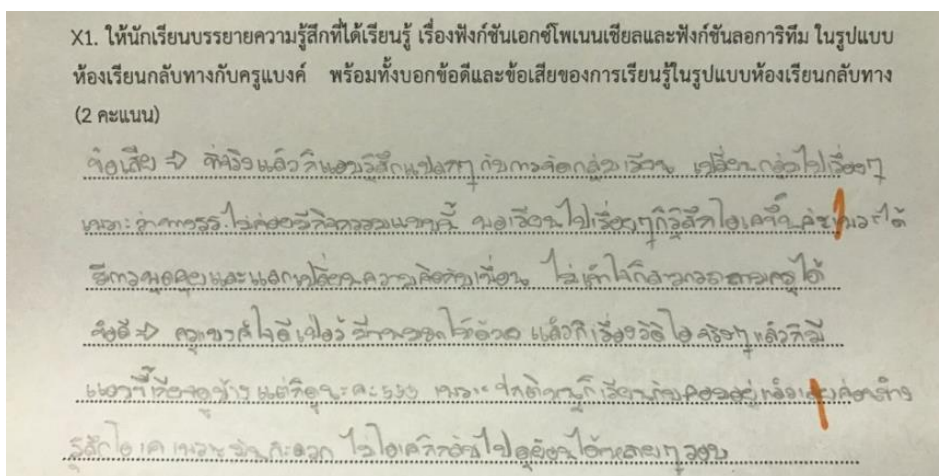
เปลี่ยนไปด้วย” ซึ่งการให้นักเรียนได้ฝึกพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ ในโจทย์ปัญหา จะช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหาได้ดียิ่งขึ้น

1.3 การให้นักเรียนได้ฝึกวางแผนและหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน กิจกรรมที่นักเรียนทำในชั้นเรียนแต่ละครั้งเป็นกิจกรรมที่ออกแบบให้นักเรียนได้อภิปรายเพื่อคิดหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเองก่อน โดยครูจะถามนักเรียนเกี่ยวกับเงื่อนไขและสิ่งที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา จากนั้น ครูจะเขียนสิ่งที่นักเรียนคิดว่าเป็นเงื่อนไขและสิ่งที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาไว้บนกระดาน รวมทั้งความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหา เช่น บทนิยาม ทฤษฎีบท สมบัติต่างๆ หรือตัวอย่างขั้นตอนการแก้ปัญหา ที่เพียงพอต่อการคิดหาวิธีการแก้ปัญหา เมื่อปล่อยให้เรียนอภิปรายกันสักระยะหนึ่ง ครูจะถามแนวทางในการแก้ปัญหา และเขียนไว้บนกระดานเพื่อเรียบเรียงความคิด ถ้านักเรียนทั้งห้องยังไม่สามารถคิดหาวิธีการที่จะนำไปสู่คำตอบของปัญหาได้ ครูจะแนะขั้นตอนในการแก้ปัญหาในบางขั้นตอน เพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพรวมของปัญหา และสามารถแยกปัญหาออกเป็นส่วนๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถลำดับวิธีการแก้ปัญหาก่อนหลังได้ เช่น ในการเรียนรู้เกี่ยวกับการแก้สมการลอการิทึม นักเรียนจะต้องหาวิธีการแก้สมการ $2 \log_4(4x + 24) + \log_2(8 - 4x - x^2) = 0$ ด้วยตนเอง โดยก่อนการทำกิจกรรมครูทบทวนวิธีการแก้สมการ $\log_2 x + \log_2(x - 3) = 2$ ซึ่งเป็นสมการที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว จากวิดีโอ จากนั้นครูจะเขียนสมบัติของลอการิทึมทั้งหมดบนกระดาน เพื่อให้นักเรียนใช้เป็นข้อมูลประกอบการอภิปราย เมื่อนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการแก้สมการเสร็จสิ้น ครูจะเขียนวิธีการของแต่ละกลุ่มด้วยภาษาที่นักเรียนนำเสนอบนกระดานทั้ง “เปลี่ยน $\frac{1}{4}$ ให้เป็น 2^{-2} ” “ใช้สมบัติ $\log_a m = \frac{1}{k} \log_a m^k$ ” “เอากำลึง -1 ไปไว้ข้างบนเลขหลังลอการิทึม” “รวบลอการิทึมฐาน 2 ให้เหลือตัวเดียว” “แก้สมการกำลังสองหาค่า x ” เป็นต้น จากนั้น ครูจึงปล่อยให้เรียนได้อภิปรายจากข้อมูลที่มีให้เพียงพอและดำเนินการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งการให้นักเรียนได้ฝึกวางแผนและหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของซอห์ลเบิร์กและแบร์รี่ (Sahlberg & Berry, 2002) พบว่าการเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อยและเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของตนเอง จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะในการแก้ปัญหา และสอดคล้องกับที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) นำเสนอว่า ในการสอนแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนเริ่มต้นคิดหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเองก่อน

1.4 การให้นักเรียนทำความเข้าใจในคำตอบที่ได้ จะทำให้นักเรียนสามารถพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบได้ หลังจากนักเรียนหาคำตอบจากการแก้ปัญหาได้แล้ว ครูจะใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ และขยายความคิดเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับคำตอบที่ได้ เช่น ในการทำกิจกรรมเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ฟังก์ชันลอการิทึม ครูจะให้นักเรียนได้

เรียนรู้เกี่ยวกับการนำลอการิทึมไปใช้ในการหาระดับความเข้มเสียงที่มีหน่วยเป็นเดซิเบล โดยครูจะอธิบายตัวแปรแต่ละตัวที่อยู่ในสูตร $\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$ จากนั้นจึงให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มโดยการคำนวณหาระดับความเข้มเสียงของสถานการณ์ต่างๆ เช่น เสียงพูดคุย (60 เดซิเบล) เสียงเครื่องดูดฝุ่น (70 เดซิเบล) และเสียงนกหวีด (80 เดซิเบล) แล้วให้นักเรียนหาความสัมพันธ์ของผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งส่วนใหญ่คำตอบจะไปในแนวทางเดียวกัน คือ “เมื่อทศนิยมของความเข้มเสียงลดลง 1 จุด ระดับความเข้มเสียงจะเพิ่มขึ้น 10” ครูจึงใช้คำถามเพื่อขยายความคิดว่า “นักเรียนคิดว่าเสียงของเครื่องดูดฝุ่น 1 เครื่อง จะมีความเข้มเท่ากับเสียงของคนพูดคุยกันกี่คน” นักเรียนส่วนใหญ่จะตอบว่า 10 คน ครูจึงถามต่อว่า “นักเรียนคิดว่าเสียงของนกหวีด 1 ตัว จะมีความเข้มเท่ากับเสียงของเครื่องดูดฝุ่นกี่เครื่อง” นักเรียนส่วนใหญ่จะตอบว่า 10 เครื่อง ครูจึงถามต่อว่า “งั้นนักเรียนคิดว่าของนกหวีด 1 ตัว จะมีความเข้มเท่ากับเสียงของคนพูดคุยกันกี่คน” นักเรียนบางคนตอบ 100 คน นักเรียนบางคนตอบ 20 คน ครูจึงให้นักเรียนคุยกันในกลุ่มย่อยกันอีกครั้งเพื่อหาคำตอบ สุดท้ายจึงได้ข้อสรุปของทั้งห้องว่าเป็น 100 คน จากนั้นครูจึงใช้คำถามต่อว่า “นักเรียนคิดว่าระดับความเข้มเสียงติดลบได้หรือไม่” นักเรียนส่วนใหญ่ตอบว่า “ไม่ได้” ครูจึงถามเหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงติดลบไม่ได้ นักเรียนทั้งห้องไม่สามารถให้เหตุผลได้ ครูจึงถามต่อว่า “นักเรียนคิดว่าความเข้มเสียงมีค่าน้อยกว่า I_0 ได้หรือไม่” นักเรียนส่วนใหญ่ตอบว่า “ไม่ได้” นักเรียนบางคนจึงอธิบายเพิ่มเติมว่า “ถ้าความเข้มเสียงมากกว่า I_0 ค่าของลอการิทึมก็จะมีค่าเป็นบวกเสมอ” ครูจึงอธิบายเพิ่มเติมว่า “ถึงแม้ว่าค่าของลอการิทึมจะติดลบได้ แต่ในกรณีนี้ เลขหลังลอการิทึมจะมีค่าน้อยที่สุดคือ 1 เมื่อความเข้มของเสียงมีค่าเท่ากับ I_0 ดังนั้น ระดับความเข้มเสียงจะมีค่าต่ำที่สุด คือ 0 เดซิเบล” ครูจึงสรุปว่าระดับความเข้มเสียงที่มีหน่วยเป็นเดซิเบลจะเพิ่มขึ้นแบบไม่เป็นเชิงเส้น เมื่อระดับความเข้มเสียงเปลี่ยนไป $10n$ เท่า แสดงว่าความเข้มเสียงจะเปลี่ยนไป 10^n เท่า ซึ่งการให้นักเรียนทำความเข้าใจในคำตอบที่ได้ จะทำให้นักเรียนสามารถพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ ซึ่งสอดคล้องกับที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) นำเสนอว่า ในการสอนแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนแก้ปัญหาโดยใช้การเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับแนวคิดของศาสตร์อื่นๆ เพื่อให้ให้นักเรียนเห็นภาพของการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์และเห็นคุณค่าของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

1.5 นักเรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์ผ่านการทำกิจกรรมที่แตกต่างจากที่เคยทำในชั้นเรียน โดยตัวอย่างความคิดเห็นของนักเรียนแสดงดังภาพประกอบที่ 10



ภาพประกอบที่ 10 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การเรียนรู้อัตนศาสตร์
ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก

จากการเขียนสะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การเรียนรู้อัตนศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกของนักเรียน พบว่า นักเรียนคิดว่าการเรียนรู้อัตนศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกเป็นกิจกรรมที่แปลกใหม่ น่าสนใจ ซึ่งนักเรียนไม่เคยทำกิจกรรมในรูปแบบนี้มาก่อนในชั้นเรียนปกติ นักเรียนจึงให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมทุกขั้นตอนทั้งส่วนการเรียนรู้ภายนอกห้องเรียน และส่วนการเรียนรู้ภายในห้องเรียน

จากขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ข้างต้น จะเห็นได้ว่านักเรียนได้ฝึกทำความเข้าใจปัญหา เลือกลงแผน ดำเนินการตามแผน สะท้อนและขยายผล ตาม 4 องค์ประกอบ ของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของครูลิกและรูดนิค (Kulik & Rudnick, 1998) ซึ่งอาจเป็นเหตุให้ นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสัญญา ภัทรากกร (2552) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลการจัดการ

เรียนรู้อย่างมีชีวิตชีวา (active learning) พบว่า การให้นักเรียนได้อภิปรายเกี่ยวกับวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

2. จากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนต่ำกว่าร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

โดยจากการพิจารณาคะแนนสอบของนักเรียน 30 คน พบว่า มีนักเรียน 11 คน เป็นนักเรียนกลุ่มคะแนนต่ำ โดยมีคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 35 ของคะแนนเต็ม (น้อยกว่า 16 คะแนน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน) และมีนักเรียนจำนวน 3 คน ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มคะแนนสูง โดยมีคะแนนมากกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม (มากกว่า 34 คะแนน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน) เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มคะแนนต่ำและกลุ่มคะแนนสูง พบประเด็นที่น่าจะเป็นเหตุให้ผลการทดลองไม่เป็นไปตามสมมติฐาน ดังนี้

2.1 นักเรียนไม่สามารถนำความรู้พื้นฐานในวิชาอื่นๆ เข้ามาช่วยวางแผนเพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยในการทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์เพื่อนำไปแก้ปัญหาในวิชาอื่นๆ นักเรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวิชานั้นๆ เพื่อทำความเข้าใจกับธรรมชาติของปรากฏการณ์ต่างๆ เช่น การใช้ฟังก์ชันลอการิทึมเพื่อหาค่า pH ของสารละลาย นักเรียนจะต้องรู้ว่าค่า pH ของสารละลายนั้นจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของประจุ H^+ ที่บ่งบอกถึงความเป็นกรดหรือความเข้มข้นของประจุ OH^- ที่บ่งบอกถึงความเป็นเบสที่มีอยู่ในสารละลาย โดยสารละลายที่มีค่า pH น้อยจะมีค่าความเป็นกรดมาก ส่วนสารละลายที่มีค่า pH มากจะมีค่าความเป็นเบสมาก หรือการใช้ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลเพื่อหาปริมาณของสารกัมมันตภาพรังสีที่เหลืออยู่เมื่อผ่านไประยะเวลาหนึ่ง นักเรียนจะต้องรู้ว่าเวลาครึ่งชีวิตของสารกัมมันตภาพรังสี หมายถึง เวลาที่สารกัมมันตภาพรังสีใช้เวลาในการสลายตัวเพื่อให้เหลือปริมาณเพียงครึ่งหนึ่งของปริมาณเริ่มต้น โดยสารแต่ละชนิดจะมีเวลาครึ่งชีวิตที่แตกต่างกัน ถ้ากำหนดให้สารกัมมันตภาพรังสีใช้เวลาในการสลายตัวเท่ากัน สารกัมมันตภาพรังสีที่มีเวลาครึ่งชีวิตมากกว่าจะมีปริมาณสารเหลืออยู่มากกว่า ความรู้พื้นฐานเหล่านี้จะเป็นสิ่งที่ช่วยให้นักเรียนเห็นภาพรวมของปัญหาชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังนั้น เมื่อนักเรียนมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับธรรมชาติของปรากฏการณ์ต่างๆ ตามเนื้อหาในวิดิทัศน์ไม่เพียงพอ จึงส่งผลให้การวางแผนเพื่อแก้ปัญหาเป็นไปอย่างคลุมเครือไม่ชัดเจน เช่น จากการสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการทำกิจกรรมการอภิปราย เรื่องการประยุกต์ใช้ฟังก์ชันลอการิทึมกับมลภาวะทางเสียง พบว่า นักเรียนในกลุ่มคะแนนต่ำไม่เข้าใจเกี่ยวกับ ระดับความเข้มเสียง ความเข้มเสียง ความเข้มเสียงที่ต่ำที่สุดที่มนุษย์ได้ยิน และความถี่ของเสียง เมื่อให้นักเรียนในกลุ่มนี้อภิปรายเกี่ยวกับขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา และการแปลความหมายของคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา นักเรียนกลุ่มนี้จะอธิบายได้เพียงขั้นตอนทางคณิตศาสตร์อย่างคร่าวๆ แต่ไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับความหมายและความสัมพันธ์ของตัวแปร

แต่ละตัวที่อยู่ในสูตรได้ ส่งผลให้นักเรียนในกลุ่มนี้วางแผนได้ไม่ชัดเจนเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการดำเนินการเพื่อแก้ปัญหา ในขณะที่นักเรียนในกลุ่มคะแนนสูง เป็นนักเรียนกลุ่มที่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี และมองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ในสูตร ทำให้สามารถวางแผนการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน จนนำไปสู่การดำเนินการเพื่อหาคำตอบ รวมถึงการแปลความหมายของคำตอบที่ได้เหมาะสม ดังนั้น ความรู้พื้นฐานในวิชาอื่นๆ จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการวางแผนเพื่อแก้ปัญหอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งสอดคล้องกับที่ ปรีชา เนาว่าเย็นผล (2537) ได้นำเสนอแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ว่า การใช้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะคล้ายกับปัญหาในชีวิตจริง นักเรียนจะต้องรู้จักเลือกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหามาพิจารณา เพื่อนำมาวางแผนและนำแผนที่ได้ไปปฏิบัติอย่างชัดเจนตามลำดับขั้นตอน

2.2 นักเรียนได้คะแนนจากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในระดับต่ำ เนื่องจากทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไม่ครบทุกองค์ประกอบ โดยมีนักเรียนที่ทำเฉพาะองค์ประกอบแรกของแต่ละข้อและไม่ทำองค์ประกอบอื่นๆ เลย ถึง 6 คน โดยในการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัด 3 ข้อ ข้อละ 16 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 48 คะแนน

จากการพิจารณาคะแนนของนักเรียนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนกลุ่มคะแนนต่ำ ทำแบบวัดได้เพียง ข้อละ 4 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนจากองค์ประกอบ ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา โดยนักเรียนสามารถระบุคำถามและข้อมูลที่จำเป็นต่อการคำนวณในโจทย์ได้ และสามารถจดจำสูตรที่ใช้ในการคำนวณได้ แต่ไม่สามารถวางแผนการแก้ปัญหาได้ เนื่องจากนักเรียนมองไม่เห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่โจทย์กำหนดให้ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ และไม่สามารถหาจุดเริ่มต้นของการแก้ปัญหา เมื่อโครงสร้างของโจทย์เปลี่ยนไปจากโจทย์ที่เคยทำในห้องเรียน จึงทำให้คะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มีค่าน้อยกว่าปกติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุระชัย วงศ์จันเสื่อ (2555) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด DAPIC และ CGI พบว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนอาศัยความรู้ที่นักเรียนมีเพื่อสร้างความสัมพันธ์ในปัญหา จะช่วยให้นักเรียนสามารถวางแผนการแก้ปัญหาจนนำไปสู่การหาคำตอบได้ด้วยตนเอง จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

3. จากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อาจเนื่องมาจากหลายสาเหตุ ดังนี้

3.1 การให้นักเรียนตอบคำถามระหว่างการดูวิดีโอและคำถามหลังจากดูวิดีโอจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการตีความและการนิรนัย นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกทักษะจากการปฏิบัติตามขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูกำหนดไว้ โดยส่วนการเรียนรู้ภายนอกห้องเรียนเริ่มต้นจากการดูวิดีโอที่ครูเตรียมไว้ให้ในเว็บไซต์ ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ต่างๆ ของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และฟังก์ชันลอการิทึมอย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่การแทนค่าลงในฟังก์ชัน การร่างกราฟตามค่าที่ได้ และการอธิบายลักษณะสำคัญของกราฟ จนนำไปสู่การสรุปโดเมนและเรนจ์ของฟังก์ชัน ซึ่งนักเรียนจะต้องตีความจากมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ เพื่อนำมาใช้ตอบคำถามประกอบการบรรยายซึ่งเป็นการถามเกี่ยวกับรายละเอียดของมโนทัศน์ หลังจากให้นักเรียนดูวิดีโอจนจบ นักเรียนจะต้องตอบคำถามหลังการบรรยายซึ่งเป็นการถามเกี่ยวกับความเข้าใจในมโนทัศน์ที่เรียนจบไป นักเรียนจะต้องประยุกต์ใช้ความรู้จากบทนิยาม ทฤษฎีบท หรือสมบัติต่างๆ ที่นักเรียนได้เรียนรู้จากวิดีโอในการตอบคำถามในแต่ละวัน โดยคำถามจะมีหลายลักษณะ เช่น “นักเรียนคิดว่าโดเมนและเรนจ์ของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึมมีความแตกต่างกันอย่างไร” “นักเรียนคิดว่า $\log_x x = 1$ สำหรับทุกจำนวนจริง x หรือไม่ เพราะเหตุใด” “นักเรียนเห็นด้วยกับคำกล่าวที่ว่าคำตอบของสมการลอการิทึมจะต้องมีค่าเป็นบวกเสมอ หรือไม่ เพราะเหตุใด” เป็นต้น ซึ่งการตอบคำถามระหว่างการดูวิดีโอและคำถามหลังจากการดูวิดีโอจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการตีความและการนิรนัย ซึ่งสอดคล้องกับที่ สุนทร สันธพานนท์ และคณะ (2555) กล่าวไว้ว่า การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ทำได้โดยการจัดกิจกรรมที่เน้นกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและตีความในสิ่งที่เรียน แล้วขยายผลของสิ่งที่คิดได้ไปปรับใช้กับสถานการณ์อื่นๆ

3.2 การให้นักเรียนรับฟังเหตุผลของคนอื่นในกลุ่มแล้วนำมาพิจารณาถึงความสมเหตุสมผล จะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการประเมินข้อสรุป เมื่อถึงเวลาเรียนในชั้นเรียนครูตั้งประเด็นเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับเนื้อหาในวิดีโอเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถามข้อสงสัย แล้วให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มเพื่อนำความรู้ที่ได้จากการดูวิดีโอมาใช้ เช่น ในการทำกิจกรรมรูปแบบ Jigsaw เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับการแปลงกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งนักเรียนจะได้ดูวิดีโอเรื่องกราฟ โดเมน และเรนจ์ของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $f(x) = a^x$ มาจากที่บ้านแล้วเมื่อเข้ามาในชั้นเรียน ครูจะถามเกี่ยวกับลักษณะของกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลทั้งที่เป็นฟังก์ชันเพิ่มและฟังก์ชันลด จุดตัดแกน Y โดเมน และเรนจ์ เพื่อให้แน่ใจว่านักเรียนมีความรู้ที่เพียงพอต่อการทำกิจกรรม จากนั้นจึงแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มเป็น 4 กลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับการแปลงกราฟ 4 รูปแบบ คือ การเลื่อนขึ้น การเลื่อนทางขวา การขยายตามแนวแกน Y และการสะท้อนที่มีแกน X เป็นเส้นสะท้อน โดยนักเรียนในแต่ละกลุ่มจะแทนค่า x เพื่อหาค่าของฟังก์ชันแล้ววาดกราฟออกมา จากนั้นนักเรียนจะต้องสังเกตลักษณะของกราฟที่เปลี่ยนไปเทียบกับกราฟของฟังก์ชัน $f(x) = 2^x$ โดยนักเรียนแต่ละคนในกลุ่มจะต้องร่วมกันสรุปลักษณะของกราฟที่ได้จากการสังเกต รวมถึงโดเมนและเรนจ์ที่เปลี่ยนไป โดยให้เหตุผลสนับสนุนความคิดของตนเอง

นักเรียนบางคนอาจจะเห็นต่างไป เช่น นักเรียนคนแรกเห็นว่า “โดเมนของฟังก์ชันของกราฟที่เกิดจากการเลื่อนกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลไปทางขวา จะมีโดเมนเป็น \mathbb{R} เหมือนเดิม เนื่องจากการเลื่อนไปทางขวาไม่ได้ส่งผลกับค่า x ที่แทนลงไป ยังคงแทน x ได้ทุกค่าเหมือนเดิม” แต่คนที่สองเห็นว่า “เมื่อกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลถูกเลื่อนไปทางขวา ช่วงของโดเมนก็จะเลื่อนไปทางขวาด้วย” นักเรียนคนแรกจึงแย้งว่า “ถึงจะเลื่อนไปทางขวา เมื่อแทนค่า x ลงไปกราฟก็วิ่งไปทางขวาเรื่อยๆ แล้วก็วิ่งไปทางซ้ายเรื่อยๆ อยู่ดี โดเมนก็เป็น \mathbb{R} เหมือนเดิม” จากนั้นนักเรียนในกลุ่มจึงสรุปว่า “โดเมนของฟังก์ชันของกราฟที่เกิดจากการเลื่อนกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลไปทางขวา จะเป็น \mathbb{R} เหมือนเดิม” ซึ่งการรับฟังเหตุผลของคนอื่นในกลุ่มแล้วนำมาพิจารณาถึงความสมเหตุสมผล จะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการประเมินข้อสรุป ซึ่งสอดคล้องกับที่ฮัลสเตด (Halsted, 1996) กล่าวไว้ว่า การสอนที่เน้นให้นักเรียนมีโอกาสสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดและได้ลงมือทำงานร่วมกันกับเพื่อนร่วมชั้น เป็นวิธีที่ช่วยเสริมสร้างความสามารถในการคิดเพื่อหาข้อสรุป และสอดคล้องกับที่พิชิต สนั่นเอื้อ (2542) กล่าวไว้ว่า เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรมที่เน้นให้มีการประมวลผลข้อมูล ความรู้ หรือข้อคิดเห็นต่างๆ มาใช้ในการพิจารณา ไตร่ตรอง และประเมินผล เพื่อตัดสินใจอย่างรอบคอบและสมเหตุสมผล จะส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้

3.3 การให้นักเรียนฝึกพิจารณาเงื่อนไขแวดล้อมต่างๆ และการคาดการณ์สิ่งที่เป็นไปได้ จะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการอนุมาน เมื่อนักเรียนได้ค้นพบข้อมูลต่างๆ จากการทำกิจกรรม นักเรียนจะต้องสรุปคำตอบที่เป็นไปได้ พร้อมทั้งให้เหตุผลสนับสนุนว่าเพราะเหตุใดคำตอบที่ได้จึงเป็นคำตอบที่สมเหตุสมผล เช่น ในการทำกิจกรรมรูปแบบเกม ซึ่งเงื่อนไขคือ นักเรียนจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน แล้วให้ทุกคนในกลุ่มช่วยกันแก้สมการจำนวน 48 สมการ โดยแต่ละสมการจะมีจำนวนคำตอบที่แตกต่างกัน เช่น $\sqrt{x+10} = x + 10$ เป็นสมการที่มี 2 คำตอบ $x + 1 - \sqrt{x+1} - 20 = 0$ เป็นสมการที่มี 1 คำตอบ หรือ $\sqrt{x} = 2 + 3\sqrt{x}$ เป็นสมการที่ไม่มีคำตอบ ซึ่งหลังจากที่นักเรียนยกกำลังสองทั้งสองข้าง หรือแทนค่าเป็นตัวแปรอื่นเพื่อแก้สมการ นักเรียนจะต้องพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของคำตอบด้วยว่า คำตอบที่ได้มานั้นเป็นคำตอบของสมการหรือไม่ เช่น $\sqrt{2x+3} = 4x$ เมื่อยกกำลังสองทั้งสองข้างแล้วแก้สมการกำลังสองออกมาจะได้คำตอบเป็น 0.5 และ -0.375 แต่เนื่องจาก $4x$ จะต้องมามีค่าเป็นบวกเสมอ ดังนั้น คำตอบที่เป็นไปได้ของสมการนี้คือ 0.5 ซึ่งการฝึกพิจารณาเงื่อนไขแวดล้อมต่างๆ และการคาดการณ์สิ่งที่เป็นไปได้จะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการอนุมาน

3.4 การให้นักเรียนฝึกคิดเงื่อนไขต่างๆ ที่เป็นไปได้เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ตามที่ต้องการจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการระบุข้อตกลงเบื้องต้น หลังจากทำกิจกรรมกลุ่มในห้องเรียนเสร็จสิ้นครูจะให้นักเรียนนำเสนอความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม โดยครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ เช่น ในการทำกิจกรรมรูปแบบ Think Pair Share เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับฟังก์ชันลอการิทึม นักเรียนจะต้อง

อภิปรายกันว่า ค่าของ $\log_a x$ เป็นบวกเมื่อใด นักเรียนบางกลุ่มตอบว่า จะมีค่าเป็นบวกเมื่อ x มีค่ามากกว่า 1 เพราะกราฟของลอการิทึมอยู่เหนือแกน X เมื่อ x มีค่ามากกว่า 1 ครูจึงถามต่อว่ามีใครเห็นด้วยบ้าง เมื่อนักเรียนในห้องยกมือ ครูจึงถามต่อว่า กราฟของฟังก์ชันลอการิทึมมีกี่แบบ นักเรียนจึงตอบว่า 2 แบบ ปรากฏว่ามีนักเรียนบางกลุ่มเริ่มนึกออกกว่า ค่าของ $\log_a x$ มีค่าเป็นบวก เมื่อ $0 < x < 1$ ได้เหมือนกันเมื่อ $\log_a x$ เป็นฟังก์ชันลด ซึ่งฝึกคิดเงื่อนไขต่างๆ ที่เป็นไปได้เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ตามที่ต้องการจะช่วยให้ นักเรียนได้ฝึกการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

จากขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ข้างต้น จะเห็นได้ว่านักเรียนได้ฝึกตีความนิรนัย ประเมินข้อสรุป อนุมาน ระบุข้อตกลงเบื้องต้น ตาม 5 องค์ประกอบ ของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ วัตสันและเกลเซอร์ (Watson and Glaser, 2002) ซึ่งอาจเป็นเหตุให้ นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทาง ร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพีชานิก้า เพชรสังข์ (2556) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 5E ร่วมกับคำถามปลายเปิด พบว่า การให้นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมร่วมกัน เพื่อให้นักเรียนได้คิด ไตร่ตรอง อภิปราย เพื่อสรุปองค์ความรู้ร่วมกันกับผู้อื่นจะช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

4. จากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทาง ร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนต่ำกว่าร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

โดยจากการพิจารณาคะแนนสอบของนักเรียน 30 คน พบว่า มีนักเรียน 11 คน เป็นนักเรียนกลุ่มคะแนนต่ำ โดยมีคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 35 ของคะแนนเต็ม (น้อยกว่า 21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน) และมีนักเรียนจำนวน 4 คน ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มคะแนนสูง โดยมีคะแนนมากกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม (มากกว่า 42 คะแนน จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน) เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มคะแนนต่ำและกลุ่มคะแนนสูง พบประเด็นที่น่าจะเป็นเหตุให้ผลการทดลองไม่เป็นไปตามสมมติฐาน ดังนี้

4.1 นักเรียนมีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ไม่เพียงพอต่อการศึกษด้วยตนเองในการดูวิดีโอ โดยในการดูวิดีอนั้น นักเรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐานที่จำเป็น เช่น บทนิยาม ทฤษฎีบท หรือความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนวิธีต่างๆ เพื่อใช้ในการนิรนัยและการตีความเนื้อหาในวิดีโอที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ ดังนั้น เมื่อนักเรียนมีความรู้พื้นฐานไม่เพียงพอต่อศึกษาเนื้อหาในวิดีโอด้วยตนเอง อาจจะทำให้ นักเรียนนิรนัยเพื่อหาข้อสรุปหรือตีความเนื้อหาในวิดีโอได้ไม่สมบูรณ์ เช่น จากการสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการดูวิดีโอเรื่องการแก้สมการเอกซ์โพเนนเชียล พบว่า นักเรียนกลุ่มคะแนนต่ำ ไม่เข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการแยกตัวประกอบของพหุนามกำลังสองและขั้นตอนการแก้สมการกำลังสอง ซึ่งความรู้นี้เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาเรื่อง จำนวนจริง ในรายวิชาพื้นฐาน

คณิตศาสตร์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 จึงทำให้นักเรียนไม่เข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการแก้สมการเอกซ์โพเนนเชียลในบางขั้นตอนที่จำเป็นต้องใช้ความรู้ดังกล่าว นักเรียนจึงสามารถบอกขั้นตอนการแก้สมการเอกซ์โพเนนเชียลได้อย่างคร่าวๆ เท่านั้น เช่น การแทนค่าเป็นตัวแปรอื่น การแยกเป็นสองวงเล็บ การสลับเครื่องหมายเพื่อหาคำตอบ การแทนค่ากลับเข้าไปในตัวแปร การตรวจสอบคำตอบ เป็นต้น ส่งผลให้นักเรียนในกลุ่มนี้ตีความเกี่ยวกับความเป็นเหตุเป็นผลของขั้นตอนต่างๆ ได้ไม่เต็มที่ และใช้การจดจำขั้นตอนต่างๆ แทน ในขณะที่นักเรียนในกลุ่มคะแนนสูง พบว่า เป็นนักเรียนกลุ่มที่มีความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการแยกตัวประกอบของพหุนามกำลังสองและขั้นตอนการแก้สมการกำลังสองเป็นอย่างดี เมื่อผู้วิจัยถามเกี่ยวกับขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้ในการแก้สมการเอกซ์โพเนนเชียลในวิดิทัศน์ นักเรียนกลุ่มนี้สามารถตีความเกี่ยวกับความเป็นเหตุเป็นผลที่ใช้ในขั้นตอนต่างๆ ได้ ดังนั้น ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต่อการศึกษาด้วยตนเองในการดูวิดิทัศน์ จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการตีความเนื้อหาในวิดิทัศน์ ซึ่งสอดคล้องกับที่อัมพร ม้าคนอง (2553) กล่าวไว้ว่า คุณภาพของการคิดของมนุษย์ขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการคิดได้หรือการคิดไม่ได้ นั้นมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ ความรู้เกี่ยวกับสิ่งที่คิด กระบวนการพื้นฐานของการคิด ความตระหนักรู้ในการคิด และเจตคติต่อการคิด เมื่อครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการคิด ครูจะต้องมั่นใจว่านักเรียนมีความรู้พื้นฐานเพียงพอที่จะสามารถนำไปใช้ได้

4.2 นักเรียนไม่ได้ฝึกคิดเพื่ออภิปรายกลุ่มย่อย เนื่องจากนักเรียนมีบทบาทในการอภิปรายเป็นเพียงผู้รับฟังความคิดเห็น โดยในการทำกิจกรรมในกลุ่มย่อยนั้น นักเรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐานจากการดูวิดิทัศน์เพื่อใช้ในการอภิปรายร่วมกับเพื่อนภายในกลุ่ม ซึ่งนักเรียนแต่ละคนในกลุ่มจะมีบทบาทในการนำเสนอความคิดเห็น ให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนความคิดเห็นของตนเอง ให้เหตุผลเพื่อคัดค้านความคิดเห็นของผู้อื่น และหาข้อสรุปองค์ความรู้ร่วมกัน ดังนั้น เมื่อนักเรียนมีพื้นฐานความรู้จากการดูวิดิทัศน์ไม่เพียงพอ จึงทำให้ร่วมอภิปรายกับเพื่อนภายในกลุ่มได้ไม่เต็มที่ นักเรียนกลุ่มนี้จึงมีบทบาทในการอภิปรายเป็นเพียงผู้รับฟังและเห็นด้วยกับข้อสรุปของคนอื่นๆ ภายในกลุ่ม โดยไม่มีเหตุผลสนับสนุนหรือเหตุผลโต้แย้ง ที่มาจากการคิดหรือการไตร่ตรองด้วยตนเอง เช่น จากการสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการทำกิจกรรม Think Pair Share เรื่องฟังก์ชันลอการิทึม พบว่า นักเรียนกลุ่มคะแนนต่ำ ไม่เข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ของฟังก์ชันลอการิทึม ทั้งลักษณะของโดเมน เรนจ์ และกราฟของฟังก์ชันลอการิทึม เนื่องจากนักเรียนยังสับสนเกี่ยวกับมโนทัศน์ของโดเมน เรนจ์ และอินเวอร์สของฟังก์ชัน เมื่อให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับมโนทัศน์ต่างๆ ที่ต่อยอดความรู้จากการดูวิดิทัศน์ นักเรียนกลุ่มนี้จึงมีบทบาทในการทำกิจกรรมเป็นเพียงผู้ฟังการอธิบายจากเพื่อนร่วมกลุ่ม ส่งผลให้นักเรียนในกลุ่มนี้ ไม่ค่อยได้แสดงความคิดเห็นและให้เหตุผลสนับสนุนหรือคัดค้านมากนัก ในขณะที่นักเรียนกลุ่มคะแนนสูง พบว่า เป็นนักเรียนกลุ่มที่เป็นผู้นำการอภิปราย เป็นผู้นำเสนอความคิดเห็นและให้เหตุผลสนับสนุนความคิดของตนเองต่อเพื่อนร่วมกลุ่ม รวมถึงการตอบคำถามต่างๆ เพื่อสรุปมโนทัศน์ของฟังก์ชันลอการิทึม ดังนั้น การคิดเพื่ออภิปรายกลุ่มย่อย จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ

เชิดศักดิ์ ภัคดีโรจน์ (2556) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลการจัดการเรียนรู้เชิงรุก พบว่า การอภิปรายกลุ่มย่อยเพื่อให้นักเรียนได้คิดหาคำตอบของปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนด้วยตนเอง โดยที่ครูทำหน้าที่แนะนำ ส่งเสริม และกระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดการคิดและตัดสินใจ จะช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

4.3 นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ที่ได้จากการดูวิดีโอทัศนมาใช้ในการทำกิจกรรมในห้องเรียน เนื่องจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียนนั้นเป็นการนำความรู้ที่ได้จากการดูวิดีโอทัศนมาขยายเพิ่มเติมเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ ความรู้ที่ได้จากการดูวิดีโอทัศนจึงเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการเรียนรู้ในชั้นเรียน วิทัศน์ที่ให้นักเรียนดูก่อนเข้าชั้นเรียนบางเรื่องเป็นเนื้อหาใหม่ที่นักเรียนไม่เคยเรียนมาก่อน จึงอาจทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดีไม่เพียงพอที่จะนำมาขยายในชั้นเรียน ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ไม่ครบถ้วนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่วางไว้

4.4 นักเรียนไม่คุ้นเคยกับรูปแบบของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยในการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดที่มี 2 ส่วน คือส่วนที่ 1 ที่มีรูปแบบปรนัย 4 ตัวเลือกที่มีข้อถูกมากกว่า 1 ข้อ และส่วนที่ 2 ที่มีรูปแบบอัตนัยที่แต่ละข้อมี 2 ข้อย่อย

จากการสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการทำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่า นักเรียนทั้งกลุ่มคะแนนต่ำและกลุ่มคะแนนสูงทำแบบวัดไม่ทันทั้งสองกลุ่ม โดยให้เหตุผลว่าไม่คุ้นเคยกับการตอบคำถามของแบบวัดในครั้งแรก ซึ่งมีข้อถูกมากกว่า 1 ข้อ จึงทำให้นักเรียนทำข้อสอบในส่วนนี้อย่างระมัดระวัง ส่งผลให้นักเรียนใช้เวลาในการทำแบบวัดในแต่ละข้อมากจนเกินไป จึงทำให้คะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าน้อยกว่าปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถึงแม้ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกจะมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แต่ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาดีขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากการเปรียบเทียบคะแนนจากการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนสอบเฉลี่ยร้อยละ 35 โดยนักเรียนที่มีคะแนนสูงสุดได้คะแนนร้อยละ 62.5 และนักเรียนที่มีคะแนนต่ำสุดได้คะแนนร้อยละ 10.5 ในขณะที่หลังเรียนนักเรียนมีคะแนนสอบเฉลี่ยร้อยละ 62.7 โดยนักเรียนที่มีคะแนนสูงสุดได้คะแนนร้อยละ 97.5 และนักเรียนที่มีคะแนนต่ำสุดได้คะแนนร้อยละ 27.5 ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่าอาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก เน้นให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาวิชาตามศักยภาพการเรียนรู้ของตนเอง นักเรียนสามารถย้อนกลับไปดูวิดีโอทัศนเพื่อทบทวนเนื้อหาได้หลายครั้งตามต้องการ และเมื่อนักเรียนเข้ามาทำกิจกรรมในชั้นเรียนครู

ได้ตั้งประเด็นคำถามและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายประเด็นต่างๆ กับเพื่อนร่วมชั้น เพื่อให้ นักเรียนเข้าใจเนื้อหามากยิ่งขึ้น จึงเป็นผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1.1 วิธีทัศน์ที่ครูเตรียมมาให้แก่นักเรียนที่บ้านนั้นควรจะเหมาะสมกับความรู้พื้นฐานเดิมของ นักเรียน เนื่องจาก นักเรียนจะต้องเรียนรู้เนื้อหาต่างๆ ด้วยตนเองโดยปราศจากการซักถามข้อสงสัย ดังนั้น ถ้าวิธีทัศน์ที่ครูเตรียมมาให้แก่นักเรียนไม่เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน อาจจะทำให้ นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่ครูนำเสนอได้ไม่ครบถ้วน และอาจทำให้เกิดความเบื่อหน่ายในการดูวิดีโอทัศน์ โดยในช่วงแรกของการนำแนวคิดห้องเรียนกลับทางไปใช้ ครูควรสำรวจความรู้พื้นฐานเดิมของ นักเรียนว่า นักเรียนมีความรู้พื้นฐานเพียงพอหรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอครูอาจจะต้องหาวิธีทัศน์อื่นๆ มา เสริมเพื่อให้มีความรู้พื้นฐานที่เพียงพอ หรือครูอาจจะตัดทอนบางเนื้อหาในวิธีทัศน์ที่ยากเกินไปแล้ว นำมาขยายความคิดของนักเรียนในห้องแทน

1.2 เอกสารแนะแนวทางที่ใช้ประกอบการดูวิดีโอทัศน์จะเป็นตัวช่วยหนึ่งในนักเรียนดูวิดีโออย่าง มีเป้าหมาย ปัญหาหนึ่งที่ผู้วิจัยค้นพบก็คือ นักเรียนจะดูวิดีโอทัศน์ให้จบรวดเดียวโดยไม่ได้คำนึงว่า วิธีทัศน์ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้อะไร ดังนั้น การใช้เอกสารแนะแนวทางที่มีคำถามให้นักเรียน ตอบเป็นระยะๆ ตลอดการดูวิดีโอทัศน์จะเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนรู้ว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไร และยังมีเนื้อหาส่วนไหนที่นักเรียนยังไม่เข้าใจ ทำให้นักเรียนดูวิดีโอทัศน์อย่างมีเป้าหมาย ไม่ใช่ การดูไปเรื่อยๆ ให้จบไปในแต่ละครั้ง

1.3 กิจกรรมในห้องเรียนที่มีความหลากหลายจะช่วยสร้างความสนใจของนักเรียน ครูควรคิด กิจกรรมในห้องเรียนให้มีความหลากหลายและท้าทายความสามารถของนักเรียน เนื่องจาก เมื่อนักเรียนจะไม่สามารถคาดเดาได้ว่า กิจกรรมในชั้นเรียนคาบต่อไปจะมีลักษณะเป็นเช่นไร นักเรียนจะ สนใจกลับไปดูวิดีโอทัศน์ที่บ้านก่อนมาเรียนในชั้นเรียนคาบต่อไป เพื่อไม่ให้เป็นตัวว่างของกลุ่มและเป็น ส่วนหนึ่งในการบรรลุเป้าหมายของกิจกรรมในชั้นเรียน

1.4 หลังจากทำกิจกรรมครูควรสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมและองค์ความรู้ที่ได้จาก การดูวิดีโอทัศน์ให้เห็นความสัมพันธ์กัน เนื่องจากในการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดห้องเรียนกลับทางทั้งการดู วิดีทัศน์และการทำกิจกรรมในชั้นเรียนเป็นสิ่งที่มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกัน ครูจึงควรสรุปองค์ความรู้ ทั้งสองส่วนให้มีความสัมพันธ์กัน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับวิธีทัศน์ที่เหมาะสมกับกิจกรรมที่มีความหลากหลายในชั้นเรียน เนื่องจากบทบาทของวิธีทัศน์ที่ใช้ห้องเรียนกลับทางนั้นมีอยู่อย่างหลากหลาย ทั้งทำหน้าที่เป็นบทนำ เพื่อสร้างความสนใจของนักเรียน ทำหน้าที่นำเสนอเนื้อหาพื้นฐานเพื่อเตรียมความพร้อมในการทำกิจกรรม หรือทำหน้าที่นำเสนอเนื้อหาใหม่เพื่อนำมาใช้ต่อยอดความคิดให้มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ดังนั้น ความสอดคล้องกันของวิธีทัศน์กับกิจกรรมในห้องเรียนจึงเป็นสิ่งที่ต้องตั้งคำถามต่อไปว่า วิธีทัศน์แต่ละแบบ เหมาะสมกับกิจกรรมแบบใด เนื้อหาแบบใด รวมถึงระยะเวลาและรูปแบบของวิธีทัศน์ที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้สูงสุด



รายการอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

เกรียงไกร สุกุลประเสริฐศรี. (2557). ผลของการสอนภาษาอังกฤษโดยใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านที่มีต่อความสามารถในการพูดภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารและแรงจูงใจในการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท) สาขาวิชาการสอนภาษาอังกฤษเป็นภาษาต่างประเทศ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เชิดศักดิ์ ภักดีวิโรจน์. (2556). ผลของการจัดการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความเชื่อมั่นในตนเอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต) สาขาวิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย. 5(1), 7-20.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2553). Active Learning. ข่าวสารวิชาการ หน่วยส่งเสริมและพัฒนาวิชาการ งานบริการการศึกษา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ทิตินา แคมมณี และคณะ. (2544). วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

ทิตินา แคมมณี. (2557). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2537). การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์. ประมวลชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางคณิตศาสตร์ หน่วยที่ 12-15 สาขาวิชาศึกษาศาสตร์: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พิชิต สนั่นเอื้อ. (2542). ผลของการฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณแบบสอดแทรกในวิชาที่สอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท) สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พีชานิกา เพชรสังข์. (2556). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 5E ร่วมกับคำถามปลายเปิดที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท) สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- วิจารณ์ พานิช. (2556). *การสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: ส เจริญ การพิมพ์ จำกัด.
- _____. (2556). *ครูเพื่อศิษย์ สร้างห้องเรียนกลับทาง*. กรุงเทพฯ: เอส.อาร์.พรินติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด.
- ศักดิ์ดา ไชกิจปัญญา. (2548). *เรียนอย่างไรให้ Active Learning*. วารสารนวัตกรรมการเรียนการสอน. 2(2): 12-15.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: 3-คิว มีเดีย จำกัด.
- _____. (2555). *การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- _____. (2557). *การติดตามผลการจัดการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของครูชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. สืบค้นเมื่อ 28 พฤศจิกายน 2559, จาก <http://research.ipst.ac.th/results/projects/ipst>.
- _____. (2559). *สรุปผลการวิจัย PISA 2015*. สืบค้นเมื่อ 14 ธันวาคม 2559, จาก <http://pisathailand.ipst.ac.th/pisa/reports/pisa2015summaryreport>.
- สถาพร พงษ์พิบูล. (2555). *คุณภาพผู้เรียน.....เกิดจากกระบวนการเรียนรู้*. วารสารการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สัญญา ภัทรากร. (2552). *ผลของการจัดการเรียนรู้อย่างมีชีวิตชีวาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. (ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต) สาขาวิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สิริภักดิ์ ศิริโท. (2558). *การคิดวิจารณ์: มุมมองการศึกษาและการบริหารจัดการ*. ศาสตร์การคิด รวมบทความเรื่องการคิดและการสอนคิด. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
- สุคนธ์ สิ้นธพานนท์ และคณะ. (2555). *พัฒนาทักษะการคิดตามแนวปฏิรูปการศึกษา*. กรุงเทพฯ: เทคนิคพรินติ้ง.
- สุรัชย์ วงศ์จันเสื่อ. (2555). *การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด DAPIC และ CGI ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต) สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2558). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัย ฉบับราชบัณฑิตยสภา*. สำนักงานราชบัณฑิตยสภา.

สำนักนายกรัฐมนตรี. (2560). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560-2564.*

อัมพร ม้าคนอง. (2553). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2557). *คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Ackerman, P. L., (1988). *Determinants of individual differences during skill acquisition: Cognitive abilities and information processing.* Journal of Experimental Psychology: General, 117, 288-318.

Ash, K., (2012). *Educators Evaluate 'Flipped Classrooms' Benefits and drawbacks seen in replacing lectures with on-demand video.* สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2559, จาก <http://www.edweek.org/ew/articles/2012/08/29/02el-flipped.h32.html>.

Bennett, B., Kern, J., Gudenrath, A., McIntosh, P., (2012). *The Flipped Class What Does a Good One Look Like?.* สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2559, จาก <http://www.thedailyriff.com/articles/the-flipped-class-what-does-a-good-one-look-like-692.php>.

Bergmann J., Overmyer, J. and Wilie, B. (2011). *The Flipped Class: What it is and What it is Not.* สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2559, จาก <http://www.thedailyriff.com/articles/the-flipped-class-conversation-689.php>.

Bergmann, J., Sams, A., (2012). *Flip Your Classroom Reach Every Student in Every Class Every Day.* International Society for Technology in Education.

Bishop, J.L., Verleger, M.A., (2013). *The Flipped Classroom: A Survey of the Research.* American Society for Engineering Education.

Bonwell, C.C., Eison J.A., (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom.* ASHEERIC Higher Education Report No. 1. George Washington University, Washington, DC.

Gerstein, J., (2011). *The Flipped Classroom Model: A Full Picture.* สืบค้นเมื่อ 18 กรกฎาคม 2559, จาก <https://usergeneratededucation.wordpress.com/2011/06/13/the-flipped-classroom-model-a-full-picture/>

Halsted, S. E. Washington Facilitating Creative and Critical Thinking In Middle School Science. *Dissertation Abstracts International*. 37 (February 1996): 47-A

Integrated Mathematics, Science, and Technology (IMaST)., (1998). *IMaST At a Glance: Integrated Mathematics, Science, and Technology*. Illinois State Univ., Normal. Center for Mathematics, Science, and Technology.

Kennedy, L.M., Tipps, S., (1994). *Guiding children's learning of mathematics*. 7th ed. Belmont, California: Wadsworth Publishing.

Kong, S. C., (2015). An experience of a three-year study on the development of critical thinking skills in flipped secondary classrooms with pedagogical and technological support. *Computers & Education*, 89: 16-31

Krulik, S., Rudnick, J.A., (1993). *Reasoning and problem solving: a handbook for elementary school teachers*. Allyn and Bacon.

Krulik, S., Rudnick, J.A., (1998). *Assessing reasoning and problem solving: a sourcebook for elementary school teachers*. Allyn and Bacon.

Love, B., Hodge, A., Grandgenett, N., et al., (2013). Student learning and perceptions in a flipped linear algebra course. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 43(3):317-324

Martin, J., (2011). *Advancing the Flip: Developments in Reverse Instruction*. สืบค้นเมื่อ 4 กันยายน 2559, จาก <http://connectedprincipals.com/archives/2775>.

Mayer, E.R., (1992). *Thinking, Problem Solving, Cognition*. 2nd ed. W.H. Freeman and Company. pp.455-489

McManus, D.A, (2001). *The Two Paradigms of Education and the Peer Review of Teaching*. Journal of Geoscience Education. pp. 425-426

National Council of teachers of Mathematics (NCTM), (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, Va.

OECD, (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*, OECD Publishing, Paris.

O'Flaherty, J., Phillips, C., (2015). *The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review*. Internet and Higher Education. 25: 85-95

- Ogden, L., (2015). Student Perceptions of the Flipped Classroom in College Algebra. *Problems, Resources, and Issues in Mathematics Undergraduate Studies*. 25(9–10): 782–791
- Polya, G., (1957). *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method*. Princeton University Press.
- Prince, M., (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*.
- Sahlberg, P. & Berry, J. One and One is Sometimes Three in Small Group Mathematics Learning. *Asia Pacific Journal of Education*. 22 (2002): 83-94
- Steele, M.D., Moore A.J., Gillett M.R., (2014). *Fostering Student Engagement With the Flip*. *Mathematics Teacher*. National Council of teachers of Mathematics. 107(6): 420-425
- Strayer, J.F. (2012). How learning in an inverted classroom influences cooperation, innovation and task orientation. *Learning Environment Research*. 15: 171-193
- Strayer, J.F., Hart, J.B., Bleiler-Baxter, S.K., (2015). Fostering Instructor Knowledge of Student Thinking Using The Flipped Classroom. *Problems, Resources, and Issues in Mathematics Undergraduate Studies*. 25(8): 724-735
- Strayer, J.F., Hart, J.B., Bleiler-Baxter, S.K., (2016). Kick-Starting Discussions with the Flipped Classroom: A four-phase process and three principles for building a mathematics learning community use rich discussion of student work. *Mathematics Teacher*. National Council of teachers of Mathematics. 109(9): 662-668
- Triantafyllou, E., Timcenko, O., (2015). Out of Classroom Instruction in the Flipped Classroom: The Tough Task of Engaging the Students. *Springer International Publishing Switzerland*. pp. 714-723
- Tucker, B. (2012). The Flipped Classroom Online instruction at home frees class time for learning. *Education next*. 12(1): 82-83.
- Watson, G. & Glaser, E., (2002). *Watson - Glaser Critical Thinking Appraisal – UK Edition Practice Test*. Pearson Assessment, 80 Strand, London, England.

Wilson J.W., Fernandez M.L., Hadaway N., (1993). *Mathematical Problem Solving. Research Ideas for the Classroom: High School Mathematics*. New York : Macmillan Publish Company.

Yuen, C.L., (2014). Using the Flipped Classroom Instructional Approach to Foster a Mathematics-Anxious-Friendly Learning Environment. Promoting Active Learning through the Flipped Classroom Model. *Information Science Reference*. pp. 262-264





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



กรอบแนวคิดการวิจัย





รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณ

- | | |
|---|---|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รตินันท์ บุญเคลือบ | อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. อาจารย์ ดร.ขวัญ เพ็ญชัย | อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 3. ครูบุญสม ศรีศักดิ์ดา | ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
โรงเรียนสวนกุหลาบ |





ที่ ศธ 0512.6(2791.10)/60-4001

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

กรกฎาคม 2560

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัยและทดลองใช้เครื่องมือ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายกิตติพันธ์ วิบูลศิลป์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5” โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินตวิษณุ ละออบปักขิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในกรณีนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลและทดลองใช้เครื่องมือ คือ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นิสิตได้เก็บข้อมูลวิจัย และทดลองใช้เครื่องมือดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชิโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

งานหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย : 08-5147-6646 Email : k.wiboonsin@gmail.com



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน งานหลักสูตรและการจัดการเรียนฯ ฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาฯ โทร.82565-97 ต่อ 6732
 ที่ ศธ 0512.6(2791.10)/60- **4002** วันที่ กรกฎาคม 2560
 เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนันท์ บุญเคลือบ

ด้วย นายกิตติพันธ์ วิบูลศิลป์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิมดิษฐ์ ละออบปักขิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงาน ในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้


 (รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)
 รองคณบดี

ที่ ศธ 0512.6(2791.10)/60-4003

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

กรกฎาคม 2560

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.ขวัญ เพ็ญชัย

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายกิตติพันธ์ วิบูลศิลป์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5” โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินตดิษฐ์ ละออปักฉิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชิโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

งานหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย : 08-5147-6646 Email : k.wiboonsin@gmail.com

ที่ ศธ 0512.6(2791.10)/60-4004

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

กรกฎาคม 2560

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน ครูบุญสม ศรีศักดิ์ดา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายกิตติพันธ์ วิบูลศิลป์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5” โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทิษฐ์ ละออปกษิณ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชินกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

งานหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย : 08-5147-6646 Email : k.wiboonsin@gmail.com




บันทึกข้อความ

ส่วนงาน งานหลักสูตรและการจัดการเรียนฯ ฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาฯ โทร.82565-97 ต่อ 6732
 ที่ ศร 0512.6(2791.10)/60- **4005** วันที่ กรกฎาคม 2560
 เรื่อง ขอเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ด้วย นายกิตติพันธ์ วิบูลศิลป์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5” โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดิษฐ์ ละออปกษิณ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนันท์ บุญเคลือบ เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนันท์ บุญเคลือบ เป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้


 (รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)
 รองคณบดี

ที่ ศธ 0512.6(2791.10)/60-4006

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

กรกฎาคม 2560

เรื่อง ขอเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายกิตติพันธ์ วิบูลศิลป์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5” โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิมดิษฐ์ ละออปักฉิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญอาจารย์ ดร.ขวัญ เพี้ยซ้าย เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ อาจารย์ ดร.ขวัญ เพี้ยซ้าย เป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชิโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

งานหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย : 08-5147-6646 Email : k.wiboonsin@gmail.com

ที่ ศธ 0512.6(2791.10)/60- 4007

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

กรกฎาคม 2560

เรื่อง ขอเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายกิตติพันธ์ วิบูลศิลป์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5” โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินตดิษฐ์ ละออปกษิณ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญ ครูบุญสม ศรีศักดิ์ เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ ครูบุญสม ศรีศักดิ์ เป็นผู้ทรงคุณวุฒิ ดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

งานหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย : 08-5147-6646 Email : k.wiboonsin@gmail.com



ฟังก์ชันลอการิทึม

(วิธีทัศนประเภทวิธีทัศนที่ตัดต่อจากวิธีทัศนบรรยายเนื้อหาจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ)

1. ผู้บรรยายทบทวนความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์และฟังก์ชันโดยแสดงแผนภาพความสัมพันธ์ตั้งแต่ ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ตัวผกผันของฟังก์ชัน ซึ่งเงื่อนไขที่ทำให้ตัวผกผันของฟังก์ชันเป็นฟังก์ชันคือ ฟังก์ชันนั้นจะต้องเป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง



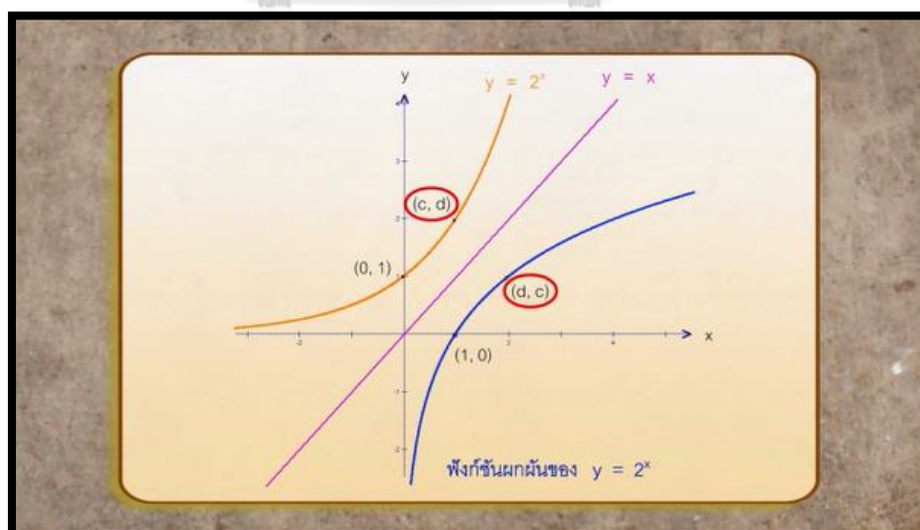
2. ผู้บรรยายอธิบายว่า เนื่องจากฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลเป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง ดังนั้นฟังก์ชันผกผันของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลจึงเป็นฟังก์ชัน ซึ่งก็คือ ฟังก์ชันลอการิทึม



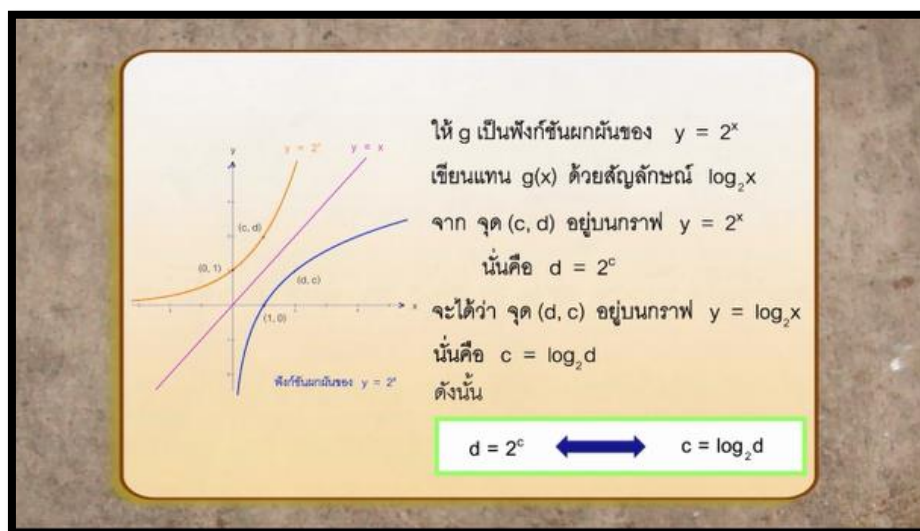
3. ผู้บรรยายอธิบายเกี่ยวกับความเป็นฟังก์ชันทั่วถึงของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม



4. ผู้บรรยายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม โดยอธิบายว่า กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลจะผ่านจุด $(0, 1)$ เสมอ และเมื่อสะท้อนกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลข้ามแกน $y = x$ ก็จะได้กราฟของฟังก์ชันผกผันของกราฟเอกซ์โพเนนเชียลซึ่งจะผ่านจุด $(1, 0)$ เสมอ จากนั้นจึงสังเกตเพิ่มเติมว่า ถ้ากำหนดให้ (c, d) เป็นจุดที่อยู่บนฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล แล้วจุด (d, c) จะเป็นจุดที่อยู่บนฟังก์ชันผกผันของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล



5. ผู้บรรยายอธิบายสัญลักษณ์ \log ที่ใช้แทนฟังก์ชันผกผันของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล โดยอธิบายว่า เมื่อกำหนดให้ $g(x)$ เป็นฟังก์ชันผกผันของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $y = 2^x$ จะเขียนแทน $g(x)$ ด้วยสัญลักษณ์ $\log_2 x$ ดังนั้น เมื่อแทนจุด (c, d) ที่อยู่บนกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล จะได้ว่า $d = 2^c$ และเมื่อแทนจุด (d, c) ที่อยู่บนกราฟของฟังก์ชันผกผันของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล จะได้ว่า $c = \log_2 d$ จึงสรุปได้ว่า $d = 2^c$ สามารถเขียนได้ในอีกรูปแบบหนึ่งคือ $c = \log_2 d$



$d = 2^c \longleftrightarrow c = \log_2 d$

$d = 2^c$

6. ผู้บรรยายอธิบายการเขียนฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันลอการิทึม โดยใช้สัญลักษณ์เรขาคณิต จากนั้นจึงเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของตัวแปร x และ y

The diagram consists of two main rectangular boxes. The top box is light green and contains the equations $d = 2^c$ and $c = \log_2 d$ connected by a blue double-headed arrow. The bottom box is light blue and contains the equation $\square = a^{\triangle}$, where the square is red and the triangle is green.

$$d = 2^c \longleftrightarrow c = \log_2 d$$
$$\square = a^{\triangle}$$

The diagram consists of two main rectangular boxes. The top box is light green and contains the equations $d = 2^c$ and $c = \log_2 d$ connected by a blue double-headed arrow. The bottom box is light blue and contains the equation $x = a^y$.

$$d = 2^c \longleftrightarrow c = \log_2 d$$
$$x = a^y$$

$$d = 2^c \longleftrightarrow c = \log_2 d$$

$$\log_a x = y$$

7. ผู้บรรยายอธิบายเกี่ยวกับบทนิยามของฟังก์ชันลอการิทึม

บทนิยาม ให้ a เป็นจำนวนจริงบวก และ $a \neq 1$
 $g = \{(x, y) \in \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R} \mid y = \log_a x\}$
 เรียก g ว่า ฟังก์ชันลอการิทึม ซึ่งเป็นฟังก์ชันผกผัน
 ของฟังก์ชันเลขชี้กำลัง

8. ผู้บรรยายอธิบายเกี่ยวกับสัญลักษณ์ที่ใช้แทนฟังก์ชันลอการิทึม เงื่อนไขของฐานของลอการิทึม และเงื่อนไขของเลขหลังลอการิทึม

$y = \log_a x$

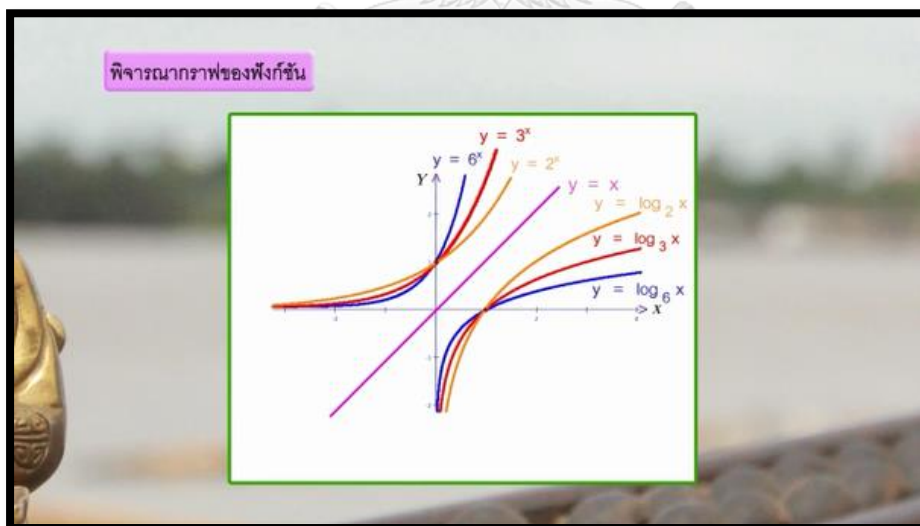
เลขหลังลอการิทึม

ฐานของลอการิทึม

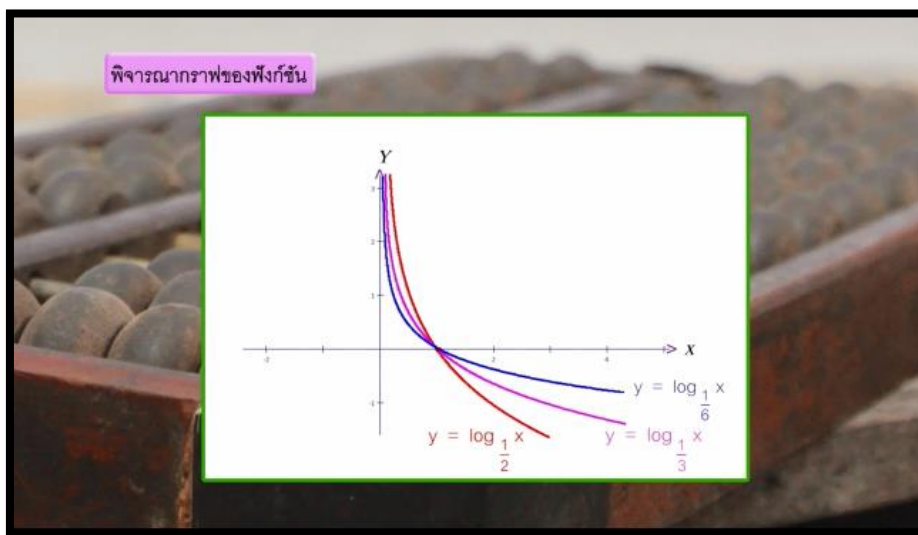
สังเกตว่า

- $0 < a < 1$ หรือ $a > 1$
- $x \in \mathbb{R}^+$

9. ผู้บรรยายอธิบายเกี่ยวกับกราฟของลอการิทึมเพื่อแสดงความแตกต่างของกราฟของฟังก์ชันลอการิทึมที่มีฐานแตกต่างกัน จากนั้นจึงสรุปลักษณะที่มีร่วมกันของกราฟของฟังก์ชันลอการิทึมที่ $a \in (1, \infty)$ ได้แก่ กราฟทั้งหมดจะเป็นฟังก์ชันเพิ่ม ทุกกราฟจะผ่านจุด $(1, 0)$ และเป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งจาก \mathbb{R}^+ ไปทั่วถึง \mathbb{R}



10. ผู้บรรยายอธิบายเกี่ยวกับกราฟของลอการิทึมเพื่อแสดงความแตกต่างของกราฟของฟังก์ชันลอการิทึมที่มีฐานแตกต่างกัน จากนั้นจึงสรุปลักษณะที่มีร่วมกันของกราฟของฟังก์ชันลอการิทึมที่ $a \in (0, 1)$ ได้แก่ กราฟทั้งหมดจะเป็นฟังก์ชันลด ทุกกราฟจะผ่านจุด $(1, 0)$ และเป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งจาก \mathbb{R}^+ ไปทั่วถึง \mathbb{R}



11. ผู้บรรยายสรุปลักษณะที่มีร่วมกันของกราฟของฟังก์ชันลอการิทึมทั้งที่เป็นฟังก์ชันเพิ่มและฟังก์ชันลด ได้แก่ ทุกกราฟจะผ่านจุด $(1, 0)$ กราฟไม่ตัดแกน Y และเป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งจาก \mathbb{R}^+ ไปทั่วถึง \mathbb{R}

1. กราฟผ่านจุด $(1, 0)$
2. กราฟไม่ตัดแกน Y
3. เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งจาก \mathbb{R}^+ ทั่วถึง \mathbb{R}

12. ผู้บรรยายอธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการเขียนจำนวนในรูปของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม จากนั้นจึงสรุปว่า การหาค่าของลอการิทึมคือ การหาว่าเลขฐานของลอการิทึมยกกำลังอะไรจึงจะมีค่าเท่ากับเลขหลังลอการิทึม

ความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันเลขชี้กำลังกับฟังก์ชันลอการิทึม

เพราะว่า $8 = 2^3$ ดังนั้น $\log_2 8 = 3$

เพราะว่า $1 = 2^0$ ดังนั้น $\log_2 1 = 0$

เพราะว่า $\frac{1}{9} = 3^{-2}$ ดังนั้น $\log_3 \frac{1}{9} = -2$

ความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันเลขชี้กำลังกับฟังก์ชันลอการิทึม

$y = \log_{10} 100$ → $100 = 10^?$

↓

$y = \log_{10} 100 = 2$ ← $100 = 10^2$

↓

$\log_a x = ?$ — a จะยกกำลังด้วยอะไรถึงจะมีค่าเป็น x



ภาคผนวก จ

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับ

การเรียนรู้เชิงรุก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนการจัดการเรียนรู้รายคาบ

กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ วิชา คณิตศาสตร์เพิ่มเติม ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม ระยะเวลา 50 นาที
 คาบที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ผู้สอน นายกิตติพันธ์ วิบูลศิลป์

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายและสมบัติของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล
2. ระบุได้ว่าฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่กำหนดให้เป็นฟังก์ชันเพิ่มหรือฟังก์ชันลด
3. อธิบายขั้นตอนการร่างกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่กำหนดให้ได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ นักเรียนสามารถ

1. ให้เหตุผลเกี่ยวกับการร่างกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล
2. ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายความหมายและสมบัติของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล
3. ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการนำเสนอขั้นตอนการร่างกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ นักเรียน

1. ร่วมมือในการทำกิจกรรม
2. ช่วยเหลือกันในการเรียนรู้
3. มีความรับผิดชอบ

สาระสำคัญ

1. **บทนิยาม** ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล (exponential function) คือ ฟังก์ชัน

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

2. โดเมนของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล คือ เซตของจำนวนจริง และเรนจ์ของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล คือ เซตของจำนวนจริงบวก

3. กราฟของฟังก์ชัน $y = a^x$, $a \in \mathbb{R}$, $a > 0$ และ $a \neq 1$ ไม่ตัดแกน X และผ่านจุด $(0, 1)$ เสมอ ทั้งนี้เนื่องจาก $a^0 = 1$ โดยถ้า $a > 1$ แล้ว $y = a^x$ เป็นฟังก์ชันเพิ่ม แต่ถ้า $0 < a < 1$ แล้ว $y = a^x$ เป็นฟังก์ชันลด

4. ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลเป็นฟังก์ชัน 1-1 จาก \mathbb{R} ไปทั่วถึง \mathbb{R}^+ โดยสมบัติของฟังก์ชัน 1-1 จะได้ว่า $a^x = a^y$ ก็ต่อเมื่อ $x = y$

5. กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $y = f(x) + c$, $c \in \mathbb{R}$ จะเป็นการเลื่อนกราฟเอกซ์โพเนนเชียล $f(x)$ ในแนวตั้ง ถ้า $c > 0$ กราฟจะเคลื่อนที่ขึ้น c หน่วย แต่ถ้า $c < 0$ กราฟจะเคลื่อนที่ลง $-c$ หน่วย

6. กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $y = f(x - c)$, $c \in \mathbb{R}$ จะเป็นการเลื่อนกราฟเอกซ์โพเนนเชียล $f(x)$ ในแนวนอน ถ้า $c > 0$ กราฟจะเคลื่อนที่ไปทางขวา c หน่วย แต่ถ้า $c < 0$ กราฟจะเคลื่อนที่ไปทางซ้าย $-c$ หน่วย

7. กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $y = -f(x)$ จะเป็นการสะท้อนกราฟเอกซ์โพเนนเชียล $f(x)$ โดยมีแกน X เป็นแกนสะท้อน

8. กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $y = cf(x)$, $c \in \mathbb{R}^+$ จะเป็นการย่อหรือขยายกราฟกราฟเอกซ์โพเนนเชียล $f(x)$ ในแนวตั้ง ถ้า $0 < c < 1$ กราฟจะย่อขนาดเล็กลงเป็น c เท่าของขนาดเดิม แต่ถ้า $c > 1$ กราฟจะขยายขนาดใหญ่ขึ้นเป็น c เท่าของขนาดเดิม

สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้จากวิดีโอสั้น	
1. ครูอธิบายถึงลักษณะการคิดอัตราดอกเบี้ยแบบทบต้นของธนาคาร ครูยกตัวอย่างสถานการณ์เชิงเปรียบเทียบเกี่ยวกับการคิดอัตราดอกเบี้ยแบบทบต้น เมื่อฝากเงิน 1 บาท เป็นเวลา 2500 ปี และได้รับดอกเบี้ยร้อยละ 1 ต่อปี เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพของจำนวนเงินที่ได้ว่ามีจำนวนมากมายังเพียงไร จากนั้น ครูจึงนำเข้าสู่ฟังก์ชันที่อยู่เบื้องหลังของสถานการณ์การคิดอัตราดอกเบี้ยแบบทบต้นว่า มีลักษณะเป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล	ภาพประกอบ แสดงภาพครูพูดบรรยาย และภาพพีระมิดอียิปต์สมัยโบราณเพื่อแสดงระยะเวลาในการฝากเงิน 2500 ปี และภาพเงินที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อแสดงลักษณะของการเพิ่มขึ้นของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล
2. ครูยกตัวอย่างกราฟ $y = 2^x$ โดยให้เซตของ x เป็นจำนวนเต็ม จำนวนตรรกยะ และจำนวนจริง เพื่อให้นักเรียนเห็นความแตกต่างของกราฟ	ภาพประกอบ แสดงกราฟ $y = 2^x$ ที่มีความต่อเนื่องแตกต่างกัน เมื่อเซตของ x เปลี่ยนไป
3. ครูอธิบายการแทนค่า x เพื่อหาค่าของ 2^x แล้วบันทึกค่าลงในตาราง จากนั้น ครูจะนำค่าในตารางมาเขียนกราฟ และสรุปว่า $y = 2^x$ เป็นฟังก์ชันเพิ่ม	ภาพประกอบ แสดงภาพครูพูดบรรยาย ข้อความสัญลักษณ์ที่ใช้แทนฟังก์ชัน $y = 2^x$ และตารางบันทึกค่าของ $y = 2^x$ จากนั้นแสดงจุดบนกราฟ $y = 2^x$ ที่ได้จากราย และเชื่อมจุดแต่ละจุดให้มีความต่อเนื่อง จากนั้นแสดงข้อความ $y = 2^x$ เป็นฟังก์ชันเพิ่ม
4. ครูยกตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเห็นลักษณะที่มีร่วมกันของกราฟที่เป็นฟังก์ชันเพิ่ม โดยยกตัวอย่าง $y = 3^x$ และอธิบายการแทนค่า x เพื่อหาค่าของ 3^x แล้วบันทึกค่าลงในตาราง จากนั้น ครูจะนำค่าในตารางมาเขียนกราฟ และสรุปว่า $y = 3^x$ เป็นฟังก์ชันเพิ่ม	ภาพประกอบ แสดงภาพครูพูดบรรยาย ข้อความสัญลักษณ์ที่ใช้แทนฟังก์ชัน $y = 3^x$ และตารางบันทึกค่าของ $y = 3^x$ จากนั้นแสดงจุดบนกราฟ $y = 3^x$ ที่ได้จากราย และเชื่อมจุดแต่ละจุดให้มีความต่อเนื่อง จากนั้นแสดงข้อความ $y = 3^x$ เป็นฟังก์ชันเพิ่ม

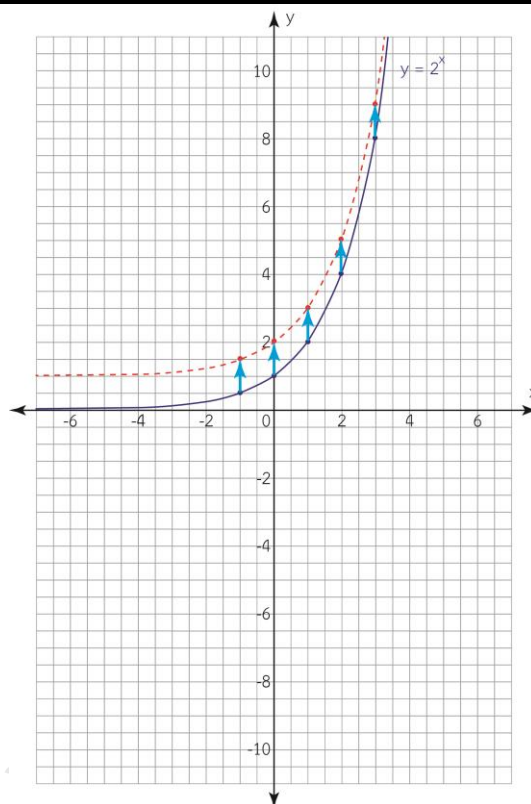
<p>5. ครูยกตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเห็นลักษณะของกราฟที่เป็นฟังก์ชันลด โดยยกตัวอย่าง $y = \left(\frac{1}{2}\right)^x$ และอธิบายการแทนค่า x เพื่อหาค่าของ $\left(\frac{1}{2}\right)^x$ แล้วบันทึกค่าลงในตาราง จากนั้น ครูจะนำค่าในตารางมาเขียนกราฟ และสรุปว่า $y = \left(\frac{1}{2}\right)^x$ เป็นฟังก์ชันลด</p>	<p>ภาพประกอบ แสดงภาพครูพูดบรรยาย ข้อความสัญลักษณ์ที่ใช้แทนฟังก์ชัน $y = \left(\frac{1}{2}\right)^x$ และตารางบันทึกค่าของ $y = \left(\frac{1}{2}\right)^x$ จากนั้นแสดงจุดบนกราฟ $y = \left(\frac{1}{2}\right)^x$ ที่ได้จากราย และเชื่อมจุดแต่ละจุดให้มีความต่อเนื่อง จากนั้นแสดงข้อความ $y = \left(\frac{1}{2}\right)^x$ เป็นฟังก์ชันลด</p>
<p>6. ครูยกตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อแสดงให้นักเรียนเห็นว่า a^x เมื่อให้ $a = -2$ จะมีค่า x บางค่าที่เป็นจำนวนตรรกยะที่ทำให้ $(-2)^x$ ไม่เป็นจำนวนจริง และสรุปว่า $y = a^x$ กรณี $a < 0$ จะมีพฤติกรรมแตกต่างจากกรณีที่ $a = 2, 3, \frac{1}{2}$</p>	<p>ภาพประกอบ แสดงข้อความตามคำบรรยายและตารางบันทึกค่าของ $(-2)^x$ เมื่อ x เป็นจำนวนเต็ม จากนั้นแสดงข้อความยกตัวอย่างค่า x ที่ทำให้ $(-2)^x$ ไม่เป็นจำนวนจริง และแสดงข้อความสรุปว่า $y = a^x$ กรณี $a < 0$ จะมีพฤติกรรมแตกต่างจากกรณีที่ $a = 2, 3, \frac{1}{2}$</p>
<p>7. ครูยกตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อแสดงให้นักเรียนเห็นว่า a^x เมื่อให้ $a = 0$, a^x จะมีค่าเป็น 0 เสมอสำหรับทุกค่า x ที่ไม่เท่ากับ 0 และสรุปว่า $y = a^x$ กรณี $a = 0$ มีพฤติกรรมแตกต่างจากกรณีที่ $a = 2, 3, \frac{1}{2}$</p>	<p>ภาพประกอบ แสดงข้อความตามคำบรรยายและกราฟของ $y = 0^x$ จากนั้นแสดงข้อความสรุปว่า $y = a^x$ กรณี $a = 0$ จะมีพฤติกรรมแตกต่างจากกรณีที่ $a = 2, 3, \frac{1}{2}$</p>
<p>8. ครูยกตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อแสดงให้นักเรียนเห็นว่า a^x เมื่อให้ $a = 1$, a^x จะมีค่าเป็น 1 เสมอสำหรับทุกค่า x และสรุปว่า $y = a^x$ กรณี $a = 1$ มีพฤติกรรมแตกต่างจากกรณีที่ $a = 2, 3, \frac{1}{2}$</p>	<p>ภาพประกอบ แสดงข้อความตามคำบรรยายและกราฟของ $y = 1^x$ จากนั้นแสดงข้อความสรุปว่า $y = a^x$ กรณี $a = 1$ จะมีพฤติกรรมแตกต่างจากกรณีที่ $a = 2, 3, \frac{1}{2}$</p>

<p>9. ครูอธิบายบทนิยามของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลว่า “ให้ f เป็นเซตที่เก็บคู่อันดับ (x, y) ที่ x และ y เป็นจำนวนจริง มีเงื่อนไขว่า $y = a^x$ โดยที่ a เป็นจำนวนจริงที่มากกว่า 0 แต่ต้องไม่เท่ากับ 1 เราจะเรียก f ว่าเป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล”</p>	<p>ภาพประกอบ แสดงข้อความบทนิยามของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล</p>
<p>10. ครูยกตัวอย่างกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลในกรณี $0 < a < 1$ โดยให้ $a = \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{3}{4}, \frac{4}{5}$ เพื่อให้นักเรียนเห็นลักษณะที่มีร่วมกันของกราฟ และสรุปว่าจากกราฟ ลักษณะที่มีร่วมกันของฟังก์ชัน $y = a^x$ เมื่อ $0 < a < 1$ คือ $y = a^x$ เป็นฟังก์ชันลด, กราฟทุกกราฟจะผ่านจุด $(0, 1)$, กราฟทุกกราฟจะมีจุดร่วมกัน 1 จุด คือ จุด $(0, 1)$ และ $y = a^x$ เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งจาก \mathbb{R} ไปทั่วถึง \mathbb{R}^+</p>	<p>ภาพประกอบ แสดงกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $y = \left(\frac{1}{4}\right)^x$, $y = \left(\frac{1}{3}\right)^x$, $y = \left(\frac{3}{4}\right)^x$ และ $y = \left(\frac{4}{5}\right)^x$ ตามคำบรรยาย จากนั้นแสดงภาพสรุปบรรยายและข้อความสรุปว่า $y = a^x$ เป็นฟังก์ชันลด, กราฟทุกกราฟจะผ่านจุด $(0, 1)$, กราฟทุกกราฟจะมีจุดร่วมกัน 1 จุด คือ จุด $(0, 1)$ และ $y = a^x$ เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งจาก \mathbb{R} ไปทั่วถึง \mathbb{R}^+</p>
<p>11. ครูยกตัวอย่างกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลในกรณีที่ $a > 1$ เพื่อให้นักเรียนเห็นลักษณะที่มีร่วมกันของกราฟ และสรุปว่าจากกราฟ ลักษณะที่มีร่วมกันของฟังก์ชัน $y = a^x$ เมื่อ $a > 1$ คือ $y = a^x$ เป็นฟังก์ชันเพิ่ม, กราฟทุกกราฟจะผ่านจุด $(0, 1)$, กราฟทุกกราฟจะมีจุดร่วมกัน 1 จุด คือ จุด $(0, 1)$ และ $y = a^x$ เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งจาก \mathbb{R} ไปทั่วถึง \mathbb{R}^+</p>	<p>ภาพประกอบ แสดงกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ภาพสรุปบรรยายและข้อความสรุปว่า $y = a^x$ เป็นฟังก์ชันเพิ่ม, กราฟทุกกราฟจะผ่านจุด $(0, 1)$, กราฟทุกกราฟจะมีจุดร่วมกัน 1 จุด คือ จุด $(0, 1)$ และ $y = a^x$ เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งจาก \mathbb{R} ไปทั่วถึง \mathbb{R}^+</p>
<p>12. ครูสรุปลักษณะของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลว่ามีลักษณะที่แตกต่างกันคือ ในกรณี $0 < a < 1$ จะเป็นฟังก์ชันลดและในกรณี $a > 1$ จะเป็นฟังก์ชันเพิ่ม และมีลักษณะที่เหมือนกันคือ กราฟผ่านจุด $(0, 1)$, กราฟไม่ตัดแกน x และเป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งจาก \mathbb{R} ไปทั่วถึง \mathbb{R}^+</p>	<p>ภาพประกอบ แสดงบทนิยามของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลทั้งที่เป็นฟังก์ชันเพิ่มและฟังก์ชันลด และข้อความสรุปว่า กราฟผ่านจุด $(0, 1)$, กราฟไม่ตัดแกน x และเป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งจาก \mathbb{R} ไปทั่วถึง \mathbb{R}^+ ตามคำบรรยาย</p>

กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $f(x) = a^x + k$

ตัวอย่างที่ 1 $g(x) = 2^x + 1$

x	-1	0	1	2	3
$f(x) = 2^x$	0.5	1	2	4	8
$g(x) = 2^x + 1$	1.5	2	3	5	9



สรุป

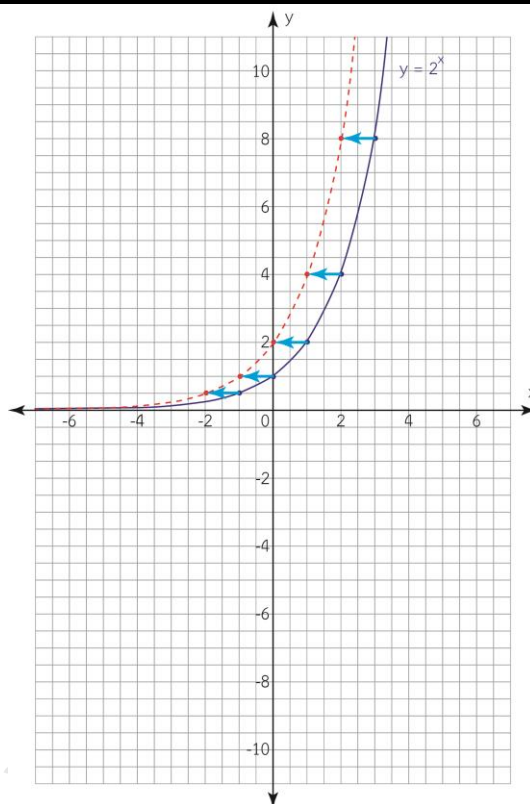
ลักษณะของฟังก์ชัน	จุดตัดแกน y	โดเมน	เรนจ์
$f(x) = 2^x$	(0, 1)	$(-\infty, \infty)$	$(0, \infty)$
$g(x) = 2^x + 1$	(0, 2)	$(-\infty, \infty)$	$(1, \infty)$

กราฟของ $g(x)$ จะเกิดจากการเลื่อนขนานกราฟ $f(x)$ (ขึ้นข้างบน/ลงข้างล่าง) 1 หน่วย

กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $f(x) = a^{x+h}$

ตัวอย่างที่ 2 $g(x) = 2^{x+1}$

x	-1	0	1	2	3
$f(x) = 2^x$	0.5	1	2	4	8
$g(x) = 2^{x+1}$	1	2	4	8	16



สรุป

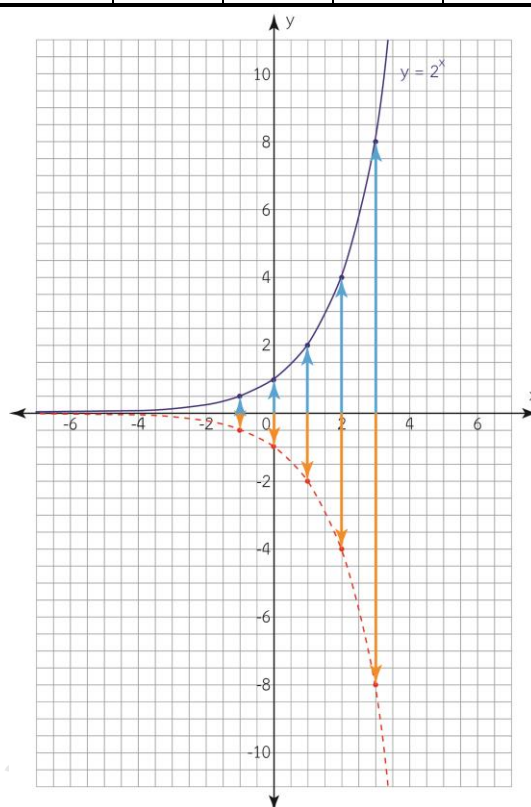
ลักษณะของฟังก์ชัน	จุดตัดแกน y	โดเมน	เรนจ์
$f(x) = 2^x$	(0, 1)	$(-\infty, \infty)$	$(0, \infty)$
$g(x) = 2^{x+1}$	(0, 2)	$(-\infty, \infty)$	$(0, \infty)$

กราฟของ $g(x)$ จะเกิดจากการเลื่อนขนานกราฟ $f(x)$ ไปทาง (ขวา/ซ้าย) 1 หน่วย

กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $f(x) = -a^x$

ตัวอย่างที่ 3 $g(x) = -2^x$

x	-1	0	1	2	3
$f(x) = 2^x$	0.5	1	2	4	8
$g(x) = -2^x$	-0.5	-1	-2	-4	-8



สรุป

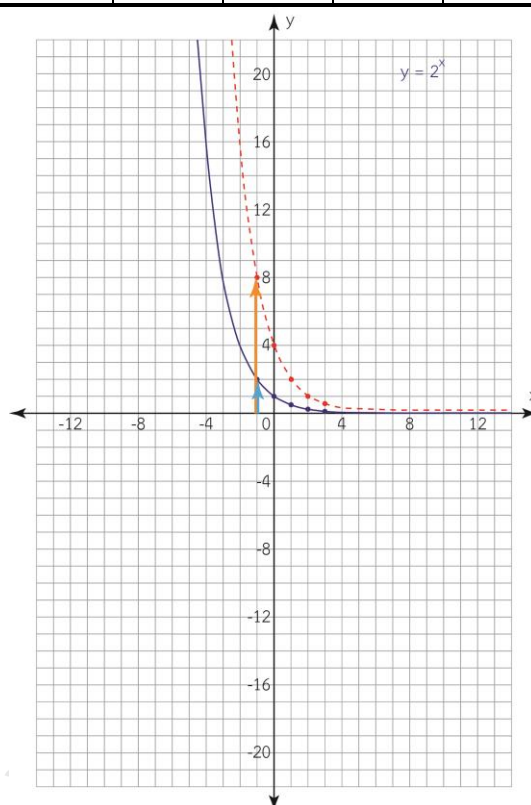
ลักษณะของฟังก์ชัน	จุดตัดแกน y	โดเมน	เรนจ์
$f(x) = 2^x$	(0, 1)	$(-\infty, \infty)$	$(0, \infty)$
$g(x) = -2^x$	(0, -1)	$(-\infty, \infty)$	$(-\infty, 0)$

กราฟของ $g(x)$ จะเกิดจากการสะท้อนกราฟ $f(x)$ โดยมีแกน (X/Y) เป็นแกนสะท้อน

กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $f(x) = ca^x$

ตัวอย่างที่ 4 $g(x) = 4 \cdot (0.5)^x$

x	-1	0	1	2	3
$f(x) = (0.5)^x$	2	1	0.5	0.25	0.125
$g(x) = 4 \cdot (0.5)^x$	8	4	2	1	0.5



สรุป

ลักษณะของฟังก์ชัน	จุดตัดแกน y	โดเมน	เรนจ์
$f(x) = (0.5)^x$	(0, 1)	$(-\infty, \infty)$	$(0, \infty)$
$g(x) = 4 \cdot (0.5)^x$	(0, 4)	$(-\infty, \infty)$	$(0, \infty)$

กราฟของ $g(x)$ จะเกิดจากการ (ย่อ/ขยาย) ขนาดกราฟ $f(x)$ เป็น 4 เท่าของขนาดเดิม และมีจุดตัดแกน Y ที่จุด (0, 4)

เอกสารประกอบการบรรยายในวิดีโอคาบที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

คำถามระหว่างการบรรยาย

คำอธิบาย ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลือกที่ถูกต้อง

1. $f(x) = 5^x$ เป็นฟังก์ชัน (เพิ่ม/ลด)
2. $f(x) = 0.75^x$ เป็นฟังก์ชัน (เพิ่ม/ลด)
3. $f(x) = 1^x$ (เป็น/ไม่เป็น) ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล
4. $f(x) = (-3)^x$ (เป็น/ไม่เป็น) ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

กิจกรรมท้ายวิดีโอ

คำอธิบาย ให้นักเรียนตั้งคำถามและระบุคำตอบเกี่ยวกับฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่นักเรียนได้ศึกษาจากวิดีโอมาคนละ 1 ข้อ แล้วนำเสนอคำถามและคำตอบนั้นในกลุ่มย่อยที่จัดไว้ให้

คำถาม

.....

.....

คำตอบ

.....

.....

เอกสารประกอบการเรียนคาบที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

1. ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล (exponential function) คือ ฟังก์ชัน

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

2. โดเมนของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล a^x คือ

เรนจ์ของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล a^x คือ

3. ลักษณะของกราฟเอกซ์โพเนนเชียล

ให้ $f(x) = a^x$

ถ้า $0 < a < 1$ แล้ว $f(x)$ จะเป็นฟังก์ชัน (เพิ่ม/ลด) ถ้า $a > 1$ แล้ว $f(x)$ จะเป็นฟังก์ชัน (เพิ่ม/ลด)



CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทั้งสองรูปแบบนี้มีลักษณะร่วมกัน คือ

-
-
-

ปัญหาที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

สถานการณ์ปัญหา

ดอกเบียเงินฝาก ธนาคารตำรวจไทยคิดดอกเบี้ยเงินฝากให้อัตรา 1.5 ต่อปี โดยทางธนาคารจะคิดและจ่ายดอกเบี้ยให้กับผู้บริการในทุกสิ้นปี ถ้าผู้บริการรายหนึ่งฝากเงิน 5,000 บาท ในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2563 แล้วเงินฝากในธนาคารตำรวจไทยของผู้บริการรายนี้จะเป็นไปตามฟังก์ชันต่อไปนี้

$$g(x) = 5,000(1.015)^x$$

เมื่อ x แทนจำนวนปีที่ผู้บริการฝากเงิน

คำถาม

กราฟของฟังก์ชันต่อไปนี้ แตกต่างกันอย่างไรร

$$f(x) = (1.015)^x$$

$$g(x) = 5,000(1.015)^x$$

$$h(x) = 1,000(1.015)^x$$

ใบงานที่ 4.1 กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $f(x) = a^x + k$

คำอธิบาย ให้นักเรียนร่างกราฟ $g(x)$ ที่กำหนดให้และเติมข้อความลงในตารางให้ครบถ้วน เมื่อกำหนดให้ $f(x) = 2^x$

$$g(x) = 2^x + 1$$

x	-1	0	1	2	3
$f(x) = 2^x$	0.5	1	2	4	8
$g(x) = 2^x + 1$					

สรุป

ลักษณะของฟังก์ชัน	จุดตัดแกน y	โดเมน	เรนจ์
$f(x) = 2^x$	(0, 1)	$(-\infty, \infty)$	$(0, \infty)$
$g(x) = 2^x + 1$			

กราฟของ $g(x)$ จะเกิดจากการเลื่อนขนานกราฟ $f(x)$ (ขึ้นข้างบน/ลงข้างล่าง) หน่วย

ใบงานที่ 4.2 กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $f(x) = a^{x+k}$

คำอธิบาย ให้นักเรียนร่างกราฟ $g(x)$ ที่กำหนดให้และเติมข้อความลงในตารางให้ครบถ้วน เมื่อกำหนดให้ $f(x) = 2^x$

$$g(x) = 2^{x+1}$$

x	-1	0	1	2	3
$f(x) = 2^x$	0.5	1	2	4	8
$g(x) = 2^{x+1}$					

สรุป

ลักษณะของฟังก์ชัน	จุดตัดแกน y	โดเมน	เรนจ์
$f(x) = 2^x$	(0, 1)	$(-\infty, \infty)$	$(0, \infty)$
$g(x) = 2^{x+1}$			

กราฟของ $g(x)$ จะเกิดจากการเลื่อนขนานกราฟ $f(x)$ ไปทาง (ขวา/ซ้าย) หน่วย

ใบงานที่ 4.3 กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $f(x) = -a^x$

คำอธิบาย ให้นักเรียนร่างกราฟ $g(x)$ ที่กำหนดให้และเติมข้อความลงในตารางให้ครบถ้วน เมื่อกำหนดให้ $f(x) = 2^x$

$$g(x) = -2^x$$

x	-1	0	1	2	3
$f(x) = 2^x$	0.5	1	2	4	8
$g(x) = -2^x$					

สรุป

ลักษณะของฟังก์ชัน	จุดตัดแกน y	โดเมน	เรนจ์
$f(x) = 2^x$	(0, 1)	$(-\infty, \infty)$	$(0, \infty)$
$g(x) = -2^x$			

กราฟของ $g(x)$ จะเกิดจากการสะท้อนกราฟ $f(x)$ โดยมีแกน (X/Y) เป็นแกนสะท้อน

ใบงานที่ 4.4 กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $f(x) = ca^x$

คำอธิบาย ให้นักเรียนร่างกราฟ $g(x)$ ที่กำหนดให้และเติมข้อความลงในตารางให้ครบถ้วน เมื่อกำหนดให้ $f(x) = 0.5^x$

$$g(x) = 4 \cdot (0.5)^x$$

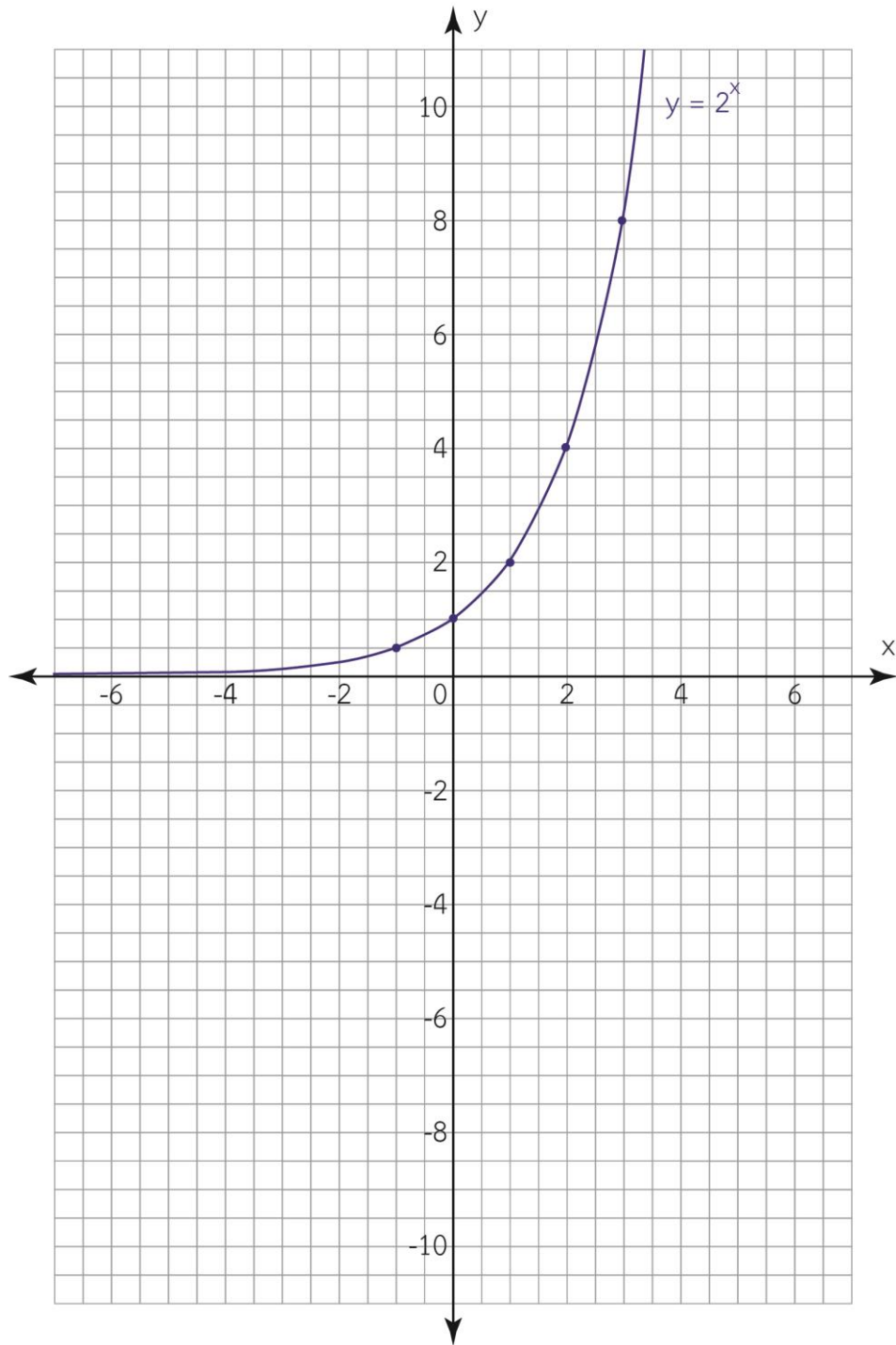
x	-1	0	1	2	3
$f(x) = 0.5^x$	2	1	0.5	0.25	0.125
$g(x) = 4 \cdot (0.5)^x$					

สรุป

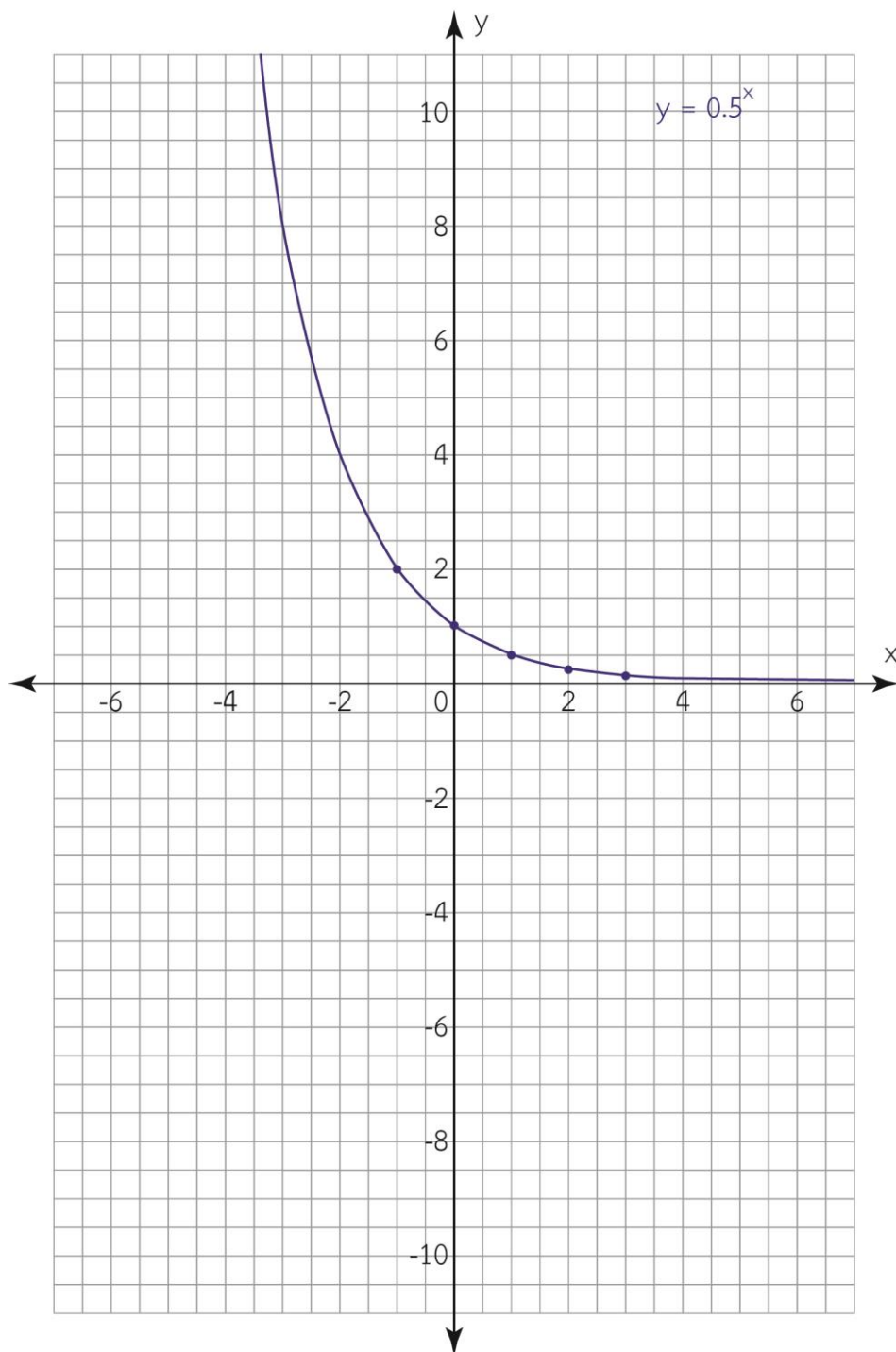
ลักษณะของฟังก์ชัน	จุดตัดแกน y	โดเมน	เรนจ์
$f(x) = 2^x$	(0, 1)	$(-\infty, \infty)$	$(0, \infty)$
$g(x) = 4 \cdot (0.5)^x$			

กราฟของ $g(x)$ จะเกิดจากการ (ย่อ/ขยาย) ขนาดกราฟ $f(x)$ เป็น เท่าของขนาดเดิม และมีจุดตัดแกน Y ที่จุด

กระดาษกราฟ ใบงานที่

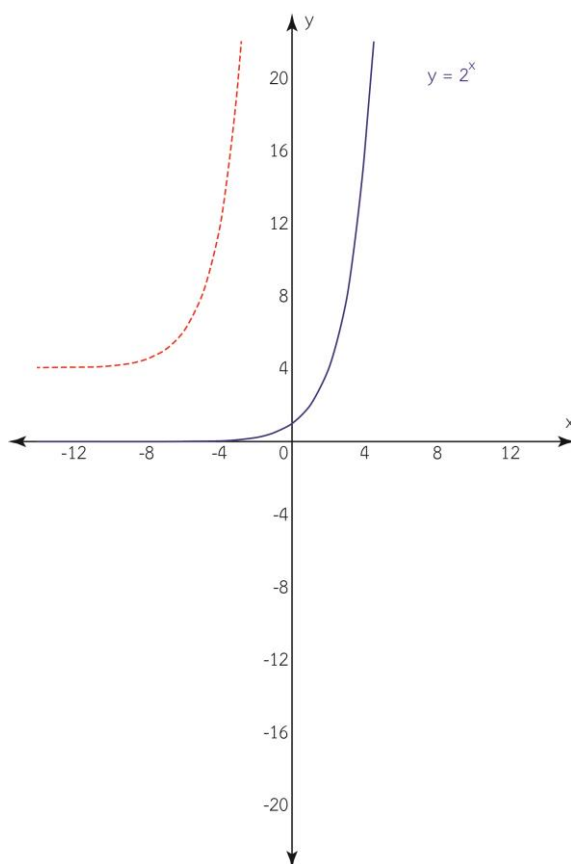


กระดาษกราฟ ใบงานที่



แบบฝึกหัดที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

คำอธิบาย ให้นักเรียนเลือกฟังก์ชัน $f(x)$ ที่ตรงกับกราฟที่กำหนดให้



ก. $f(x) = 2^{x+7} + 5$

ข. $f(x) = 2^{x+7} - 5$

ค. $f(x) = 2^{x-7} + 5$

ง. $f(x) = 2^{x-7} - 5$

กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้ภายนอกห้องเรียน

ระยะเริ่มต้น

1. ครูจัดกลุ่มนักเรียนจำนวน 8 กลุ่มแบบคละความสามารถและความสะดวกในการใช้สื่อออนไลน์ เช่น Facebook หรือ Line เป็นต้น ครูจะสร้างกลุ่มย่อยในสื่อออนไลน์แล้วเพิ่มนักเรียนลงไปในแต่ละกลุ่มย่อย โดยครูจะเป็นสมาชิกในทุกกลุ่มย่อย

2. นักเรียนดูวิดีโอสั้นเรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล โดยตอบคำถามระหว่างการบรรยายในเอกสารประกอบการบรรยายในวิดีโอ

3. หลังจากนักเรียนดูวิดีโอจบ จะมีกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยให้นักเรียนเข้าไปตั้งคำถามและระบุคำตอบเกี่ยวกับฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ตามเนื้อหาที่ได้ศึกษาในวิดีโอสั้นมาคนละ 1 ข้อ ลงในกลุ่มย่อยที่ตนเองอยู่ เมื่อนักเรียนตั้งคำถามและระบุคำตอบ ครูจะตรวจสอบความถูกต้องของคำถามและคำตอบของนักเรียน และถามคำถามเพิ่มเติม 1 ข้อในแต่ละกลุ่มย่อย เพื่อให้นักเรียนในกลุ่มย่อยได้ขยายความคิดจากคำถามที่นักเรียนตั้งขึ้น

4. ครูจัดกลุ่มคำถามของนักเรียนที่คล้ายคลึงกันไว้ด้วยกัน เพื่อใช้เป็นฐานในขั้นเตรียมความพร้อมในห้องเรียนต่อไป

ขั้นเตรียมความพร้อม (10 นาที)

1. ครูชวนนักเรียนพูดคุยเกี่ยวกับฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่นักเรียนได้ดูจากวิดีโอสั้น โดยให้นักเรียนร่วมกันอธิบายถึงลักษณะของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล เช่น

- ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลมี 2 ลักษณะ คือ ฟังก์ชันเพิ่ม เมื่อ $a > 1$ และฟังก์ชันลด เมื่อ $0 < a < 1$
- กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $y = a^x$ จะผ่านจุด $(0, 1)$
- ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลเป็นฟังก์ชัน 1-1 จาก \mathbb{R} ไปทั่วถึง \mathbb{R}^+
- ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลมีโดเมนเป็น \mathbb{R} และมีเรนจ์เป็น \mathbb{R}^+

2. ครูชวนนักเรียนพูดคุยเกี่ยวกับคำถามและคำตอบที่นักเรียนตั้งไว้ในกลุ่มย่อย โดยเลือกคำถามและคำตอบที่น่าสนใจ 2-3 คำถาม เพื่ออภิปรายความถูกต้องของคำตอบและขยายความคิดเพิ่มเติม

3. ครูให้นักเรียนสรุปลักษณะของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลลงในเอกสารประกอบการเรียน

4. ครูกล่าวนำเข้าสู่การร่างกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลว่า “จากวิดีโอนักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่เป็นฟังก์ชันเพิ่ม เช่น $y = 2^x$ (ครูแสดงรูปกราฟ $y = 2^x$) และกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่เป็นฟังก์ชันลด (ครูแสดงรูปกราฟ $y = \left(\frac{1}{2}\right)^x$) คราวนี้นักเรียนคิดว่า กราฟของฟังก์ชัน $y = (1.015)^x$ มีหน้าตาเหมือนกับ $y = 2^x$ หรือ $y = \left(\frac{1}{2}\right)^x$ ” ครูให้นักเรียนตอบสักครู แล้วแสดงรูปกราฟ $y = (1.015)^x$ แล้วสรุปว่า เหมือนกับกราฟ $y = 2^x$ จากนั้น ครูจะยกสถานการณ์ปัญหาที่ 4 แล้วถามว่า “นักเรียนคิดว่ากราฟ $y = (1.015)^x$ กับกราฟ $y = 5000(1.015)^x$ มีลักษณะต่างกันหรือไม่” ครูรอคำตอบของนักเรียน จนได้คำตอบว่า “ต่าง” ครูถามนักเรียนต่อว่า “นักเรียนคิดว่ากราฟ $y = (1.015)^x$ กับกราฟ $y = 5000(1.015)^x$ ต่างกันอย่างไร” ครูรอคำตอบของนักเรียนสักครู แล้วกล่าวว่า “วันนี้เราจะมาทดลองกันว่า เราจะสามารถแปลงกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลในรูปแบบใดได้บ้าง” แล้วนำเข้าสู่ขั้นปฏิบัติการ

ขั้นปฏิบัติการ (30 นาที)

5. ครูแจกป้ายชื่อให้กับนักเรียนทุกคน โดยแต่ละป้ายจะมีตัวอักษร A – H เพื่อแสดงถึงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ และตัวเลข 1 – 8 เพื่อแสดงถึงกลุ่มบ้าน ครูให้นักเรียนนั่งกันตามกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่ครูจัดไว้ให้ตามป้ายชื่อ จำนวน 8 กลุ่ม กลุ่มละอย่างน้อย 4 คน แต่ไม่เกิน 6 คน โดยครูแจกใบงาน 4.1 ให้กับกลุ่ม A และ B แจกใบงาน 4.2 ให้กับกลุ่ม C และ D แจกใบงาน 4.3 ให้กับกลุ่ม E และ F และแจกใบงาน 4.4 ให้กับกลุ่ม G และ H จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาใบงานที่ได้รับมอบหมาย โดยครูจะเดินสังเกตการณ์รอบห้อง และเข้าไปช่วยเหลือในกลุ่มที่มีปัญหา

6. ครูให้นักเรียนในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญทุกกลุ่มทำใบงานเสร็จเรียบร้อย ครูแจกใบงาน 4.2, 4.3 และ 4.4 ให้กับกลุ่ม A และ B แจกใบงาน 4.1, 4.3 และ 4.4 ให้กับกลุ่ม C และ D แจกใบงาน 4.1, 4.2 และ 4.4 ให้กับกลุ่ม E และ F และแจกใบงาน 4.1, 4.2 และ 4.3 ให้กับกลุ่ม G และ H จากนั้นครูให้นักเรียนนั่งกันตามกลุ่มบ้านที่ครูจัดไว้ให้ตามป้ายชื่อ แล้วให้นักเรียนที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในแต่ละใบงานอธิบายให้นักเรียนในกลุ่มบ้านฟัง และทำใบงานที่เหลือจนเสร็จ โดยครูจะเดินสังเกตการณ์รอบห้อง และเข้าไปช่วยเหลือนักเรียนในกลุ่มที่มีปัญหา

7. ครูให้นักเรียนในกลุ่มบ้านทุกกลุ่มทำใบงานเสร็จเรียบร้อย จากนั้นจึงให้นักเรียนในกลุ่มบ้าน เขียนสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับการแปลงกราฟ ลงในกระดาษขนาด A2 สำหรับนำเสนอหน้าชั้นเรียน

8. ครูสุ่มนักเรียนมา 2 กลุ่ม เพื่อนำเสนอองค์ความรู้เกี่ยวกับการแปลงกราฟพร้อมแสดงกระดาษที่เขียนสรุปองค์ความรู้หน้าชั้นเรียน ถ้ามีกลุ่มที่นำเสนอองค์ความรู้เกี่ยวกับการแปลงกราฟไม่ถูกต้อง ครูจะใช้คำถามเพื่อสร้างข้อขัดแย้งและเปิดโอกาสให้นักเรียนในห้องได้ซักถามและช่วยกันตรวจสอบความถูกต้อง แต่ถ้าทุกกลุ่มนำเสนอได้ถูกต้องทั้งหมด ครูจะใช้คำถามเพื่อขยายความคิดของนักเรียน เช่น

- นักเรียนคิดว่าการแปลงกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลมีผลต่อโดเมนและเรนจ์ของฟังก์ชันหรือไม่ อย่างไร
- นักเรียนคิดว่าเหตุใดกราฟของฟังก์ชัน $g(x) = 2^{x+1}$ จึงเลื่อนไปทางซ้ายเมื่อเทียบกับกราฟ $f(x) = 2^x$

9. นักเรียนทั้งชั้นเรียนอภิปรายและสรุปขั้นตอนการร่างกราฟฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลโดเมนและเรนจ์ของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และลักษณะของกราฟเอกซ์โพเนนเชียลที่วาดได้

ขั้นนำไปใช้และสะท้อนคิด (10 นาที)

10. ครูให้นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัดเพื่อนำความรู้ไปใช้ โดยครูจะเดินสังเกตการณ์รอบห้อง และเข้าไปช่วยเหลือนักเรียนที่มีปัญหา

11. ครูถามนักเรียนว่า “ในวันนี้เราได้เรียนรู้อะไรเกี่ยวกับฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลบ้าง” ครูรอให้นักเรียนตอบ ถ้าคำตอบที่ได้ยังไม่ครบถ้วนครูอาจจะถามนำเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน เช่น

- การแปลงกราฟเอกซ์โพเนนเชียลที่ได้เรียนในวันนี้มีกี่แบบ อะไรบ้าง ส่วนใดของฟังก์ชันที่แสดงถึงการแปลงนั้น
- กราฟของเอกซ์โพเนนเชียลมีลักษณะสำคัญอะไรบ้าง

สื่อ/แหล่งเรียนรู้

1. ใบงานที่ 4.1 – 4.4 และปัญหาที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล
2. แบบฝึกหัดที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล
3. เอกสารประกอบการบรรยายในวิดีโอคาบที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล
4. เอกสารประกอบการเรียนคาบที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

การวัดและการประเมินผล

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน	การประเมินผล (ผ่าน/ไม่ผ่าน)
ด้านความรู้				
1. อธิบายความหมายและสมบัติของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล	การตอบคำถาม	คำถามในชั้นเรียน	นักเรียนมากกว่าร้อยละ 80 ตอบได้ถูกต้อง	
2. ระบุได้ว่าฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่กำหนดให้เป็นฟังก์ชันเพิ่มหรือฟังก์ชันลด	การตอบคำถามระหว่างการบรรยายในวิดีโอ	คำถามในเอกสารประกอบการบรรยายในวิดีโอ	นักเรียนมากกว่าร้อยละ 80 ตอบได้ถูกต้อง	
3. อธิบายขั้นตอนการร่างกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่กำหนดให้ได้	การทำตัวอย่างในใบงาน	ใบงาน	นักเรียนมากกว่าร้อยละ 80 ทำใบงานได้ถูกต้อง	
ด้านทักษะ/กระบวนการ				
1. ให้เหตุผลเกี่ยวกับการร่างกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล	การตอบคำถาม	คำถามในชั้นเรียน	นักเรียนมากกว่าร้อยละ 80 ตอบคำถามได้ถูกต้อง	
2. ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายความหมายและสมบัติของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล	การตอบคำถาม	คำถามในชั้นเรียน	นักเรียนมากกว่าร้อยละ 80 ตอบคำถามได้ถูกต้อง	
3. ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการนำเสนอขั้นตอนการร่างกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล	การนำเสนอ	สิ่งที่นักเรียนนำเสนอ	นักเรียนนำเสนอขั้นตอนการร่างกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลได้ถูกต้อง	

ด้านคุณลักษณะ				
1. ร่วมมือในการทำกิจกรรม	พฤติกรรมที่แสดงออก	แบบสังเกตพฤติกรรม	นักเรียนได้คะแนนรวมมากกว่าร้อยละ 70	
2. ช่วยเหลือกันในการเรียนรู้	พฤติกรรมที่แสดงออก	แบบสังเกตพฤติกรรม	นักเรียนได้คะแนนรวมมากกว่าร้อยละ 70	
3. มีความรับผิดชอบ	พฤติกรรมที่แสดงออก	แบบสังเกตพฤติกรรม	นักเรียนได้คะแนนรวมมากกว่าร้อยละ 70	



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสังเกตพฤติกรรมแบบองค์รวม

วันที่ ชั้น บันทึกโดย.....

คำชี้แจง ให้คะแนนลงในช่องพฤติกรรมที่แสดงออก พฤติกรรมละ 2 คะแนน มีรายละเอียด ดังนี้

2 คะแนน หมายถึง นักเรียนแสดงออกในระดับดี

1 คะแนน หมายถึง นักเรียนแสดงออกในระดับพอใช้

0 คะแนน หมายถึง นักเรียนไม่แสดงออก

พฤติกรรมที่แสดงถึง นักเรียนร่วมมือในการทำกิจกรรม

พฤติกรรม	การแสดงออก
นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปรายในห้องเรียน	
นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมทำวิดีโอ	

พฤติกรรมที่แสดงถึง นักเรียนช่วยเหลือกันในการเรียนรู้

พฤติกรรม	การแสดงออก
นักเรียนช่วยเหลือเพื่อนในการทำใบงาน	
นักเรียนช่วยเพื่อนตอบคำถามในห้องเรียน	

พฤติกรรมที่แสดงถึง นักเรียนมีความรับผิดชอบ

พฤติกรรม	การแสดงออก
นักเรียนตอบคำถามระหว่างการบรรยายในวิดีโอ	
นักเรียนทำใบงานเสร็จในเวลา	

พฤติกรรม			รวม (12)	การประเมินผล (ผ่าน/ไม่ผ่าน)
ร่วมมือในการทำ กิจกรรม (4)	ช่วยเหลือกันใน การเรียนรู้ (4)	มีความ รับผิดชอบต่อ (4)		

บันทึกผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ไขปัญหาและข้อเสนอแนะ

.....

.....


.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลงชื่อ.....

(นายกิตติพันธ์ วิบูลศิลป์)



ภาคผนวก ฉ
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

- ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียน
- ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับหลังเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม

ชื่อ..... ชั้น เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ฉบับนี้ เป็นแบบวัดชนิดอัตนัย จำนวน 3 ข้อ แต่ละข้อจะมีคำถามย่อย 6 ข้อ ซึ่งวัดตามองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา
 - 1.1 ระบุข้อเท็จจริงและคำถามในสถานการณ์ปัญหา
 - 1.2 แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในปัญหา
2. ความสามารถในการเลือกแผน

เลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม และลงมือการแก้ปัญหาในขั้นตอนเริ่มต้น
3. ความสามารถในการดำเนินการตามแผน

ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง
4. ความสามารถในการสะท้อนและขยายผล
 - 4.1 สรุปคำตอบและตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ
 - 4.2 ระบุการเปลี่ยนแปลงคำตอบเมื่อข้อเท็จจริงในสถานการณ์ปัญหาเปลี่ยนไป

2. แบบวัดฉบับนี้ใช้เวลาในการทำ 45 นาที

3. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบฉบับนี้ โดยตอบคำถามและแสดงวิธีทำทุกข้ออย่างละเอียด

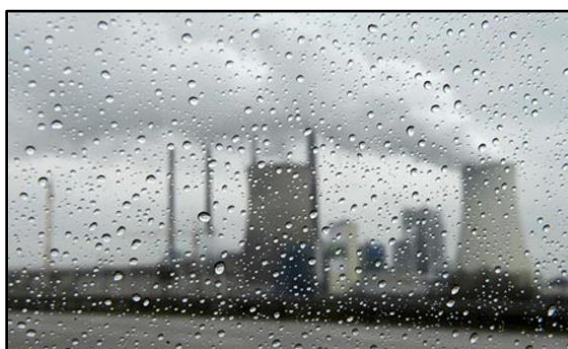
4. นักเรียนสามารถใช้เครื่องคิดเลขในการคำนวณได้

5. แบบวัดฉบับนี้มีคะแนนเต็มข้อละ 16 คะแนน โดยพิจารณาให้คะแนนตามความสมบูรณ์ของแต่ละองค์ประกอบของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ตามข้อ 1 – 4 โดยการให้คะแนนแต่ละข้อจะเป็นอิสระจากกัน

6. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล ชั้น และเลขที่ลงในแบบวัดให้ชัดเจน

ปัญหาที่ 1 ฝนกรด (16 คะแนน)

กระทรวงสาธารณสุขรายงานว่า ประเทศไทยกำลังเผชิญกับปัญหาฝนกรด ซึ่งหมายถึง น้ำฝนที่มีค่า pH ต่ำกว่า 5.6 ซึ่งเกิดขึ้นทั้งในบริเวณนิคมอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้าถ่านหิน และบริเวณตัวเมืองขนาดใหญ่ ดังนั้น ในบริเวณที่กำลังเผชิญกับปัญหาฝนกรด น้ำฝนจะมีความเข้มข้นของประจุ H^+ อย่างน้อยก็โมลต่อลิตร เมื่อค่า pH ของสารละลายมีค่าลดลง 1 ความเข้มข้นของประจุ H^+ จะเพิ่มขึ้น 10 เท่า



1.1) ระบุข้อเท็จจริงและคำถามในสถานการณ์ปัญหา

(ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา) 2 คะแนน

- ข้อมูลที่กำหนดในสถานการณ์ปัญหาที่จำเป็นต่อการหาคำตอบ มีอะไรบ้าง

-
-
-
-

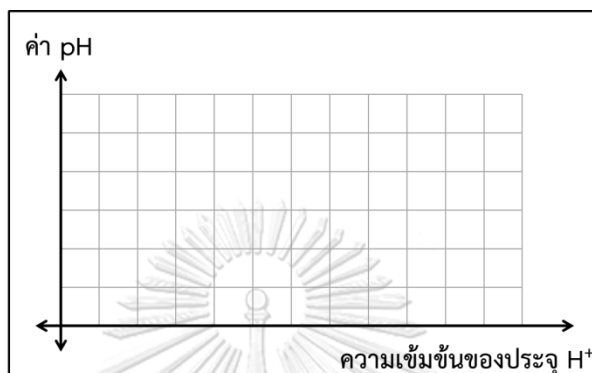
- คำถามของสถานการณ์ปัญหานี้ คืออะไร

.....

1.2) แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในปัญหา (ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา) 2 คะแนน

- ให้เลือกวิธีการในการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในปัญหา

- วาดกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของประจุ H^+ กับค่า pH



- เติมข้อมูลในตารางเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของประจุ H^+ กับค่า pH

ความเข้มข้นของประจุ H^+					
ค่า pH					

- ระบุสมการเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของประจุ H^+ กับค่า pH

กำหนดให้ pH แทนค่า pH

และ H^+ แทนความเข้มข้นของประจุ H^+ หน่วย โมลต่อลิตร

..... CHULALONGKORN UNIVERSITY

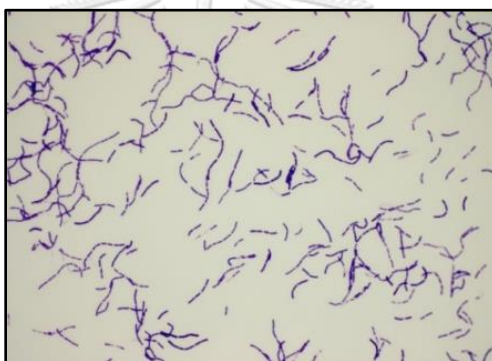
- วิธีอื่นๆ

4.1) สรุปคำตอบและตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ (ความสามารถในการสะท้อนและขยายผล) 2 คะแนน
<p>- สรุปคำตอบของปัญหา</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>- ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
4.2) ระบุการเปลี่ยนแปลงคำตอบเมื่อข้อเท็จจริงในสถานการณ์ปัญหาเปลี่ยนไป (ความสามารถในการสะท้อนและขยายผล) 2 คะแนน
<p>ถ้าน้ำฝนบริเวณกรุงเทพมหานครรอบในมีค่า pH 4.6 แล้วความเข้มข้นของประจุ H^+ ของน้ำฝนบริเวณกรุงเทพมหานครรอบในจะมีค่าเป็นกี่เท่าของน้ำฝนที่มีค่า pH 5.6 เพราะเหตุใด</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

ปัญหาที่ 2 การเพิ่มจำนวนเชื้อแบคทีเรีย (16 คะแนน)

นักวิจัยด้านอาหารต้องการทราบว่าแบคทีเรียในตัวอย่างอาหารที่นำมาทดสอบใกล้เคียงกับแบคทีเรียชนิดใด ถ้าแบคทีเรียที่นำมาทดสอบมีอัตราการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าในทุกๆ generation time ของแบคทีเรียแต่ละชนิดและพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 48 นาที จะมีจำนวนแบคทีเรีย 108 เซลล์ และเมื่อเวลาผ่านไป 120 นาที จะมีจำนวนแบคทีเรีย 862 เซลล์ โดย generation time ของแบคทีเรียแต่ละชนิด แสดงดังตารางต่อไปนี้

ชนิดของแบคทีเรีย	Generation Time (นาที)	ชนิดของแบคทีเรีย	Generation Time (นาที)
Escherichia coli	17	Streptococcus lactis	48
Bacillus megaterium	25	Lactobacillus acidophilus	75
Staphylococcus aureus	28	Rhizobium japonicum	401



1.1) ระบุข้อเท็จจริงและคำถามในสถานการณ์ปัญหา
(ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา) 2 คะแนน

- ข้อมูลที่กำหนดในสถานการณ์ปัญหาที่จำเป็นต่อการหาคำตอบ มีอะไรบ้าง

-
-
-
-

- คำถามของสถานการณ์ปัญหานี้ คืออะไร

.....

1.2) แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในปัญหา (ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา) 2 คะแนน

- ให้เลือกวิธีการในการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในปัญหา

- วาดกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการเพิ่มจำนวนกับจำนวนแบคทีเรีย



- เติมข้อมูลในตารางเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการเพิ่มจำนวนกับจำนวนแบคทีเรีย

เวลาที่ใช้ในการเพิ่มจำนวน					
จำนวนแบคทีเรีย					

- ระบุสมการเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการเพิ่มจำนวนกับจำนวนแบคทีเรีย

กำหนดให้ N แทนจำนวนแบคทีเรียเมื่อเวลาผ่านไป

N_0 แทนจำนวนแบคทีเรียในตอนเริ่มต้น

และ n แทนจำนวนครั้งที่แบคทีเรียแบ่งตัว

.....

- วิธีอื่นๆ

<p>4.1) สรุปคำตอบและตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ (ความสามารถในการสะท้อนและขยายผล) 2 คะแนน</p>
<p>- สรุปคำตอบของปัญหา</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>- ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>4.2) ระบุการเปลี่ยนแปลงคำตอบเมื่อข้อเท็จจริงในสถานการณ์ปัญหาเปลี่ยนไป (ความสามารถในการสะท้อนและขยายผล) 2 คะแนน</p>
<p>ถ้านักเรียนนำตัวอย่างอาหารใหม่มาทดสอบชนิดของแบคทีเรีย พบว่า ในตอนเริ่มต้นมีจำนวนแบคทีเรีย 20 เซลล์ เมื่อเวลาผ่านไป 50 นาที จะมีจำนวนแบคทีเรีย 80 เซลล์ แล้วแบคทีเรียในตัวอย่างอาหารใหม่ยังเป็นชนิดเดิมหรือไม่ เพราะเหตุใด</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

เฉลยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียน

ปัญหาที่ 1 ฝนกรด (16 คะแนน)

กระทรวงสาธารณสุขรายงานว่า ประเทศไทยกำลังเผชิญกับปัญหาฝนกรด ซึ่งหมายถึง น้ำฝนที่มีค่า pH ต่ำกว่า 5.6 ซึ่งเกิดขึ้นทั้งในบริเวณนิคมอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้าถ่านหิน และบริเวณตัวเมืองขนาดใหญ่ ดังนั้น ในบริเวณที่กำลังเผชิญกับปัญหาฝนกรด น้ำฝนจะมีความเข้มข้นของประจุ H^+ อย่างน้อยก็โมลต่อลิตร เมื่อค่า pH ของสารละลายมีค่าลดลง 1 ความเข้มข้นของประจุ H^+ จะเพิ่มขึ้น 10 เท่า



1.1) ระบุข้อเท็จจริงและคำถามในสถานการณ์ปัญหา

(ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา) 2 คะแนน

- ข้อมูลที่กำหนดในสถานการณ์ปัญหาที่จำเป็นต่อการหาคำตอบ มีอะไรบ้าง

- ฝนกรดมีค่า pH ต่ำกว่า 5.6

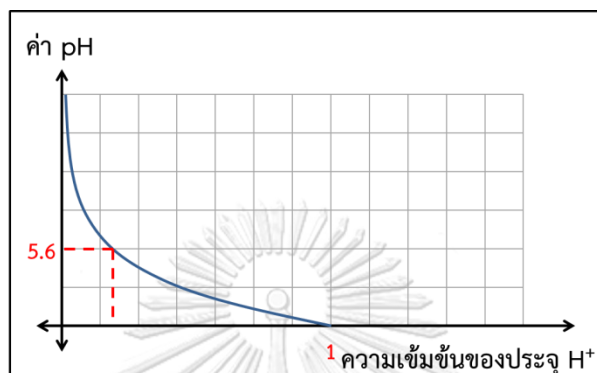
- คำถามของสถานการณ์ปัญหานี้ คืออะไร

ความเข้มข้นของประจุ H^+ ของน้ำฝนที่ทำให้เผชิญกับปัญหาฝนกรด

1.2) แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในปัญหา (ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา) 2 คะแนน

- ให้เลือกวิธีการในการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในปัญหา

- วาดกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของประจุ H^+ กับค่า pH



- เติมข้อมูลในตารางเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของประจุ H^+ กับค่า pH

ความเข้มข้นของประจุ H^+	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
ค่า pH	1	2	3	4	5

- ระบุสมการเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของประจุ H^+ กับค่า pH

กำหนดให้ pH แทนค่า pH

และ H^+ แทนความเข้มข้นของประจุ H^+ หน่วย โมลต่อลิตร

$$pH = -\log [H^+]$$

- วิธีอื่นๆ

2) เลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม และลงมือการแก้ปัญหาในขั้นตอนเริ่มต้น
(ความสามารถในการเลือกแผน) 4 คะแนน

- สิ่งแรกที่ต้องหาค่า คือ

ความเข้มข้นของประจุ H^+ ของน้ำฝนที่มี pH เท่ากับ 5.6

- อธิบายแนวทางในการหาคำตอบ อธิบายเป็นขั้นตอนทีละขั้น (ไม่เกิน 5 ขั้นตอน)

- แทนค่า $pH = 5.6$
- แก้สมการหาค่า $[H^+]_{5.6}$

- แสดงวิธีการแก้ปัญหาในขั้นตอนแรกที่นักเรียนได้อธิบายไว้

$$pH = -\log [H^+]$$

$$5.6 = -\log [H^+]$$

3) ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

(ความสามารถในการดำเนินการตามแผน) 4 คะแนน

- แสดงวิธีการแก้ปัญหาโดยละเอียด

$$pH = -\log [H^+]$$

$$5.6 = -\log [H^+]$$

$$[H^+] = 10^{-5.6}$$

$$\approx 2.51 \times 10^{-6}$$

4.1) สรุปคำตอบและตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ

(ความสามารถในการสะท้อนและขยายผล) 2 คะแนน

- สรุปคำตอบของปัญหา

ความเข้มข้นของประจุ H^+ ของน้ำฝนที่ทำให้เผชิญกับปัญหาฝนกรด เท่ากับ 2.51×10^{-6} โมลต่อลิตร

- ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ

คำตอบที่ 1 แทนค่า $[H^+] = 2.51 \times 10^{-6}$ ลงใน $pH = -\log [H^+]$

จะได้ว่า $-\log [2.51 \times 10^{-6}] \approx 5.6$

คำตอบที่ 2 เนื่องจากน้ำฝนที่มีค่า pH 5.6 จะมีความเข้มข้นของประจุ H^+ เป็น $\frac{10^{-5.6}}{10^{-5}} \approx 0.251$ เท่าของน้ำฝนที่มีค่า pH 5

ดังนั้น น้ำฝนที่มีค่า pH 5.6 จะมีความเข้มข้นของประจุ H^+ เท่ากับ 0.251×10^{-5} โมล หรือ 2.51×10^{-6} โมล

4.2) ระบุการเปลี่ยนแปลงคำตอบเมื่อข้อเท็จจริงในสถานการณ์ปัญหาเปลี่ยนไป

(ความสามารถในการสะท้อนและขยายผล) 2 คะแนน

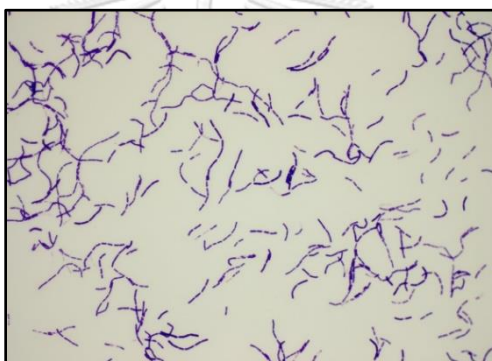
ถ้าน้ำฝนบริเวณกรุงเทพมหานครรอบในมีค่า pH 4.6 แล้วความเข้มข้นของประจุ H^+ ของน้ำฝนบริเวณกรุงเทพมหานครรอบในจะมีค่าเป็นกี่เท่าของน้ำฝนที่มีค่า pH 5.6 เพราะเหตุใด

10 เพราะ เมื่อน้ำฝนมีค่า pH ลดลง 1 ความเข้มข้นของประจุ H^+ จะเพิ่มขึ้น 10 เท่า

ปัญหาที่ 2 การเพิ่มจำนวนเชื้อแบคทีเรีย (16 คะแนน)

นักวิจัยด้านอาหารต้องการทราบว่าแบคทีเรียในตัวอย่างอาหารที่นำมาทดสอบใกล้เคียงกับแบคทีเรียชนิดใด ถ้าแบคทีเรียที่นำมาทดสอบมีอัตราการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าในทุกๆ generation time ของแบคทีเรียแต่ละชนิดและพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 48 นาที จะมีจำนวนแบคทีเรีย 108 เซลล์ และเมื่อเวลาผ่านไป 120 นาที จะมีจำนวนแบคทีเรีย 862 เซลล์ โดย generation time ของแบคทีเรียแต่ละชนิด แสดงดังตารางต่อไปนี้

ชนิดของแบคทีเรีย	Generation Time (นาที)	ชนิดของแบคทีเรีย	Generation Time (นาที)
Escherichia coli	17	Streptococcus lactis	48
Bacillus megaterium	25	Lactobacillus acidophilus	75
Staphylococcus aureus	28	Rhizobium japonicum	401



1.1) ระบุข้อเท็จจริงและคำถามในสถานการณ์ปัญหา
(ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา) 2 คะแนน

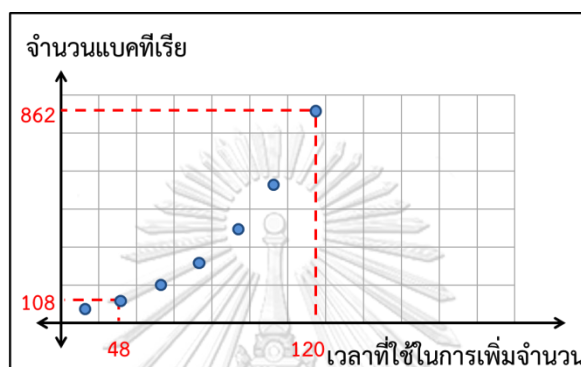
- ข้อมูลที่กำหนดในสถานการณ์ปัญหาที่จำเป็นต่อการหาคำตอบ มีอะไรบ้าง
 - แบคทีเรียจะมีจำนวน 108 เซลล์ เมื่อเวลาผ่านไป 48 นาที และมีจำนวน 862 เซลล์ เมื่อเวลาผ่านไป 120 นาที
 - generation time ของแบคทีเรียแต่ละชนิด
- คำถามของสถานการณ์ปัญหานี้ คืออะไร

ชนิดของแบคทีเรียในตัวอย่างอาหาร

1.2) แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในปัญหา (ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา) 2 คะแนน

- ให้เลือกวิธีการในการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในปัญหา

- วาดกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการเพิ่มจำนวนกับจำนวนแบคทีเรีย



- เติมข้อมูลในตารางเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการเพิ่มจำนวนกับจำนวนแบคทีเรีย

เวลาที่ใช้ในการเพิ่มจำนวน	0	t	2t	3t	4t
จำนวนแบคทีเรีย	N_0	$2N_0$	$4N_0$	$8N_0$	$16N_0$

- ระบุสมการเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการเพิ่มจำนวนกับจำนวนแบคทีเรีย

กำหนดให้ N แทนจำนวนแบคทีเรียเมื่อเวลาผ่านไป

N_0 แทนจำนวนแบคทีเรียในตอนเริ่มต้น

และ n แทนจำนวนครั้งที่แบคทีเรียแบ่งตัว

$$N = N_0 \times 2^n$$

- วิธีอื่นๆ

2) เลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม และลงมือการแก้ปัญหาในขั้นตอนเริ่มต้น
(ความสามารถในการเลือกแผน) 4 คะแนน

- สิ่งแรกที่ต้องหาค่า คือ

จำนวนเท่าของแบคทีเรียที่เพิ่มขึ้น

- อธิบายแนวทางในการหาคำตอบ อธิบายเป็นขั้นตอนทีละขั้น (ไม่เกิน 5 ขั้นตอน)

- หาจำนวนเท่า $N = 862 \div 108$
- หาจำนวนช่วง $n = \log_2 N$
- หาระยะห่างของเวลา $T = 120 - 48$
- หา generate time = $T \div n$

เปรียบเทียบ generation time กับตาราง

- แสดงวิธีการแก้ปัญหาในขั้นตอนแรกที่นักเรียนได้อธิบายไว้

$$N = 862 \div 108$$

$$\approx 8$$

3) ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

(ความสามารถในการดำเนินการตามแผน) 4 คะแนน

- แสดงวิธีการแก้ปัญหาโดยละเอียด

$$n = \log_2 8$$

$$n = 3$$

$$T = 120 - 48$$

$$T = 72$$

$$\text{Generation time} = 72 \div 3$$

$$\text{Generation time} = 24$$

<p>4.1) สรุปคำตอบและตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ (ความสามารถในการสะท้อนและขยายผล) 2 คะแนน</p>
<p>- สรุปคำตอบของปัญหา</p> <p>แบคทีเรียในตัวอย่างอาหาร คือ ชนิด <i>Bacillus megaterium</i></p> <p>- ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ</p> <p>แบคทีเรียชนิด <i>Bacillus megaterium</i> มี generation time 25 นาที ในตอนเริ่มต้นมีแบคทีเรีย A ตัว เมื่อเวลาผ่านไป 50 นาที จะมีแบคทีเรีย 4A เซลล์ เมื่อเวลาผ่านไป 125 นาที จะมีแบคทีเรีย 32A เซลล์ จำนวนแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้น 8 เท่า เมื่อเวลาไป 75 นาที ขณะที่แบคทีเรียในอาหารตัวอย่างจะเพิ่มขึ้น 7.98 เท่า เมื่อเวลาไป 72 นาที</p>
<p>4.2) ระบุการเปลี่ยนแปลงคำตอบเมื่อข้อเท็จจริงในสถานการณ์ปัญหาเปลี่ยนไป (ความสามารถในการสะท้อนและขยายผล) 2 คะแนน</p>
<p>ถ้านักเรียนนำตัวอย่างอาหารใหม่มาทดสอบชนิดของแบคทีเรีย พบว่า ในตอนเริ่มต้นมีจำนวนแบคทีเรีย 20 เซลล์ เมื่อเวลาผ่านไป 50 นาที จะมีจำนวนแบคทีเรีย 80 เซลล์ แล้วแบคทีเรียในตัวอย่างอาหารใหม่ยังเป็นชนิดเดิมหรือไม่ เพราะเหตุใด</p> <p>ชนิดเดียวกัน เนื่องจากแบคทีเรียใช้เวลา 50 นาที ในการเพิ่มจำนวนเป็น 4 เท่าของจำนวนแบคทีเรียเดิม ดังนั้น แบคทีเรียจะใช้เวลา 25 นาที ในการเพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่าของจำนวนแบคทีเรียเดิม</p>

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับนี้ แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบวัดชนิดปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก วัดตามองค์ประกอบของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น จำนวน 4 ข้อ
2. การอนุมาน จำนวน 4 ข้อ
3. การนิรนัย จำนวน 4 ข้อ

ตอนที่ 2 แบบวัดชนิดอัตนัย วัดตามองค์ประกอบของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

4. การประเมินข้อสรุป จำนวน 4 ข้อ
5. การตีความ จำนวน 4 ข้อ

2. แบบวัดฉบับนี้ใช้เวลาในการทำ 45 นาที

3. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบฉบับนี้ทุกข้อ

4. แบบวัดฉบับนี้มีคะแนนเต็มข้อละ 3 คะแนน

5. นักเรียนสามารถใช้เครื่องคิดเลขในการคำนวณได้

6. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล ชั้น และเลขที่ลงในแบบวัดให้ชัดเจน

ตอนที่ 1

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย หน้าตัวเลือกที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย หน้าตัวเลือกที่ผิดลงในกระดาษคำตอบ โดยในแต่ละข้ออาจจะมีตัวเลือกที่ถูกต้องมากกว่า 1 ตัวเลือก

<p>1) การระบุข้อตกลงเบื้องต้น</p> <p>ข้อสอบในส่วนนี้จะมีข้อความที่เป็นข้อสรุปมาให้ ให้นักเรียนเลือกตัวเลือกที่เป็นสมมติฐานหรือเหตุผลที่จะทำให้สามารถสรุปเป็นข้อความที่กำหนดให้ได้อย่างสมเหตุสมผล</p>
<p>1. ข้อความ “ค่าของฟังก์ชัน $g(x)$ จะเข้าใกล้ 2 เมื่อ x มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ”</p> <p>สมมติฐาน</p> <p><input type="checkbox"/> 1) “$g(x) = f(x) + 2$ โดยที่ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฐานอยู่ในช่วง $(0, 1)$”</p> <p><input type="checkbox"/> 2) “$g(x) = f(x - 2)$ โดยที่ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันลอการิทึม และมีโดเมนเป็นเซต $(0, \infty)$”</p> <p><input type="checkbox"/> 3) “กราฟของ $g(x) = f(x) + 2$ โดยที่ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และมี $y = 2$ เป็นเส้นกำกับ”</p> <p><input type="checkbox"/> 4) “กราฟของ $g(x) = f(x - 2)$ โดยที่ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันลอการิทึมและมี $x = 2$ เป็นเส้นกำกับ”</p>
<p>2. ข้อความ “$2 < \log_2 9 < 4$”</p> <p>สมมติฐาน</p> <p><input type="checkbox"/> 1) “$\log_2 3 \approx 1.5850$”</p> <p><input type="checkbox"/> 2) “$\log 2 \approx 0.3010$ และ $\log 3 \approx 0.4771$”</p> <p><input type="checkbox"/> 3) “$2^2 = 4$ และ $2^4 = 16$”</p> <p><input type="checkbox"/> 4) “$\log_2 4 < \log_2 9 < \log_2 16$”</p>

2) การอนุมาน

ข้อสอบในส่วนนี้จะมีข้อความที่เป็น**สถานการณ์**มาให้ให้นักเรียนเลือกตัวเลือกที่เป็น**ข้อมูลหรือรายละเอียดที่เป็นไปได้**จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

1. ข้อความ ในห้องวิจัยทางชีวภาพ นักวิจัยได้ทดลองเกี่ยวกับการเพิ่มจำนวนของเชื้อแบคทีเรียชนิดหนึ่งที่มีอัตราการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าทุกๆ 28 นาที โดยการเพาะเชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่า แบคทีเรียชนิดนี้จะมีจำนวน 800 เซลล์ เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง 52 นาที

การอนุมาน

- 1) จำนวนเชื้อแบคทีเรียและเวลาในการเพาะเชื้ออยู่ในรูปของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลฐาน 2
- 2) เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง 24 นาที แบคทีเรียชนิดนี้จะมีจำนวน 400 เซลล์
- 3) จำนวนเชื้อแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นเท่าๆ กันในแต่ละชั่วโมง
- 4) สภาพแวดล้อมจะมีลักษณะคงตัวตลอดการทดลอง

2. ข้อความ ชายคนหนึ่งต้องการวัดความดันบรรยากาศที่ระดับความสูงต่างๆ กัน โดยติดเครื่องวัดความดันบรรยากาศไว้ที่บอลูน เมื่อบอลูนลอยขึ้นจากระดับน้ำทะเล ความดันบรรยากาศที่วัดได้จากบอลูนจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ โดยความดันบรรยากาศที่มากที่สุดที่วัดได้จากบอลูนเท่ากับ 760 มิลลิเมตรปรอท และที่ความสูง 10 กิโลเมตร จากระดับน้ำทะเล ความดันบรรยากาศที่วัดได้จากบอลูนมีค่าเท่ากับ 178.27 มิลลิเมตรปรอท

การอนุมาน

- 1) บอลูนสามารถลอยสูงขึ้นไปได้เรื่อยๆ อย่างไม่มีขีดจำกัด
- 2) ความสัมพันธ์ของความดันบรรยากาศและความสูงของบอลูนเป็นฟังก์ชันที่มีโดเมนเป็นจำนวนจริงบวก
- 3) ความสัมพันธ์ของความดันบรรยากาศและความสูงของบอลูนเป็นฟังก์ชันลด
- 4) ความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเลเท่ากับ 760 มิลลิเมตรปรอท

3) การนิรนัย

ข้อสอบในส่วนนี้จะมีข้อความที่เป็นเหตุมาให้ให้นักเรียนเลือกตัวเลือกที่เป็นข้อสรุปของเหตุที่กำหนดให้

1. ข้อความ
- 1) กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $y = a^x$ จะผ่านจุด (0, 1) เสมอ
 - 2) กราฟ $f(x)$ ไม่ผ่านจุด (0, 1) กราฟ $g(x)$ ผ่านจุด (0, 1)
 - 3) กราฟ $h(x)$ ผ่านจุด (1, 0)

ข้อสรุป

- 1) $f(x)$ ไม่เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $y = a^x$
- 2) $g(x)$ เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $y = a^x$
- 3) $h(x)$ เป็นฟังก์ชันลอการิทึม $y = \log_a x$
- 4) $h(x)$ เป็นฟังก์ชันผกผันของ $g(x)$

2. ข้อความ
- 1) ฟังก์ชัน $f(x) = \log(x - b)$ เป็นฟังก์ชันเพิ่มที่มีโดเมนเป็น (b, ∞) และมีเรนจ์เป็น \mathbb{R} เสมอ
 - 2) ฟังก์ชัน $g(x)$ มีโดเมนเป็นเซต $(2, \infty)$
 - 3) ฟังก์ชัน $h(x) = \log(x - 2)$

ข้อสรุป

- 1) $g(x) = \log(x - 2)$
- 2) มีฟังก์ชันบางฟังก์ชันไม่มีค่าที่ $x = 2$
- 3) $h(x)$ มีโดเมนเป็น $(2, \infty)$
- 4) มีฟังก์ชันบางฟังก์ชันที่มีโดเมนเป็น (b, ∞) และมีเรนจ์เป็นเซต \mathbb{R}

ตอนที่ 2

คำชี้แจง แต่ละข้อจะมี 2 ข้อย่อย ในแต่ละข้อย่อยให้นักเรียนทำเครื่องหมาย หน้าตัวเลือกที่ถูกต้องลงในกระดาษคำตอบ และอธิบายเหตุผลสนับสนุนในการตอบ ถ้าไม่อธิบายเหตุผลสนับสนุนในการตอบจะไม่คิดคะแนนในข้อย่อยนั้น

4) การประเมินข้อสรุป

ข้อสอบในส่วนนี้จะมีข้อความที่เป็นข้อสรุปและเหตุผลที่ใช้ในการสรุปมาให้ให้นักเรียนเลือกว่าข้อสรุปและเหตุผลที่ใช้ในการสรุปนั้น มีความน่าเชื่อถือหรือไม่ พร้อมทั้งให้เหตุผลว่าเหตุใดจึงน่าเชื่อถือหรือไม่น่าเชื่อถือ

1. ข้อความ จากเหตุการณ์โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ระเบิดที่นิคมเชียร์โนบิลในปี ค.ศ. 1986 ทำให้เกิดการปล่อยธาตุพลูโตเนียม-239 (Pu-239) ขึ้นไปในชั้นบรรยากาศ โดยนักวิจัยกลุ่มหนึ่งได้เข้าไปเก็บตัวอย่างจากบริเวณที่เกิดเหตุ พบว่า ความสัมพันธ์ของปริมาณพลูโตเนียม-239 ที่เหลืออยู่ก็บระยะเวลาที่ธาตุพลูโตเนียม-239 สลายตัวจะเป็นดังนี้

$$N = 100(e^{-0.00002875t})$$

เมื่อ N แทน ปริมาณธาตุพลูโตเนียมที่เหลืออยู่ หน่วย กรัม
t แทน ระยะเวลาที่ธาตุพลูโตเนียมสลายตัว หน่วย ปี

ข้อสรุป 1) ธาตุพลูโตเนียม-239 มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 24,110 ปี เนื่องจาก

$$\frac{\ln(0.5)}{0.00002875} = 24,110$$

2) ในตอนเริ่มต้นตัวอย่างมีธาตุพลูโตเนียม-239 อยู่ 100 กรัม เนื่องจากเมื่อเวลาเริ่มต้น $t = 0$ จะทำให้ได้ค่า $N = 100$

ข้อสรุปใดน่าเชื่อถือ

1) น่าเชื่อถือ ไม่น่าเชื่อถือ

เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินความน่าเชื่อถือของข้อ 1)

.....
.....

2) น่าเชื่อถือ ไม่น่าเชื่อถือ

เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินความน่าเชื่อถือของข้อ 2)

.....
.....

2. ข้อความ บริษัทแห่งหนึ่งได้ทำนายกำไรต่อปีของสินค้าชนิดใหม่หลังจากออกจำหน่ายเป็นครั้งแรก โดยใช้ความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$P = 3500000 - 2100000 \left(\frac{1}{2}\right)^x$$

เมื่อ P แทน กำไรต่อปี หน่วย บาท
 x แทน จำนวนปีหลังจากออกจำหน่ายเป็นครั้งแรก

ข้อสรุป 1) กำไรต่อปีที่มากที่สุดที่คาดว่าจะได้รับจากสินค้าตัวนี้ คือ 140,000 บาท เนื่องจากอยู่ในช่วงปีแรกของการวางจำหน่าย
 2) กำไรต่อปีจะลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากความสัมพันธ์นี้เป็นฟังก์ชันลด

ข้อสรุปใดน่าเชื่อถือ

1) น่าเชื่อถือ ไม่น่าเชื่อถือ

เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินความน่าเชื่อถือของข้อ 1)

.....

.....

2) น่าเชื่อถือ ไม่น่าเชื่อถือ

เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินความน่าเชื่อถือของข้อ 2)

.....

.....

5) การตีความ

ข้อสอบในส่วนนี้จะมีข้อความที่เป็น**สถานการณ์และข้อความที่ตีความได้จากสถานการณ์**มาให้ให้นักเรียนเลือกว่าข้อความที่ตีความได้จากสถานการณ์นั้น **มีความถูกต้องภายใต้ขอบเขตและเงื่อนไขในสถานการณ์หรือไม่** พร้อมทั้งให้เหตุผลว่าเหตุใดจึงถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง

1. ข้อความ ประชากรในหมู่บ้านแสนสำราญเพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 10% ต่อปี เมื่อเวลาผ่านไป 5 ปี หมู่บ้านแสนสำราญจะมีจำนวนประชากร 4000×1.1^5 คน

การตีความ 1) ในตอนเริ่มต้นหมู่บ้านแสนสำราญมีประชากร 4,000 คน
2) ประชากรมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นตามลักษณะของเส้นโค้งเอกซ์โพเนนเชียล

ข้อใดตีความได้ถูกต้อง

- 1) ตีความได้ถูกต้อง ตีความไม่ถูกต้อง

เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินความถูกต้องของข้อ 1)

.....

.....

.....

.....

- 2) ตีความได้ถูกต้อง ตีความไม่ถูกต้อง

เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินความถูกต้องของข้อ 2)

.....

.....

.....

.....

2. ข้อความ ค่า pH จะเป็นค่าที่ใช้ในการวัดความเข้มข้นของประจุ H^+ สารละลาย โดยสารละลายแต่ละชนิดจะมีค่า pH แตกต่างกันไป เช่น โดยปกติ น้ำส้มสายชูที่มีค่า pH ประมาณ 3 จะมีความเข้มข้นของประจุ H^+ มากกว่ากาแฟดำที่มีค่า pH ประมาณ 5 เป็นต้น แต่ถ้านำน้ำส้มสายชูมาเจือจางมากๆ ก็อาจจะเป็นไปได้ว่าน้ำส้มสายชูที่นำมาเจือจางนั้นจะมีความเข้มข้นของประจุ H^+ น้อยกว่ากาแฟดำ

การตีความ 1) ค่า pH ของสารละลายขึ้นอยู่กับความเจือจางของสารละลาย
2) ค่า pH ของสารละลายขึ้นอยู่กับชนิดของสารละลาย

ข้อใดตีความได้ถูกต้อง

1) ตีความได้ถูกต้อง ตีความไม่ถูกต้อง

เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินความถูกต้องของข้อ 1)

.....

.....

.....

.....

2) ตีความได้ถูกต้อง ตีความไม่ถูกต้อง

เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินความถูกต้องของข้อ 2)

.....

.....

.....

.....

เฉลยแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับหลังเรียน

ตอนที่ 1

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย หน้าตัวเลือกที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย หน้าตัวเลือกที่ผิดลงในกระดาษคำตอบ โดยในแต่ละข้ออาจจะมีตัวเลือกที่ถูกต้องมากกว่า 1 ตัวเลือก

<p>1) การระบุข้อตกลงเบื้องต้น</p> <p>ข้อสอบในส่วนนี้จะมีข้อความที่เป็นข้อสรุปมาให้ ให้นักเรียนเลือกตัวเลือกที่เป็น <u>สมมติฐานหรือเหตุผล</u>ที่จะทำให้สามารถสรุปเป็นข้อความที่กำหนดให้ได้อย่างสมเหตุสมผล</p>
<p>1. ข้อความ “ค่าของฟังก์ชัน $g(x)$ จะเข้าใกล้ 2 เมื่อ x มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ”</p> <p>สมมติฐาน</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 1) “$g(x) = f(x) + 2$ โดยที่ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฐานอยู่ในช่วง $(0, 1)$”</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 2) “$g(x) = f(x - 2)$ โดยที่ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันลอการิทึม และมีโดเมนเป็นเซต $(0, \infty)$”</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 3) “กราฟของ $g(x) = f(x) + 2$ โดยที่ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และมี $y = 2$ เป็นเส้นกำกับ”</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 4) “กราฟของ $g(x) = f(x - 2)$ โดยที่ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันลอการิทึมและมี $x = 2$ เป็นเส้นกำกับ”</p>
<p>2. ข้อความ “$2 < \log_2 9 < 4$”</p> <p>สมมติฐาน</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 1) “$\log_2 3 \approx 1.5850$”</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 2) “$\log 2 \approx 0.3010$ และ $\log 3 \approx 0.4771$”</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 3) “$2^2 = 4$ และ $2^4 = 16$”</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 4) “$\log_2 4 < \log_2 9 < \log_2 16$”</p>

2) การอนุมาน

ข้อสอบในส่วนนี้จะมีข้อความที่เป็น**สถานการณ์**มาให้ให้นักเรียนเลือกตัวเลือกที่เป็น**ข้อมูลหรือรายละเอียดที่เป็นไปได้**จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

1. ข้อความ ในห้องวิจัยทางชีวภาพ นักวิจัยได้ทดลองเกี่ยวกับการเพิ่มจำนวนของเชื้อแบคทีเรียชนิดหนึ่งที่มีอัตราการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าทุกๆ 28 นาที โดยการเพาะเชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่า แบคทีเรียชนิดนี้จะมีจำนวน 800 เซลล์ เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง 52 นาที

การอนุมาน

- 1) จำนวนเชื้อแบคทีเรียและเวลาในการเพาะเชื้ออยู่ในรูปของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลฐาน 2
- 2) เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง 24 นาที แบคทีเรียชนิดนี้จะมีจำนวน 400 เซลล์
- 3) จำนวนเชื้อแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นเท่าๆ กันในแต่ละชั่วโมง
- 4) สภาพแวดล้อมจะมีลักษณะคงตัวตลอดการทดลอง

2. ข้อความ ชายคนหนึ่งต้องการวัดความดันบรรยากาศที่ระดับความสูงต่างๆ กัน โดยติดเครื่องมือวัดความดันบรรยากาศไว้ที่บอลูน เมื่อบอลูนลอยขึ้นจากระดับน้ำทะเล ความดันบรรยากาศที่วัดได้จากบอลูนจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ โดยความดันบรรยากาศที่มากที่สุดที่วัดได้จากบอลูนเท่ากับ 760 มิลลิเมตรปรอท และที่ความสูง 10 กิโลเมตร จากระดับน้ำทะเล ความดันบรรยากาศที่วัดได้จากบอลูนมีค่าเท่ากับ 178.27 มิลลิเมตรปรอท

การอนุมาน

- 1) บอลูนสามารถลอยสูงขึ้นไปได้เรื่อยๆ อย่างไม่มีขีดจำกัด
- 2) ความสัมพันธ์ของความดันบรรยากาศและความสูงของบอลูนเป็นฟังก์ชันที่มีโดเมนเป็นจำนวนจริงบวก
- 3) ความสัมพันธ์ของความดันบรรยากาศและความสูงของบอลูนเป็นฟังก์ชันลด
- 4) ความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเลเท่ากับ 760 มิลลิเมตรปรอท

3) การนิรนัย

ข้อสอบในส่วนนี้จะมีข้อความที่เป็นเหตุมาให้ให้นักเรียนเลือกตัวเลือกที่เป็นข้อสรุปของเหตุที่กำหนดให้

1. ข้อความ 1) กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $y = a^x$ จะผ่านจุด (0, 1) เสมอ
 2) กราฟ $f(x)$ ไม่ผ่านจุด (0, 1) กราฟ $g(x)$ ผ่านจุด (0, 1)
 3) กราฟ $h(x)$ ผ่านจุด (1, 0)

ข้อสรุป

- 1) $f(x)$ ไม่เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $y = a^x$
 2) $g(x)$ เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $y = a^x$
 3) $h(x)$ เป็นฟังก์ชันลอการิทึม $y = \log_a x$
 4) $h(x)$ เป็นฟังก์ชันผกผันของ $g(x)$

2. ข้อความ 1) ฟังก์ชัน $f(x) = \log(x - b)$ เป็นฟังก์ชันเพิ่มที่มีโดเมนเป็น (b, ∞) และมีเรนจ์เป็น \mathbb{R} เสมอ
 2) ฟังก์ชัน $g(x)$ มีโดเมนเป็นเซต $(2, \infty)$
 3) ฟังก์ชัน $h(x) = \log(x - 2)$

ข้อสรุป

- 1) $g(x) = \log(x - 2)$
 2) มีฟังก์ชันบางฟังก์ชันไม่มีค่าที่ $x = 2$
 3) $h(x)$ มีโดเมนเป็น $(2, \infty)$
 4) มีฟังก์ชันบางฟังก์ชันที่มีโดเมนเป็น (b, ∞) และมีเรนจ์เป็นเซต \mathbb{R}

ตอนที่ 2

คำชี้แจง แต่ละข้อจะมี 2 ข้อย่อย ในแต่ละข้อย่อยให้นักเรียนทำเครื่องหมาย หน้าตัวเลือกที่ถูกต้องลงในกระดาษคำตอบ และอธิบายเหตุผลสนับสนุนในการตอบ ถ้าไม่อธิบายเหตุผลสนับสนุนในการตอบจะไม่คิดคะแนนในข้อย่อยนั้น

4) การประเมินข้อสรุป

ข้อสอบในส่วนนี้จะมีข้อความที่เป็นข้อสรุปและเหตุผลที่ใช้ในการสรุปมาให้ให้นักเรียนเลือกว่าข้อสรุปและเหตุผลที่ใช้ในการสรุปนั้น มีความน่าเชื่อถือหรือไม่ พร้อมทั้งให้เหตุผลว่าเหตุใดจึงน่าเชื่อถือหรือไม่น่าเชื่อถือ

1. ข้อความ จากเหตุการณ์โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ระเบิดที่นิคมเชียร์โนบิลในปี ค.ศ. 1986 ทำให้เกิดการปล่อยธาตุพลูโตเนียม-239 (Pu-239) ขึ้นไปในชั้นบรรยากาศ โดยนักวิจัยกลุ่มหนึ่งได้เข้าไปเก็บตัวอย่างจากบริเวณที่เกิดเหตุ พบว่า ความสัมพันธ์ของปริมาณพลูโตเนียม-239 ที่เหลืออยู่ก็บระยะเวลาที่ธาตุพลูโตเนียม-239 สลายตัวจะเป็นดังนี้

$$N = 100(e^{-0.00002875t})$$

เมื่อ N แทน ปริมาณธาตุพลูโตเนียมที่เหลืออยู่ หน่วย กรัม
t แทน ระยะเวลาที่ธาตุพลูโตเนียมสลายตัว หน่วย ปี

ข้อสรุป 1) ธาตุพลูโตเนียม-239 มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 24,110 ปี เนื่องจาก

$$\frac{\ln(0.5)}{0.00002875} = 24,110$$

2) ในตอนเริ่มต้นตัวอย่างมีธาตุพลูโตเนียม-239 อยู่ 100 กรัม เนื่องจากเมื่อเวลาเริ่มต้น $t = 0$ จะทำให้ได้ค่า $N = 100$

ข้อสรุปใดน่าเชื่อถือ

1) น่าเชื่อถือ ไม่น่าเชื่อถือ

เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินความน่าเชื่อถือของข้อ 1)

เนื่องจากเมื่อแทน $0.5N$ ซึ่งแทนปริมาณครึ่งหนึ่งของธาตุที่มีอยู่ จะได้เวลาเท่ากับ 24,110 ปี

2) น่าเชื่อถือ ไม่น่าเชื่อถือ

เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินความน่าเชื่อถือของข้อ 2)

เนื่องจากในตอนเริ่มต้นหมายถึงเวลาเท่ากับ 0 และ $e^0 = 1$

2. ข้อความ บริษัทแห่งหนึ่งได้ทำนายกำไรต่อปีของสินค้าชนิดใหม่หลังจากออกจำหน่ายเป็นครั้งแรก โดยใช้ความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$P = 3500000 - 2100000 \left(\frac{1}{2}\right)^x$$

เมื่อ P แทน กำไรต่อปี หน่วย บาท
x แทน จำนวนปีหลังจากออกจำหน่ายเป็นครั้งแรก

ข้อสรุป 1) กำไรต่อปีที่มากที่สุดที่คาดว่าจะได้รับจากสินค้าตัวนี้ คือ 140,000 บาท เนื่องจากอยู่ในช่วงปีแรกของการวางจำหน่าย
2) กำไรต่อปีจะลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากความสัมพันธ์นี้เป็นฟังก์ชันลด

ข้อสรุปใดน่าจะเชื่อถือ

1) น่าเชื่อถือ ไม่น่าเชื่อถือ

เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินความน่าเชื่อถือของข้อ 1)

เนื่องจากความสัมพันธ์นี้เป็นฟังก์ชันเพิ่ม ในช่วงปีแรกของการวางจำหน่ายจะมีกำไรต่อปีน้อยที่สุด

2) น่าเชื่อถือ ไม่น่าเชื่อถือ

เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินความน่าเชื่อถือของข้อ 2)

เนื่องจากความสัมพันธ์นี้เป็นฟังก์ชันเพิ่ม

5) การตีความ

ข้อสอบในส่วนนี้จะมีข้อความที่เป็นสถานการณ์และข้อความที่ตีความได้จากสถานการณ์มาให้ให้นักเรียนเลือกว่าข้อความที่ตีความได้จากสถานการณ์นั้น มีความถูกต้องภายใต้ขอบเขตและเงื่อนไขในสถานการณ์หรือไม่ พร้อมทั้งให้เหตุผลว่าเหตุใดจึงถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง

1. ข้อความ ประชากรในหมู่บ้านแสนสำราญเพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 10% ต่อปี เมื่อเวลาผ่านไป 5 ปี หมู่บ้านแสนสำราญจะมีจำนวนประชากร 4000×1.1^5 คน

การตีความ 1) ในตอนเริ่มต้นหมู่บ้านแสนสำราญมีประชากร 4,000 คน
2) ประชากรมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นตามลักษณะของเส้นโค้งเอกซ์โพเนนเชียล

ข้อใดตีความได้ถูกต้อง

- 1) ตีความได้ถูกต้อง ตีความไม่ถูกต้อง

เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินความถูกต้องของข้อ 1)

เนื่องจาก 1.1^5 คือ จำนวนเท่าที่เพิ่มขึ้นจากจำนวนประชากรในตอนเริ่มต้น ดังนั้น 4000 จึงเป็นจำนวนในตอนเริ่มต้น

- 2) ตีความได้ถูกต้อง ตีความไม่ถูกต้อง

เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินความถูกต้องของข้อ 2)

เนื่องจาก เมื่อผ่านไป 5 ปี จะมีจำนวนประชากร 4000×1.1^5 คน ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชัน $N = K(a)^t$ โดยที่ กราฟของฟังก์ชันเกิดจากการขยายกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลในแนวแกน Y

2. ข้อความ ค่า pH จะเป็นค่าที่ใช้ในการวัดความเข้มข้นของประจุ H^+ สารละลาย โดยสารละลายแต่ละชนิดจะมีค่า pH แตกต่างกันไป เช่น โดยปกติ น้ำส้มสายชูที่มีค่า pH ประมาณ 3 จะมีความเข้มข้นของประจุ H^+ มากกว่ากาแฟดำที่มีค่า pH ประมาณ 5 เป็นต้น แต่ถ้านำน้ำส้มสายชูมาเจือจางมากๆ ก็อาจจะเป็นไปได้ว่าน้ำส้มสายชูที่นำมาเจือจางนั้นจะมีความเข้มข้นของประจุ H^+ น้อยกว่ากาแฟดำ

การตีความ 1) ค่า pH ของสารละลายขึ้นอยู่กับความเจือจางของสารละลาย
2) ค่า pH ของสารละลายขึ้นอยู่กับชนิดของสารละลาย

ข้อใดตีความได้ถูกต้อง

- 1) ตีความได้ถูกต้อง ตีความไม่ถูกต้อง
เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินความถูกต้องของข้อ 1)

เนื่องจากสารละลายที่มีความเจือจางมากจะมีความเป็นกรดน้อยกว่าสารละลายที่มีความเข้มข้น

- 2) ตีความได้ถูกต้อง ตีความไม่ถูกต้อง
เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินความถูกต้องของข้อ 2)

เนื่องจากสารละลายแต่ละชนิดจะมีความเป็นกรดแตกต่างกัน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายกิตติพันธ์ วิบูลศิลป์ เกิดเมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2526 ที่เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาจากหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2548 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2558



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY