

2020

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3

เสาวลักษณ์ สุวรรณชัยรบ
คณะครุศาสตร์

Follow this and additional works at: <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd>



Part of the [Science and Mathematics Education Commons](#)

Recommended Citation

สุวรรณชัยรบ, เสาวลักษณ์, "ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3" (2020). *Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)*. 4179.

<https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/4179>

This Thesis is brought to you for free and open access by Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD) by an authorized administrator of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์
และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3



น.ส.เสาวลักษณ์ สุวรรณชัยรบ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITIES USING
INQUIRY-BASED LEARNING ON MATHEMATICAL KNOWLEDGE AND
CRITICAL THINKING OF NINTH GRADE STUDENTS



Miss Saowalak Suwannachairob

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

Department of Curriculum and Instruction

FACULTY OF EDUCATION

Chulalongkorn University

Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3
โดย	น.ส.เสาวลักษณ์ สุวรรณชัยรบ
สาขาวิชา	การศึกษาคณิตศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คันสนีย์ เณรเทียน

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คันสนีย์ เณรเทียน)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์)

เสาวลักษณ์ สุวรรณชัยรบ : ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบ
สอบที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่

3. (EFFECTS OF ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITIES USING
INQUIRY-BASED LEARNING ON MATHEMATICAL KNOWLEDGE AND CRITICAL

THINKING OF NINTH GRADE STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.คันสนีย์ เณรเทียน

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบ
ความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบ
สอบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 และ 2) เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนกับ
หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ ซึ่งการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นการเรียนรู้ที่เน้นให้
ผู้เรียนเป็นผู้สืบค้นความรู้จากคำถาม สถานการณ์ หรือปัญหาที่นักเรียนสนใจ จนนำไปสู่การหาคำตอบหรือแก้ปัญหา
ด้วยตนเอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัด
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร ที่ได้จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 1
ห้อง ซึ่งเป็นห้องเรียนที่มีการจัดการห้องเรียนปกติแบบความสามารถ จำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัด
ความรู้ทางคณิตศาสตร์มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.78 และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับก่อนเรียนและฉบับหลัง
เรียน มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.87 และ 0.74 ตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วน
เบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า

1) ความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์
โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม และ

2) การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา การศึกษาคณิตศาสตร์

ปีการศึกษา 2563

ลายมือชื่อนิติ
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6083368327 : MAJOR MATHEMATICS EDUCATION

KEYWORD: MATHEMATICAL KNOWLEDGE, CRITICAL THINKING, INQUIRY-BASED LEARNING

Saowalak Suwannachairob : EFFECTS OF ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITIES USING INQUIRY-BASED LEARNING ON MATHEMATICAL KNOWLEDGE AND CRITICAL THINKING OF NINTH GRADE STUDENTS. Advisor: Asst. Prof. SANSANEE NENTHIEN, Ph.D.

This research was the one-group pretest posttest design. The purposes of this research were: 1) to compare mathematical knowledge of ninth grade students learning by organizing mathematics learning activities using inquiry-based learning with 60 percentage of criteria, and 2) to compare critical thinking of ninth grade students between before and after learning by organizing mathematics learning activities using inquiry-based learning. Inquiry-based learning is an approach that students are encouraged to investigate knowledge from questions, situations or problems, and then create appropriate solutions. The sample was 50 ninth grade students of one school from schools under Bangkok Secondary Educational Service Area Office 1, during the second semester of academic year 2019 and mixed-ability classroom using the purposive sampling. The experimental instruments were the lesson plans focusing on organizing mathematics learning activities using inquiry-based learning. The data collection instruments consisted of the mathematical knowledge test, the reliability was 0.78, and pre- and post-tests of the critical thinking, the reliability was 0.87 and 0.74, respectively. The data was analyzed by using arithmetic mean, percentage of arithmetic mean, standard deviation, and t-test. The results of the research revealed that

1) the mathematical knowledge of ninth grade students after learning by organizing mathematics learning activities using inquiry-based learning was lower than 60 percentage of criteria, and

2) the critical thinking of students after learning was higher than that of students before learning at .05 level of significance.

Field of Study: Mathematics Education

Student's Signature

Academic Year: 2020

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศันสนีย์ เณรเทียน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งให้ความเมตตาอย่างสูงยิ่ง กรุณาสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์กับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งให้คำชี้แนะและข้อควรปรับปรุงเพื่อให้ผู้วิจัยได้แก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่อยู่เสมอ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังเป็นผู้คอยบ่มเพาะให้ผู้วิจัยเข้าใจกระบวนการทำงานอย่างเป็นระบบ ให้ประสบการณ์ และทักษะต่างๆ ตลอดจนเป็นผู้ให้กำลังใจที่ดีในการทำวิทยานิพนธ์แก่ผู้วิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถศาสตร์ นิมิตรพันธ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม และตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งเป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ครบถ้วนมากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านจากสาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์และคณะครูศาสตร์ที่ได้มอบความรู้ ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ น่วมนุญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล สลีวงศ์ ดร.ศศิวรรณ เมื่อนันทน์ ดร.เพ็ญเพ็ญ จิรัชัย อาจารย์วรนาถ อยู่สุข อาจารย์ชัยพร ตั้งตน ครูเด่น จิตวิฆาม และครูพิกุล แสนชัยนาท ที่ได้กรุณาสละเวลาในการตรวจพิจารณาและให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อคณะผู้บริหารและคณะครูโรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล และขอขอบคุณนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยตลอดทั้งกระบวนการเป็นอย่างดี รวมทั้งขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อคณะผู้บริหาร คณะครู และนักเรียนโรงเรียนมัธยมวัดสิงห์ ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการทดลองใช้เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่ให้การสนับสนุนการศึกษาระดับมหาวิทยาลัยในทุกๆ ด้าน และเป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่งแก่ผู้วิจัยเสมอมา ตลอดจนขอขอบคุณเพื่อนที่ดีในสาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ทุกคน ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา และกำลังใจในการทำงานตลอดมา จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดี

เสาวลักษณ์ สุวรรณชัยรบ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 คำถามวิจัย.....	4
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.4 สมมติฐานของการวิจัย.....	4
1.5 ขอบเขตของการศึกษา	7
1.6 คำจำกัดความในการวิจัย.....	7
1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	10
1.8 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	11
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
ตอนที่ 1 การเรียนรู้แบบสืบสอบ	13
1.1 ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบสอบ.....	13
1.2 ประเภทของการเรียนรู้แบบสืบสอบ.....	15
1.3 ขั้นตอนในกระบวนการเรียนรู้แบบสืบสอบ	18
ตอนที่ 2 ความรู้ทางคณิตศาสตร์	25

2.1 ความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์.....	25
2.2 ความสำคัญของความรู้ทางคณิตศาสตร์.....	28
2.3 แนวทางการพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์.....	29
2.4 การประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์.....	34
ตอนที่ 3 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	35
3.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	35
3.2 องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	36
3.3 ลักษณะของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	39
3.4 การประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	43
ตอนที่ 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	47
4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางคณิตศาสตร์.....	47
4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	49
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	54
1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	54
2. การออกแบบการวิจัย.....	55
3. การกำหนดประชากรและตัวอย่าง.....	55
4. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	56
4.1 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	56
4.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	68
5. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	80
5.1 ขั้นตอนเตรียมการก่อนการทดลอง.....	80
5.2 ขั้นตอนดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	80
6. การวิเคราะห์ข้อมูล.....	81
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	81

7.1 สถิติที่ใช้สำหรับตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	81
7.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	83
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	84
4.1 ผลการเปรียบเทียบความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัด กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนน เต็ม.....	84
4.2 ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนและ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ.....	85
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	88
5.1 สรุปผลการวิจัย	90
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	91
5.3 ข้อเสนอแนะ	96
บรรณานุกรม.....	99
ภาคผนวก.....	105
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือวิจัย	106
ภาคผนวก ข ตัวอย่างหนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิ และหนังสือขอความร่วมมือในการวิจัย	108
ภาคผนวก ค โครงสร้างแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	114
ภาคผนวก ง ผลการประเมินแบบทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญและ ผลการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือที่ ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	117
ภาคผนวก จ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	126
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	140
ภาคผนวก ช ผลการทดสอบทางสถิติของแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ และแบบวัดการคิดอย่าง มีวิจารณญาณ.....	153
ประวัติผู้เขียน.....	159

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงรูปแบบการวิจัย.....	55
ตารางที่ 2 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหาที่ใช้สอน/เนื้อหาหลักที่ใช้ในการสืบสอบ และจำนวนคาบของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องวงกลม.....	57
ตารางที่ 3 แสดงกรอบแนวคิดของขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ	60
ตารางที่ 4 แสดงเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในลักษณะที่ 1	72
ตารางที่ 5 แสดงเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านที่ 2-5..	73
ตารางที่ 6 แสดงภาพรวมของแบบวัดที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	79
ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต (X) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (M) และการทดสอบค่าที (t-test) ของคะแนนความรู้ทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม (คะแนนเต็ม 30 คะแนน) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ จำนวน 50 คน	84
ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต (X) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และการทดสอบค่าที (t-test) ของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ จำนวน 50 คน	85
ตารางที่ 9 โครงสร้างแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน	115
ตารางที่ 10 โครงสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียน	116
ตารางที่ 11 โครงสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับหลังเรียน.....	116
ตารางที่ 12 ผลการประเมินความสอดคล้องของโครงสร้างแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังทดลองกับนิยามศัพท์เฉพาะและเกณฑ์การให้คะแนน.....	118
ตารางที่ 13 ผลการประเมินความสอดคล้องของโครงสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับก่อนทดลองและฉบับหลังทดลองกับนิยามศัพท์เฉพาะขององค์ประกอบและเกณฑ์การให้คะแนน .	120

ตารางที่ 14 แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงของแบบวัดความรู้ทาง คณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ (นำไปใช้จริง).....	123
ตารางที่ 15 แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงของแบบการคิดอย่างมี วิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียน จำนวน 30 ข้อ (นำไปใช้จริง).....	124
ตารางที่ 16 แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงของแบบการคิดอย่างมี วิจารณญาณ ฉบับหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ (นำไปใช้จริง)	125
ตารางที่ 17 ผลการทดสอบคะแนนความรู้ทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างหลังเรียนกับเกณฑ์ ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มของนักเรียนกลุ่มทดลอง (คะแนนเต็มฉบับละ 30 คะแนน).....	154
ตารางที่ 18 ผลการทดสอบคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลัง เรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง (คะแนนเต็มฉบับละ 30 คะแนน ด้านละ 6 คะแนน).....	156



สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย.....	11
ภาพที่ 2 แสดงรูปแบบลักษณะการดำเนินการของการเรียนรู้แบบสืบสอบ	23
ภาพที่ 3 แสดงภาพและสื่อที่ใช้สร้างแรงจูงใจ (แผนที่ 1) เรื่อง ส่วนต่างๆ ของวงกลม.....	62
ภาพที่ 4 แสดงภาพที่ใช้สร้างแรงจูงใจ (แผนที่ 9) เรื่อง คอร์ดกับจุดศูนย์กลางของวงกลม.....	63
ภาพที่ 5 แสดงภาพที่ใช้กระตุ้นความสนใจก่อนสืบสอบ (แผนที่ 2) เรื่อง มุมในส่วนโค้งของวงกลม ..	63
ภาพที่ 6 แสดงภาพที่ใช้กระตุ้นความสนใจก่อนสืบสอบ (แผนที่ 8) เรื่อง จุดศูนย์กลางของวงกลม ..	64
ภาพที่ 7 แสดงสถานการณ์การสืบสอบ (แผนที่ 9) เรื่อง คอร์ดที่ยาวเท่ากัน	64
ภาพที่ 8 แสดงสถานการณ์การสืบสอบ (แผนที่ 8) เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมแนบในวงกลม.....	64
ภาพที่ 9 แสดงสื่อการสำรวจในการสืบสอบ (แผนที่ 2) เรื่อง มุมในส่วนโค้งของวงกลม	65
ภาพที่ 10 แสดงแบบสำรวจในการสืบสอบ (แผนที่ 10) เรื่อง เส้นสัมผัสวงกลมและรัศมี	65
ภาพที่ 11 แสดงแบบสำรวจและสื่อในการสืบสอบ (แผนที่ 8) เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมแนบในวงกลม.....	66
ภาพที่ 12 แสดงเอกสารให้ความรู้ในการสืบสอบ (แผนที่ 5) เรื่อง การสร้างรูปหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าแนบในวงกลม.....	66
ภาพที่ 13 แสดงคำถามเพิ่มเติม (แผนที่ 7) ที่ให้นักเรียนร่วมกันคิดและอภิปรายถึงขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของวงกลม หลังจากทีนักเรียนได้ความรู้จากการสืบสอบที่ว่า “เส้นตรงที่ตั้งฉากและแบ่งครึ่งคอร์ดของวงกลม จะผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมนั้น”	67
ภาพที่ 14 แสดงคำถามเพิ่มเติม (แผนที่ 9) ให้นักเรียนร่วมกันคิดและอภิปรายถึงทฤษฎีบทกลับและข้อสังเกตที่ได้จากการสืบสอบความรู้ในทฤษฎีบทที่ว่า “ในวงกลมเดียวกัน ถ้าคอร์ดทั้งสองเส้นยาวเท่ากัน แล้วคอร์ดทั้งสองนั้นจะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็น	67
ภาพที่ 15 แสดงโจทย์เพื่อฝึกการนำความรู้ไปใช้ (แผนที่ 1) เรื่อง มุมในครึ่งวงกลม.....	67
ภาพที่ 16 แสดงโจทย์เพื่อฝึกการนำความรู้ไปใช้ (แผนที่ 2) เรื่อง มุมในส่วนโค้งของวงกลม	68

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สภาพสังคมปัจจุบันในยุคศตวรรษที่ 21 เป็นยุคของสังคมข้อมูลข่าวสารที่มีการติดต่อสื่อสารทางเทคโนโลยี มีการเชื่อมโยงข่าวสารถึงกันในทุกภูมิภาคของโลก ซึ่งสามารถส่งข่าวสารถึงกันอย่างรวดเร็วด้วยเวลาเพียงไม่กี่วินาที ทำให้มีข้อมูลข่าวสาร ความรู้ หรือวิทยาการใหม่ๆ เกิดขึ้นอยู่เสมอ จนเกิดการเปลี่ยนแปลงในสังคมอย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของคนในสังคมทุกเพศ ทุกวัยโดยทั่วกัน การเรียนรู้จึงสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาจากการเลือกรับข้อมูลข่าวสารเหล่านั้น ที่อาจส่งผลให้เกิดประโยชน์ โทษ หรือเป็นภัยต่อตนเองและสังคม การดำรงชีวิตในสังคมของคนยุคนี้ จึงจำเป็นต้องมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อที่จะสามารถคิดวิเคราะห์และแยกแยะข้อมูลจริง กับข้อมูลที่เป็นความคิดเห็น ในการพิจารณาเพื่อรับข้อมูลข่าวสาร ความรู้ หรือใช้การตัดสินใจในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ที่พบเจอ และสามารถปรับตัวให้เข้ากับความเป็นไป การคิดอย่างมี วิจารณญาณเป็นหนึ่งในทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นการคิดอย่างมี เหตุผลและการคิดไตร่ตรองอย่างถี่ถ้วน เพื่อการตัดสินใจก่อนจะเชื่อหรือก่อนจะลงมือปฏิบัติใน แต่ละสิ่ง (R. H. Ennis, 1985) โดยอาศัยความรู้ ความคิด ประสบการณ์ในการพิจารณาข้อมูลหรือ หลักฐานที่รองรับอย่างรอบคอบ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นทักษะที่จำเป็นอย่างมากต่อ การดำรงชีวิตอยู่ในสังคมของคนในยุคศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเร่งรีบและแข่งขันทาง เทคโนโลยี ใครมีทักษะในการดำรงชีวิตที่ดีกว่าย่อมมีความได้เปรียบในทุกด้าน ส่วนคนที่ขาดทักษะ การดำรงชีวิตจะกลายเป็นคนที่ล้าหลัง ถูกเอาเปรียบ หรืออยู่ในสังคมได้อย่างยากลำบาก (สรินญา มารศรี, 2562)

การศึกษาเป็นรากฐานของการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการออกไปดำรงชีวิตใน สังคม ผู้สอนจึงต้องมีการตื่นตัวในการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีทักษะในการดำรงชีวิต เนื่องจากการ คิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นกระบวนการทางความคิดจึงต้องมีการพัฒนาอย่างเป็นระบบ ประกอบกับ ความคิดและความรู้เป็นสิ่งที่ควรมีควบคู่กัน เพราะ การใช้ความคิดจำเป็นต้องอาศัยความรู้และ ประสบการณ์มาเป็นพื้นฐานในกระบวนการคิด ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นทักษะที่ควรมี การสอดแทรกในทุกวิชารวมทั้งในวิชาคณิตศาสตร์ไม่ว่าจะเป็นเนื้อหาใดก็ตาม ซึ่งการจัดการเรียนรู้ คณิตศาสตร์จะมุ่งเน้นการพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์ทั้งความรู้เชิงมโนทัศน์และเชิงขั้นตอน

กระบวนการ รวมถึงการนำความรู้ไปใช้เป็นเครื่องมือในการสื่อความหมาย คำนวณ ให้เหตุผล แก้ปัญหา และต่อยอดในการเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ในชีวิตประจำวัน เนื่องจากความรู้ทางคณิตศาสตร์ แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนกระบวนการ ดังนั้น ผู้สอนควร สอนทั้งความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนกระบวนการควบคู่กันไป เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงได้ ว่าขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ที่ตนเองคุ้นเคยนั้นมีที่มาหรือความหมายอย่างไร และจะนำไปใช้ได้อย่างไร (อัมพร ม้าคนอง, 2554)

ถึงแม้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์มุ่งเน้นการพัฒนานักเรียนทั้งด้านความรู้และทักษะและ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ แต่จากผลการประเมินต่างๆ พบว่า ในปัจจุบันการจัดการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ดังจะเห็นได้จากการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์ร่วมกับนานาชาติในโครงการ TIMSS ปี ค.ศ.2015 (Trends in International Mathematics and Science Study) ซึ่งเป็นการประเมินทั้งด้านเนื้อหาวิชาและด้านพฤติกรรม การเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ใน 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ และด้านการใช้เหตุผล โดยทำการประเมินนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนไทยได้คะแนนวิชา คณิตศาสตร์เฉลี่ย 431 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยนานาชาติที่มีคะแนนเฉลี่ย 500 คะแนน เมื่อ พิจารณาในภาพรวมถูกจัดอยู่ในกลุ่มระดับต่ำ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) สอดคล้องกับผลการประเมินการรู้เรื่องทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) ของ นักเรียนร่วมกับนานาชาติ ในโครงการ PISA ปี ค.ศ. 2018 (Programme for International Student Assessment) โดยทำการประเมินนักเรียนอายุ 15 ปี ในการใช้ความรู้และทักษะที่ เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงที่วัดสมรรถนะ 3 ด้าน คือ ด้านการอ่าน ด้านคณิตศาสตร์ และด้านวิทยาศาสตร์ พบว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ย 419 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย นานาชาติที่มีคะแนนเฉลี่ย 489 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) นอกจากนี้ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินัยพื้นฐาน หรือ O-NET (Ordinary National Educational Test) ซึ่งเป็นการทดสอบเพื่อวัดความรู้และความคิดของนักเรียน พบว่านักเรียน มัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั่วประเทศในปีการศึกษา 2561 ได้คะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เพียง 30.04 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน (สถาบันทดสอบทางการศึกษา, 2561) จากผลการประเมิน ระดับชาติและระดับนานาชาติแสดงให้เห็นว่าภาพรวมของนักเรียนไทยยังคงมีปัญหาในด้านความรู้ ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ โดยสาเหตุอาจมาจากธรรมชาติของเนื้อหา คณิตศาสตร์ที่เป็นนามธรรม รวมไปถึงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่วนใหญ่ยังคงยึดผู้สอนเป็น

ศูนย์กลาง ทำให้นักเรียนขาดโอกาสในการทำความเข้าใจและสร้างความรู้ด้วยตนเอง สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ปกติ ยังไม่สนับสนุนให้เกิดความรู้และการคิดอย่างมีวิจารณญาณเท่าที่ควร ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในรูปแบบที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิดเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในรู้นั้นอย่างแท้จริง สามารถตัดสินใจและเลือกใช้ความรู้ที่มีให้เหมาะสมกับสถานการณ์ต่างๆ ที่ตนเองพบเจอได้ ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบมีลักษณะที่เอื้อให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ ดังจะกล่าวต่อไปนี้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดจากความสนใจใคร่รู้ของนักเรียนและการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้โดยเป็นผู้สืบสอบด้วยตนเองเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ที่สนใจ ซึ่งนักเรียนจะรวบรวมข้อมูล ค้นหาความรู้และวิธีการในการดำเนินการต่างๆ เพื่อสร้างความรู้ใหม่ แก้ปัญหาหรืออธิบายเหตุผลเกี่ยวกับข้อความที่ได้จากสถานการณ์ต่างๆ ที่นักเรียนสนใจ โดยอาศัยการเชื่อมโยงความรู้เดิมและประสบการณ์ที่ได้รับจากการเรียนรู้จนเกิดเป็นความรู้ใหม่จากกระบวนการที่เป็นระบบนี้ และนักเรียนอาจได้เรียนรู้ขั้นตอนหรือที่มาของความรู้ใหม่นั้นจากการเป็นผู้ดำเนินการตามกระบวนการสืบสอบอีกด้วย นอกจากนี้กระบวนการสืบสอบยังมุ่งเน้นการพัฒนาความสามารถของนักเรียนให้เกิดทักษะการคิดในหลายๆ ด้าน (กมลทิพย์ ต่อติด, 2544) โดยนักเรียนจะได้ใช้กระบวนการคิดในการสืบสอบเพื่อหาหลักฐานมาคัดค้านหรือยืนยันก่อนจะเชื่อในข้อความรู้อย่างมีเหตุผล ซึ่งเป็นลักษณะที่พึงมีในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน โดยงานวิจัยของ Pedaste และคณะ (Pedaste et al., 2015) ได้ศึกษาและสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบสืบสอบทั้งในวิชาคณิตศาสตร์และในวิชาอื่นๆ แล้วเสนอเป็นกรอบแนวคิดในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วย 5 ระยะ ดังต่อไปนี้ ระยะที่ 1 การกำหนดประเด็น (Orientation) เป็นกระบวนการที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจใฝ่รู้เกี่ยวกับหัวข้อที่จะศึกษา ระยะที่ 2 การสร้างแนวคิดเพื่อสร้างข้อความคาดการณ์ (Conceptualization) เป็นกระบวนการในการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมในการทำความเข้าใจสิ่งที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่จะศึกษาผ่านการสร้างคำถาม (Questioning) หรือ การสร้างสมมติฐาน (Hypothesis Generation) ระยะที่ 3 การตรวจสอบข้อความคาดการณ์ (Investigation) เป็นกระบวนการสร้างแนวทางในการตรวจสอบหรือยืนยันสมมติฐานและดำเนินการตามแนวทางที่กำหนด ผ่านการสำรวจ (Exploration) หรือ การทดสอบ (Experimentation) จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการแปลความหมายข้อมูล (Data Interpretation) เพื่อยืนยันหรือคัดค้านสมมติฐานที่กำหนด ระยะที่ 4 การสรุป (Conclusion) เป็นกระบวนการพิจารณาว่าข้อสรุปต่างๆ มีความสอดคล้องกับหัวข้อที่ศึกษาหรือสนับสนุนผลการทดสอบสมมติฐาน

หรือไม่ อย่างไร แล้วนำข้อสรุปเหล่านี้ไปสร้างความเข้าใจในความรู้ใหม่ และระยะที่ 5 การอภิปราย (Discussion) เป็นกระบวนการในการสื่อสารแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน (Communication) เพื่อนำเสนอความรู้ใหม่ที่ตนเองค้นพบ รับฟังข้อมูลป้อนกลับของผู้อื่น และรับฟังการนำเสนอความคิดของผู้อื่น เช่นกัน รวมถึงการสะท้อนความเข้าใจ (Reflection) ในการดำเนินการและเสนอวิธีการในการพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบสืบสอบให้ดีขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบในการพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ซึ่งจะเป็ประโยชน์กับผู้สอนโดยใช้เป็นแนวทางหนึ่งในการวางแผนและจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เพื่อให้ นักเรียนสามารถออกไปดำรงชีวิตอยู่ในสังคมยุคศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีคุณภาพต่อไป

1.2 คำถามวิจัย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ จะช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้หรือไม่

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความรู้ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบกับเกณฑ์ร้อยละ 60
2. เพื่อเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนกับหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ

1.4 สมมติฐานของการวิจัย

งานวิจัยของ Sumarna, Wahyudin และ Herman (2017) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านแนวทางการสอนแบบสืบเสาะทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Investigation Approach) เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาลงทะเบียนเรียนในปี พ.ศ. 2557 ในหลักสูตรการศึกษาของครูประถมศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาจำนวน 111 คน ประกอบด้วยกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะทางคณิตศาสตร์ จำนวน 56 คน และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนแบบบรรยายจำนวน 55 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีแบบผสมผสาน ผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะทางคณิตศาสตร์

สูงกว่านักศึกษาที่ได้รับการสอนแบบบรรยายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) ความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์ไม่ส่งผลต่อวิธีการสอนทั้งแบบสืบเสาะและแบบบรรยาย ในการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษา

งานวิจัยของ อรรถพร แก้วขาว และ ภัททิรา ศุภมาศ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบ เรื่อง ลำดับ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ เรื่อง ลำดับ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 หาดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้ และเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพระแท่นดงรังวิทยาฯ จำนวน 35 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบ ที่สร้างมีประสิทธิภาพ 74.86/71.05 2) แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบมีค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.61 และ 3) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ดิษพล เนตรนิมิต (2558) ได้ศึกษาผลการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5Es) ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นการศึกษาแบบกลุ่มเดียว โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนดัดดรุณี จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 44 คน ที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5Es) ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ซึ่งเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ หรือสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผู้สอนใช้คำถามหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางความคิดเพื่อค้นหาคำตอบและช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ต่างๆ เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.79 และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.84 วิเคราะห์ผลด้วยสถิติ t-test แบบ one sample และใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ซึ่งมีผลการวิจัยดังนี้ 1) ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากได้รับการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5Es) ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และ 2) มโนทัศน์

ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากได้รับการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5Es) ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

งานวิจัยของ ณัฐพงษ์ กอสวัสดิ์พัฒน์ (2559) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ตามการสืบสอบแบบแนะแนวทางร่วมกับการเขียนบันทึกการเรียนรู้ที่มีต่อความรู้และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมี กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒาราม ในพระบรมราชินูปถัมภ์ จำนวน 56 คน เป็นกลุ่มทดลอง 29 คน และกลุ่มควบคุม 27 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ตามการสืบสอบแบบแนะแนวทางร่วมกับการเขียนบันทึกการเรียนรู้ และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากงานวิจัยข้างต้นพบว่า การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การเรียนรู้แบบค้นพบ และการสืบสอบแบบแนะแนวทาง มีลักษณะในการจัดการเรียนรู้ที่มีกระบวนการซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สืบสอบและค้นพบความรู้คณิตศาสตร์ด้วยตนเอง จากความสงสัยในเรื่องที่ตนเองสนใจนำไปสู่การหาวิธีการให้เกิดความเข้าใจ โดยเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนอย่างสมเหตุสมผล ผู้วิจัยจึงได้ตั้งสมมติฐานการศึกษา ดังนี้

1. ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60
2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรม

1.5 ขอบเขตของการศึกษา

1. ประชากรในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาของสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม คณิตศาสตร์ มัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรสถานศึกษา เรื่อง วงกลม

3. ตัวแปรที่ศึกษา มีดังนี้

3.1 ตัวแปรอิสระ คือ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ

3.2 ตัวแปรตาม คือ

3.2.1 ความรู้ทางคณิตศาสตร์

3.2.2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1.6 คำจำกัดความในการวิจัย

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สืบค้น คิดหาความรู้ด้วยตนเองจากสถานการณ์หรือปัญหาที่ผู้เรียนสนใจ ผ่านกระบวนการสืบสอบ โดยนักเรียนจะต้องเป็นผู้สร้างคำถามเพื่อกำหนดข้อความคาดการณ์ทางคณิตศาสตร์ สืบหา และสังเกตความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อตรวจสอบข้อความคาดการณ์ และยืนยันข้อความคาดการณ์ผ่านการอธิบายเหตุผลอย่างเหมาะสม จนนำไปสู่การทำความเข้าใจในความรู้ใหม่ โดยอาศัยการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้อง ผู้สอนทำหน้าที่สนับสนุนและอำนวยความสะดวกให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบสอบ 5 ระยะของ Pedaste และคณะ (Pedaste et al, 2015) เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

ระยะที่ 1 การกำหนดประเด็น (Orientation) เป็นกระบวนการที่ผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนมีความพร้อมในการเรียนรู้และเกิดความสนใจใฝ่รู้ในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดจากการที่ผู้สอนใช้สื่อประกอบการยกตัวอย่าง การนำเสนอเกร็ดความรู้ การถามคำถามทั่วไป รวมถึงการพูดคุยในชั้นเรียน เพื่อให้ นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมและเชื่อมโยงประสบการณ์ที่มีกับสถานการณ์ โดยนักเรียนสังเกต พิจารณา และระบุประเด็นต่างๆ จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น แล้วกำหนดปัญหาที่จะศึกษาจากประเด็นที่สนใจ

ระยะที่ 2 การสร้างแนวคิดเพื่อสร้างข้อความคาดการณ์(Conceptualization)

เป็นกระบวนการที่นักเรียนเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมที่มี ในการสร้างคำถาม (Questioning) ต่างๆ ที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์จากปัญหาที่กำหนด เพื่อนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ทางคณิตศาสตร์จากปัญหาอย่างมีเหตุผล โดยผู้สอนคอยกระตุ้นให้เกิดบรรยากาศของการสื่อสารพูดคุยในห้องเรียน เน้นให้นักเรียนเกิดการสร้างคำถามที่เหมาะสม ทบทวนความรู้และสนับสนุนสื่อหรือแหล่งเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต่อการสร้างข้อความคาดการณ์ของนักเรียน

ระยะที่ 3 การตรวจสอบข้อความคาดการณ์ (Investigation) เป็นกระบวนการ

ที่นักเรียนสร้างแนวทางในการตรวจสอบและยืนยันข้อความคาดการณ์ เริ่มจากการสำรวจ (Exploration) สังเกตลักษณะย่อยของข้อความคาดการณ์ ตัวอย่างที่สอดคล้องกับข้อความคาดการณ์ และหาความรู้ทางคณิตศาสตร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องับลักษณะย่อยนั้น เพื่อระบุและเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ในการอธิบายแนวทางย่อยของการตรวจสอบข้อความคาดการณ์อย่างมีเหตุผล จากนั้นทำการแปลความหมายข้อมูล (Data Interpretation) โดยนักเรียนรวบรวมและเรียบเรียงแนวทางในการตรวจสอบข้อความคาดการณ์อย่างเป็นระบบ เพื่อยืนยันข้อความคาดการณ์ที่ได้กำหนดไว้ หากข้อมูลในการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ไม่เพียงพอนักเรียนสามารถสำรวจเพิ่มเติม และแปลความหมายใหม่และตรวจสอบข้อความคาดการณ์อีกครั้ง โดยผู้สอนสนับสนุนข้อมูลที่จำเป็นในการสำรวจ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ที่เพียงพอต่อการสืบสอบ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล ความรู้ ความคิดเห็นระหว่างกัน

ระยะที่ 4 การสรุป (Conclusion) เป็นกระบวนการที่นักเรียนสรุปความรู้ใหม่ที่

ได้จากการยืนยันข้อความคาดการณ์และแนวทางในการตรวจสอบข้อความคาดการณ์นั้น ผู้สอนทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการอธิบายแนวทางการตรวจสอบ พร้อมทั้งเสนอการเขียนการพิสูจน์แบบทางการจากแนวทางการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ที่นักเรียนค้นพบ จากนั้นผู้สอนและนักเรียนจะร่วมกันสรุปความรู้ทั้งความรู้ที่ได้สืบสอบและความรู้อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสืบสอบ

ระยะที่ 5 การอภิปราย (Discussion) เป็นกระบวนการที่นักเรียนร่วมกัน

อภิปรายเพื่อสะท้อนความเข้าใจ (Reflection) ในกระบวนการดำเนินการสืบสอบที่เกิดจากการเรียนรู้ของตนเอง ทั้งที่ประสบความสำเร็จหรือพบปัญหา และนำเสนอวิธีการในการพัฒนากระบวนการสืบสอบของตนเองให้ดีขึ้น รับฟังความคิดเห็นของเพื่อนและให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับกระบวนการสืบสอบที่ได้เรียนรู้ ผู้สอนทำหน้าที่ร่วมให้ข้อมูลป้อนกลับเพิ่มเติมจากส่วนของนักเรียนเพื่อให้ครอบคลุมกระบวนการทั้งหมดรวมทั้งกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสื่อสารเพื่อสะท้อนความคิดเห็นของตนเอง รวมถึงผู้สอนนำเสนอโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ หรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่มีความ

ซับซ้อนมากขึ้น เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกการนำความรู้ที่ได้จากการสืบสอบไปใช้ในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน หรืออาจเป็นสถานการณ์ที่แตกต่างออกไปซึ่งนักเรียนจะต้องนำความรู้ใหม่จากการสืบสอบไปประยุกต์ใช้ร่วมกับมโนทัศน์อื่นในการแก้ปัญหา

2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การที่นักเรียนคิดไตร่ตรอง ให้เหตุผล และประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในข้อความ สถานการณ์ หรือสถานการณ์ปัญหาอย่างถี่ถ้วนและเหมาะสม เพื่อตัดสินใจในการดำเนินการในสถานการณ์ปัญหาที่พบเจอ โดยนำความรู้ ความคิด และประสบการณ์ที่มีมาใช้ในการพิจารณาข้อมูลหรือหลักฐานที่นำมารองรับอย่างรอบคอบ แบ่งเป็นความสามารถในการคิด 5 ด้าน ดังนี้

1) การทำความเข้าใจ เป็นการที่นักเรียนพิจารณาจากข้อมูลที่มีอยู่ในข้อความ สถานการณ์ หรือสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด แล้วระบุประเด็นสำคัญไม่ว่าจะเป็นข้อเท็จจริง ข้อโต้แย้ง คำถาม ความคิดเห็น หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับข้อความ สถานการณ์ หรือสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดนั้น

2) การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต เป็นการที่นักเรียนสังเกตความเกี่ยวข้องและหาความสัมพันธ์กันของข้อมูลอื่นๆ หรือแหล่งที่มาของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อความ สถานการณ์ หรือสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด แล้วตัดสินความน่าเชื่อถือของข้อมูลหรือแหล่งที่มาของข้อมูล

3) การอุปนัย เป็นการที่นักเรียนสังเกตลักษณะร่วม และความสัมพันธ์ของข้อมูลจากข้อความ สถานการณ์ หรือสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด จากนั้นนำข้อมูลมาใช้ในการลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล

4) การนิรนัย เป็นการที่นักเรียนเชื่อมโยงหลักการ ความรู้ หรือข้อเท็จจริงต่างๆ ที่เป็นที่ยอมรับไปใช้ในการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุปที่มีอยู่

5) การระบุข้อตกลงเบื้องต้น เป็นการที่นักเรียนระบุเงื่อนไขที่จำเป็นหรือข้อตกลงเบื้องต้นในข้อความ สถานการณ์ หรือสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้มีความสอดคล้องและสมเหตุสมผล เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปที่กำหนดไว้

3. ความรู้ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ที่เกิดจากการเรียนรู้และได้รับประสบการณ์จากการเรียนรู้ แบ่งเป็น

3.1 ความรู้เชิงมโนทัศน์ (Conceptual knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับ ทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยาม สมบัติต่างๆ และที่มาของความรู้หรือขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งความสัมพันธ์ของความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกัน

3.2 ความรู้เชิงกระบวนการ (Procedural knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับ ลำดับขั้นตอนการสร้างทางเรขาคณิตและการกำหนดแนวทางในการพิสูจน์ โดยใช้ข้อเท็จจริง นิยาม หลักการ ทฤษฎีบท รวมถึงขั้นตอนในการสร้างทางเรขาคณิต

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ
2. ได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในการพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน
3. ข้อค้นพบที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์และแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบสำหรับผู้สอน ผู้ที่สนใจ และนักวิจัยรุ่นต่อไป

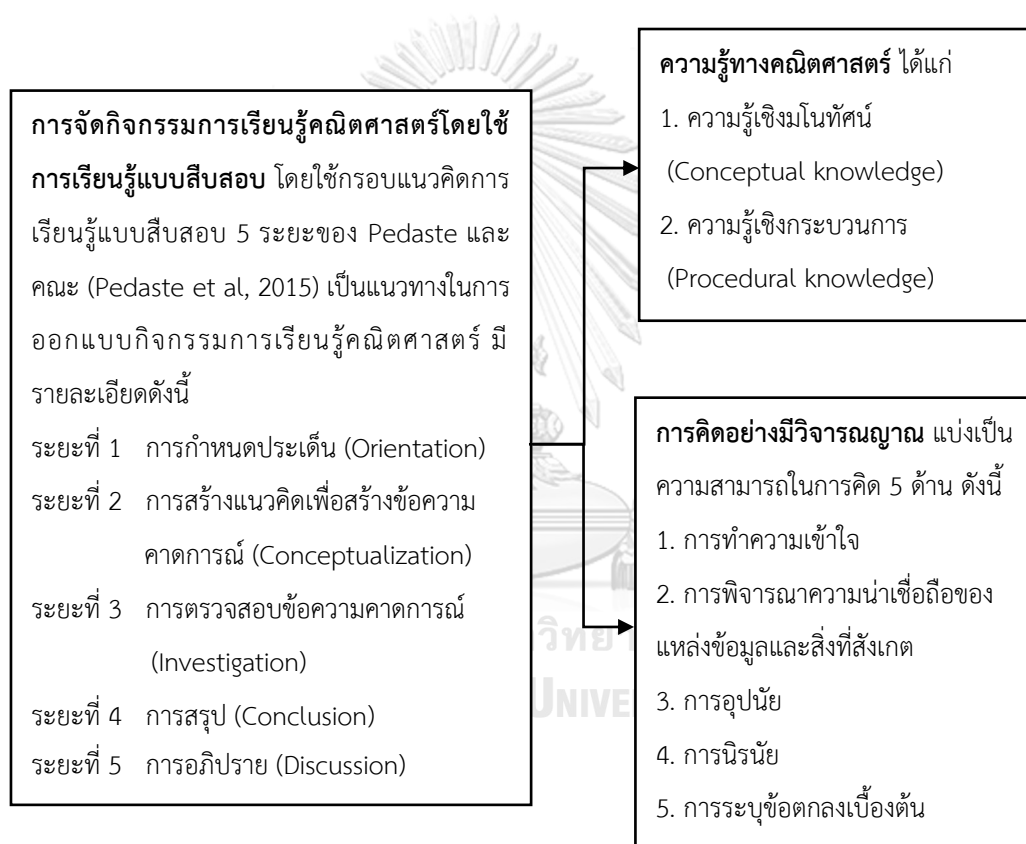
1.8 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาค้นคว้า เอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งด้านแนวความคิด และทฤษฎี เพื่อนำมาประกอบในการวิจัย ผู้วิจัยสามารถสร้างกรอบแนวคิดและกำหนดตัวแปรในการวิจัย ดังนี้

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ

ตัวแปรตาม ได้แก่ 1) ความรู้ทางคณิตศาสตร์ และ 2) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ซึ่งสามารถสรุปเป็นแผนภาพ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3” ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า เอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาประกอบในการวิจัย โดยนำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การเรียนรู้แบบสืบสอบ

- 1.1 ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบสอบ
- 1.2 ประเภทของการเรียนรู้แบบสืบสอบ
- 1.3 ขั้นตอนในกระบวนการเรียนรู้แบบสืบสอบ

ตอนที่ 2 ความรู้ทางคณิตศาสตร์

- 2.1 ความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์
- 2.2 ความสำคัญของความรู้ทางคณิตศาสตร์
- 2.3 แนวทางการพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์
- 2.4 การประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์

ตอนที่ 3 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

- 3.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- 3.2 องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- 3.3 ลักษณะของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- 3.4 การประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ตอนที่ 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางคณิตศาสตร์
- 4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย

โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การเรียนรู้แบบสืบสอบ

1.1 ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบสอบ

การเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่อยู่บนฐานของการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (constructivism) ซึ่งเป็นแนวคิดที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง เพื่อความรู้ที่ได้จะคงอยู่ในความจำระยะยาว โดยผู้สอนเป็นเพียงผู้จัดประสบการณ์เรียนรู้ให้แก่ นักเรียน โดยได้มีนักการศึกษาให้ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบสอบไว้หลากหลาย ดังนี้

Exline (2004 อ้างถึงใน ISMAIL, 2006) กล่าวว่า การสืบสอบเป็นการแสวงหาข้อเท็จจริง ข้อมูล หรือความรู้ต่างๆ โดยข้อคำถาม มนุษย์จะผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบสืบสอบตั้งแต่เกิดจนกระทั่งตาย เช่น ทารกจะเริ่มรับรู้ต่อสภาพแวดล้อมผ่านการมองเห็น โดยกระบวนการสืบสอบเริ่มจากการสร้างและการเก็บรวบรวมข้อมูลข่าวสารผ่านการใช้วิจารณ์ญาณของมนุษย์

Galileo (2004 อ้างถึงใน Branch และ Oberg, 2004) กล่าวว่า การสืบสอบเป็นกระบวนการที่เริ่มจากความสงสัยและสับสนสู่ความรู้และความเข้าใจต่อโลก

Wilke และ Straits (2001 อ้างถึงใน Rooney, 2012) มุ่งเน้นในการให้ความสำคัญกับความรู้ที่นักเรียนมีในการเรียนรู้แบบสืบสอบและได้นิยามไว้ว่า การเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนสร้างความเข้าใจในความรู้ใหม่ โดยมีการเชื่อมโยงความรู้ใหม่นี้กับความรู้เดิมที่มีอยู่ด้วยวิธีการที่เป็นระบบระเบียบ การเรียนรู้ตามบริบทดังกล่าวเป็นการแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนโดยใช้กระบวนการและเครื่องมือทางการสืบสอบ

Kahn และ O'Rourke (2005 อ้างถึงใน Rooney, 2012) ให้คำจำกัดความของการเรียนรู้แบบสืบสอบ โดยการอธิบายครอบคลุมอย่างกว้างๆ ไว้ว่า เป็นแนวทางในการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกระบวนการของการสืบสอบ ผู้สอนจะเป็นเพียงผู้มอบหมายงานและอำนวยความสะดวกในกระบวนการเรียนรู้ แต่นักเรียนต้องเสาะหาความรู้ต่างๆ ในการเรียนรู้ด้วยตัวเอง โดยใช้ความรู้ที่มีอยู่และความรับผิดชอบในการวิเคราะห์และนำเสนอแนวคิดของตนเองอย่างเหมาะสม

Branch และ Oberg (2004) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นกระบวนการที่นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ได้แก่ สร้างคำถาม ค้นหาความรู้อย่างหลากหลาย และสร้างความเข้าใจในความหมายและความรู้ใหม่สำหรับนักเรียน แล้วนำมาใช้เพื่อหาคำตอบ พัฒนาวิธีการแก้ปัญหา หรือสนับสนุนข้อความคาดการณ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งจะมีการแลกเปลี่ยนความรู้ที่ได้กับผู้อื่นส่งผลให้เกิดการกระทำบางอย่าง

Bell, Smetana และ Binns (2005) กล่าวว่า การสืบสอบเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยนักเรียนตอบคำถามที่ต้องการค้นคว้าผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมโดยอิสระ และยึดหลักการสืบสอบที่มีการเตรียมคำถามและข้อมูลมาก่อนเพื่อให้นักเรียนดำเนินการวิเคราะห์และสร้างข้อสรุปของตนเองได้ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่จะต้องการการเสริมต่อความรู้ในการเตรียมความพร้อมก่อนการพัฒนาคำถามทางวิทยาศาสตร์และออกแบบกระบวนการเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพในการตอบคำถาม

Good (1973 อ้างถึงใน สุดารัตน์ ภิรมณ์ราช, 2555) ได้อธิบายความหมายของการสืบสอบไว้ 3 แนวทาง ดังนี้ 1) เป็นวิธีหนึ่งในการศึกษา เพื่อให้ได้มโนทัศน์ใหม่ผ่านการดำเนินการเพื่อให้ได้ความรู้ที่เป็นไปได้ในบางกรณีที่มีเงื่อนไขกำหนด ซึ่งความรู้ที่ได้มาสามารถเปลี่ยนแปลงได้ 2) เป็นเทคนิคหนึ่งในการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ โดยมีการกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็น ตั้งคำถาม และหาคำตอบด้วยตนเอง 3) เป็นวิธีแก้ปัญหาวิธีหนึ่ง ที่มีกิจกรรมให้นักเรียนเรียนรู้โดยเผชิญกับเหตุการณ์ที่ท้าทายความคิด เริ่มต้นด้วยการสังเกตอย่างเป็นระบบ คัดแยกสิ่งที่สังเกตกับสิ่งที่อ้างอิง คิดหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ ซึ่งเป็นวิธีการที่ทดสอบได้ และสรุปผลอย่างมีเหตุผล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นไปตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (constructivism) เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สืบค้น ตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใดๆ มาเผชิญหน้า

โสมรศมี ดาหลาย (2551) ได้สรุปว่าการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นวิธีการที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการคิด การแก้ปัญหา การแสวงหาความรู้ โดยนักเรียนใช้กระบวนการทางความคิดในการแสวงหาความรู้ และค้นหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งผู้สอนเป็นเพียงผู้ตั้งคำถามช่วยให้นักเรียนเกิดความคิด สืบค้น และหาคำตอบสำหรับปัญหาของตนเองได้

จากการที่นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบสอบไว้ข้างต้น ผู้วิจัยได้สรุปความหมายของการเรียนรู้แบบสืบสอบไว้ดังนี้ การเรียนรู้แบบสืบสอบ หมายถึง การเรียนรู้ของผู้เรียนที่เกิดจากความสงสัยในเรื่องที่ให้ความสนใจและต้องการหาคำตอบด้วยตนเองจนนำมาซึ่งการสร้างความรู้ใหม่ด้วยความเข้าใจในความรู้เดิมด้วยตนเองโดยอาศัยการเชื่อมโยงความรู้เดิม ผ่านกระบวนการในการสืบสอบ

1.2 ประเภทของการเรียนรู้แบบสืบสอบ

นักการศึกษาหลายท่านได้มีการแบ่งประเภทของการเรียนรู้แบบสืบสอบ ตามระดับบทบาทการมีส่วนร่วมของผู้สอน และความท้าทายของกิจกรรมที่นักเรียนได้รับในการเรียนการสอน ดังนี้

Banchi (2008) ได้แบ่งระดับการเรียนรู้แบบสืบสอบจากข้อมูลที่ให้แก่นักเรียนเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. การสืบสอบแบบยืนยันหลักฐาน (Confirmation inquiry) นักเรียนจะรับทราบคำถาม ขั้นตอนวิธีการ และผลการดำเนินงานจากผู้สอนก่อนการเรียนรู้ การสืบสอบแบบนี้จะเป็นประโยชน์เมื่อผู้สอนมีจุดประสงค์ในการส่งเสริมแนวคิดที่นำมาใช้ในกระบวนการสืบสอบ และชี้แนะนักเรียนให้มีประสบการณ์ในการดำเนินการสืบสอบ หรือเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะเฉพาะด้าน เช่น การรวบรวมและบันทึกข้อมูล

2. การสืบสอบแบบมีโครงสร้าง (Structured inquiry) นักเรียนยังคงได้รับคำถาม และขั้นตอนวิธีการในการดำเนินงานจากการจัดเตรียมของผู้สอน อย่างไรก็ตามนักเรียนจะต้องเป็นผู้สร้างคำอธิบายต่างๆ เพื่อสนับสนุนหลักฐานที่ตนเองรวบรวมมา การสืบสอบในระดับนี้มีความสำคัญเนื่องจากนักเรียนจะค่อยๆ มีการพัฒนาความสามารถไปสู่การสืบสอบแบบอิสระได้ในอนาคต

3. การสืบสอบแบบแนะแนวทาง (Guided inquiry) ผู้สอนจัดเตรียมเพียงคำถามในการเรียนรู้ให้แก่นักเรียน โดยนักเรียนจะต้องเป็นผู้วางแผนขั้นตอนหรือวิธีดำเนินการ เพื่อตรวจสอบและอธิบายผลการเรียนรู้จากคำถามที่ได้รับ เนื่องจากการสืบสอบในระดับนี้จะส่งผลต่อการเรียนรู้ได้มากกว่าแบบมีโครงสร้าง และจะประสบความสำเร็จมากที่สุดเมื่อนักเรียนได้รับโอกาสในการเรียนรู้และฝึกฝนด้วยวิธีที่หลากหลาย ในการวางแผนการดำเนินการและบันทึกข้อมูล ในขณะที่นักเรียนดำเนินการวางแผนด้วยตนเอง ผู้สอนควรให้คำแนะนำเพื่อนำไปสู่การวางแผนการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างเหมาะสม

4. การสืบสอบแบบอิสระ (Open inquiry) เป็นระดับในการสืบสอบที่สูงที่สุด นักเรียนจะมีโอกาสมากที่สุดในการเรียนรู้คล้ายกับนักวิทยาศาสตร์ที่จะต้องมีการสร้างข้อคำถามวางแผนและดำเนินการเสาะหาความรู้ และสื่อสารสื่อความหมายในผลการเรียนรู้ที่ได้ ในระดับนี้จำเป็นต้องอาศัยการให้เหตุผลในเชิงวิทยาศาสตร์และความรู้จากนักเรียนมากที่สุด

Rezba Auldridge และ Rhea (1999 อ้างถึงใน Bell et al., 2005) ได้แบ่งการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยขึ้นอยู่กับความเปิดกว้างและความรู้ที่ต้องการในการเรียนรู้ ดังนี้

1. การยืนยันหลักฐาน (Confirmation) นักเรียนยืนยันหลักการต่างๆ โดยผ่านกิจกรรมซึ่งมีการพัฒนาผลที่ได้เรียนรู้ เช่น “การทดสอบเพื่อยืนยันว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของวัสดุเพิ่มขึ้นด้วย โดยใช้สารลดกรดในการตรวจสอบหลักการนี้ และใช้ขั้นตอนการดำเนินการ การบันทึกผลที่ระบุไว้ และตอบคำถามท้ายกิจกรรม”

2. การสืบสอบแบบมีโครงสร้าง (Structured inquiry) นักเรียนจะเสาะหาความรู้จากคำถามและขั้นตอนที่ผู้สอนเป็นผู้เสนอ เช่น “การทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของยาลดกรดแบบเม็ดและแบบน้ำ โดยจะใช้ยาลดกรดแบบเม็ดและแบบน้ำในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน และใช้ขั้นตอนการดำเนินการ การบันทึกผลที่ระบุไว้ และตอบคำถามท้ายกิจกรรม”

3. การสืบสอบแบบแนะแนวทาง (Guided inquiry) นักเรียนจะเสาะหาความรู้จากคำถามที่ผู้สอนเป็นผู้เสนอ โดยนักเรียนจะเป็นผู้วางแผนและเลือกใช้ขั้นตอนวิธีในการดำเนินการด้วยตนเอง เช่น “จงวางแผนในการสืบค้นเพื่อตอบคำถามว่า อุณหภูมิของน้ำมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของยาลดกรดแบบเม็ดหรือไม่อย่างไร ให้พัฒนาส่วนต่างๆ ในการสืบค้นประกอบด้วย การตั้งสมมติฐาน ขั้นตอนในการดำเนินการ การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผล โดยใช้วิธีการของตนเองที่ผ่านการรับรองจากผู้สอนแล้ว”

4. การสืบสอบแบบอิสระ (Open inquiry) นักเรียนจะเสาะหาความรู้จากการสร้างคำถามของตนเองที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อการเรียนรู้ ผ่านการวางแผนและเลือกใช้ขั้นตอนวิธีในการดำเนินการด้วยตนเอง เช่น “จงวางแผนในการสืบค้นศึกษาในหัวข้อเกี่ยวกับเคมี ที่สอดคล้องกับแนวคิดที่กำลังเรียนรู้ในบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี โดยใช้วิธีการของตนเองที่ผ่านการรับรองจากผู้สอนแล้ว”

Rooney (2012) ได้แบ่งการเรียนรู้แบบสืบสอบตามการเสนอของโครงการ The European Seventh Framework project ‘Pathway’ ดังนี้

1. การสืบสอบแบบมีโครงสร้าง (Structured inquiry) ผู้สอนจะเป็นหลักในการกำกับการเรียนรู้ โดยที่นักเรียนจะดำเนินการตามทิศทางที่ถูกกำหนดในการเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้ผลตามที่กำหนดไว้ก่อนหน้าแล้ว นักเรียนจะดำเนินการตามคำแนะนำของผู้สอนทีละขั้นตอน

2. การสืบสอบแบบแนะแนวทาง (Guided inquiry) มีการเสริมต่อความรู้อย่างยืดหยุ่นมากขึ้น นักเรียนจะมีส่วนรับผิดชอบในการกำหนดทิศทางและวิธีการในการสืบสอบ โดยที่ผู้สอนจะให้ความช่วยเหลือในการพัฒนาการเสาะหาความรู้ เช่น การถามคำถามที่น่าสนใจในการกระตุ้นให้นักเรียนสามารถเลือก และเสนอแนวทางในที่น่าสนใจไปสู่การสร้างวิธีการได้

3. การสืบสอบแบบอิสระ (Open inquiry) นักเรียนจะเป็นหลักในการกำกับกับการเรียนรู้ โดยจะต้องสร้างข้อคำถามและขั้นตอนวิธีการในการสืบสอบด้วยตนเอง ในขณะที่ได้รับความช่วยเหลือและสนับสนุนในการเรียนรู้จากผู้สอน

4. การสืบสอบแบบผสม (Coupled inquiry) เป็นการรวมการสืบสอบสองแบบเข้าด้วยกัน เช่น ใช้การสืบสอบแบบแนะแนวทางในขั้นตอนของการสืบสอบแบบอิสระ

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ (2558) ได้จัดประเภทของการสืบสอบหาความรู้ไว้ 4 ประเภท

1. การสืบสอบแบบมีโครงสร้าง (Structure Inquiry) คือ การสืบสอบที่ผู้สอนมีบทบาทในระดับสูง โดยเป็นผู้แนะนำ นักเรียนในตลอดขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบหรือทดลอง มีการให้ปัญหาหรือคำถามทางวิทยาศาสตร์ ให้แนวคิดและขั้นตอนในการสำรวจตรวจสอบหรือทดลอง โดยนักเรียนจะมีบทบาทในการหาคำตอบ ซึ่งการสืบสอบประเภทนี้จะเหมาะกับห้องเรียนขนาดใหญ่ หรือนักเรียนที่ยังมีประสบการณ์ในการสืบสอบหาความรู้ในระดับเริ่มต้น

2. การสืบสอบแบบแนะแนวทาง (Guided Inquiry) คือ การสืบสอบที่ผู้สอนจะลดระดับบทบาทของการมีส่วนร่วมลงและนักเรียนมีบทบาทในการเรียนเพิ่มขึ้น กล่าวคือมีการกำหนดปัญหาหรือคำถามทางวิทยาศาสตร์ให้ แต่เปิดโอกาสให้นักเรียนออกแบบวิธีการและดำเนินการสำรวจตรวจสอบหรือทดลองด้วยตนเอง

3. การสืบสอบแบบร่วมมือ (Collaborative Inquiry) คือ การสืบสอบที่ทั้งผู้สอนและนักเรียนมีบทบาทร่วมกัน ในการสืบสอบหาความรู้ใหม่ ในทุกขั้นตอน วิธีการนี้เหมาะสำหรับกลุ่มนักเรียนที่มีประสบการณ์ในการสืบสอบมากขึ้น

4. การสืบสอบแบบอิสระ (Open Inquiry) คือ การสืบสอบหาความรู้ที่นักเรียนสร้างคำถามด้วยตนเอง ออกแบบวิธีการ และนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบหรือทดลองด้วยตนเอง โดยผู้สอนมีบทบาทในด้านการให้คำปรึกษา และจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์เท่านั้น ซึ่งวิธีการนี้เหมาะสำหรับนักเรียนในระดับสูง เช่น นักศึกษาปริญญาโทหรือเอก

ผู้วิจัยได้สรุปประเภทของการเรียนรู้แบบสืบสอบจากการจัดประเภทของการสืบสอบที่นักการศึกษาหลายคนได้ระบุไว้ข้างต้น และผู้วิจัยได้แบ่งประเภทของการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็น 3 แบบ ตามระดับบทบาทการมีส่วนร่วมของผู้สอนและนักเรียน ดังนี้

1. การสืบสอบที่มีผู้สอนนำสืบสอบ คือ การสืบสอบที่ผู้สอนเป็นหลักในการดำเนินการ ตั้งแต่การเสนอข้อคำถามในการสืบสอบ เสนอขั้นตอนหรือวิธีการในการดำเนินงาน โดยนักเรียนจะเป็นเพียงผู้ดำเนินการสืบสอบตามทิศทางที่ถูกกำหนดไว้ และเรียนรู้จากตัวอย่างหรือขั้นตอนที่ผู้สอนระบุไว้ที่ละขั้นตอน

2. การสืบสอบที่ผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสืบสอบ คือ การสืบสอบที่ผู้สอนลดบทบาทของตนเองลง และเปิดโอกาสให้นักเรียนมีบทบาทในการเรียนมากขึ้น โดยผู้สอนจะเสนอข้อคำถามในการสืบสอบหรืออาจร่วมกันสร้างข้อคำถามกับนักเรียน และนักเรียนสามารถเลือกและเสนอวิธีการในการสืบสอบได้ด้วยตนเอง สิ่งสำคัญคือผู้สอนจะต้องคอยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถเลือกและเสนอวิธีการที่นำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างเหมาะสมได้

3. การสืบสอบที่นักเรียนนำสืบสอบ คือ การสืบสอบที่นักเรียนมีโอกาสมากที่สุดในการเรียนรู้ โดยนักเรียนจะดำเนินการสืบสอบด้วยตัวเอง ตั้งแต่การสร้างข้อคำถามในการสืบสอบ ออกแบบขั้นตอนหรือวิธีการ และดำเนินการสืบสอบในแต่ละขั้น รวมไปถึงการนำเสนอผลที่ได้จากกระบวนการสืบสอบของตนเอง โดยมีผู้สอนเป็นเพียงผู้คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษา

สำหรับในงานวิจัยนี้เป็นการสืบสอบแบบที่ผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสืบสอบ

1.3 ขั้นตอนในกระบวนการเรียนรู้แบบสืบสอบ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท, 2545) กล่าวว่า การที่นักเรียนจะสร้างองค์ความรู้ได้ ต้องผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการสืบสอบความรู้ โดยมีนักการศึกษาหลายคนได้นำเสนอขั้นตอนการเรียนรู้แบบสืบสอบไว้แตกต่างกัน ดังนี้

Bybee (2009) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของกระบวนการสืบสอบไว้ดังนี้ กระบวนการสืบสอบหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้สอนจะต้องส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิด มีความคิดสร้างสรรค์ ให้โอกาสนักเรียนได้ใช้ความคิดของตนเองได้มากที่สุด ทั้งนี้กิจกรรมที่จะให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบจะต้องเชื่อมโยงกับความคิดเดิม และนำไปสู่การแสวงหาความรู้ใหม่ และได้ใช้กระบวนการและทักษะต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์และการสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ

1. การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรือความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับ

ความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ผู้สอนอาจจะจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้น ยั่วเย้า หรือท้าทายให้นักเรียนตื่นเต้น สงสัย ใครรู้ อยากรู้ อยากเห็น หรือขัดแย้ง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา การศึกษาค้นคว้า หรือการทดลอง แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือปัญหาที่ผู้สอนกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะศึกษา

2. การสำรวจและค้นคว้า (Exploration) นักเรียนดำเนินการสำรวจ ทดลอง ค้นหา และรวบรวมข้อมูล วางแผนกำหนดการสำรวจตรวจสอบ หรือออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติ เช่น สังเกต วัด ทดลองรวบรวมข้อมูลข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ

3. การอธิบาย (Explanation) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหามา วิเคราะห์ แผลผล สรุป และอภิปรายพร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่างๆ ซึ่งอาจเป็นรูปวาด ตาราง แผนผัง โดยมีการอ้างอิงความรู้ประกอบการให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผล การลงข้อสรุปถูกต้อง เชื่อถือได้ มีเอกสารอ้างอิงและหลักฐานชัดเจน

4. การขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบาย สถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ที่ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้นผู้สอนจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้สึกซึ่งขึ้นหรือขยายกรอบความคิดกว้างขึ้นหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่หรือนำไปสู่การศึกษาค้นคว้า ทดลอง เพิ่มขึ้น รวมถึงประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในเรื่องอื่นหรือ สถานการณ์อื่นๆ หรือสร้างคำถามใหม่และออกแบบการสำรวจ ค้นหา และรวบรวมเพื่อนำไปสู่การ สร้างความรู้ใหม่

5. การประเมิน (Evaluation) ให้นักเรียนได้ระบุสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งด้าน กระบวนการและผลผลิต เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ที่ได้ โดยให้นักเรียนได้ วิเคราะห์วิจารณ์แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน คิดพิจารณาให้รอบคอบทั้งกระบวนการและผลงาน อภิปรายประเมินปรับปรุง เพิ่มเติมและสรุป ถ้ายังมีปัญหาให้ศึกษาทบทวนใหม่อีกครั้ง อ้างอิงทฤษฎี หรือหลักการและเกณฑ์ เปรียบเทียบผลกับสมมติฐาน เปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม

Branch และ Oberg (2004) ได้นำเสนอขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบไว้ ดังนี้

1. การวางแผน (Planning) ในขั้นตอนการวางแผนต้องตระหนักว่าจุดประสงค์ของ การเรียนรู้แบบสืบสอบ คือ พัฒนาทักษะการเรียนรู้เพื่อเรียนรู้ การเรียนรู้แบบสืบสอบเริ่มต้นจากความ สนใจและอยากรู้อยากเห็นของนักเรียนในเรื่องที่ต้องการทราบ ในขั้นตอนของการวางแผนนี้จึงเป็นสิ่ง สำคัญที่สุดในกระบวนการสืบสอบ ที่จะทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกที่ดีต่อสิ่งที่กำลังสืบสอบต่อไป โดย

นักเรียนควรมีส่วนร่วมในกระบวนการต่างๆ กำหนดประเด็นคำถาม วิธีการค้นคว้า การนำเสนอข้อมูล รวมไปถึงเกณฑ์การประเมินในการสืบสอบด้วย

2. การเรียกคืนข้อมูล (Retrieving) เป็นขั้นตอนการดึงข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการสืบสอบ โดยนักเรียนจะต้องคิดล่วงหน้าเกี่ยวกับข้อมูลที่ตนเองมีอยู่กับข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม จึงต้องใช้เวลาในการสำรวจและพิจารณาในข้อมูลที่นักเรียนค้นพบก่อนที่จะมุ่งไปยังการสืบสอบต่อไป ในช่วงแรกของขั้นตอนนี้ นักเรียนจะรู้สึกสนุกไปกับการที่ตนเองได้ค้นคว้าในหัวข้อที่สนใจ จนกระทั่งข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นมีมากเกินไป นักเรียนจะต้องมีการคัดข้อมูลที่จำเป็นออกและหยุดการสืบค้น เนื่องจากนักเรียนอาจไม่ทราบวิธีในการจัดการกับข้อมูล หรือไม่สามารถค้นหาข้อมูลที่ตรงประเด็นต่อเรื่องที่สนใจจนเกิดความย่อท้อ ผู้สอนจะต้องชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจว่าความรู้สึกนี้เป็นเพียงประสบการณ์ที่ทุกคนต้องเผชิญในการสืบสอบ และสอนทักษะและกลยุทธ์ในการเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องและแก้ไขปรับปรุงการสืบสอบ รวมทั้งแนะนำแหล่งในการสืบค้นข้อมูลที่หลากหลายด้วย

3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Processing) ขั้นตอนการประมวลผลเริ่มต้นเมื่อนักเรียนมีการกำหนดทิศทางหรือขอบเขตของเรื่องที่นักเรียนตัดสินใจสืบสอบเพื่อสร้างเป้าหมาย ซึ่งเป็นเรื่องที่ยากมากสำหรับนักเรียนเนื่องจากนักเรียนจะต้องทำให้ขอบเขตในการสืบค้นแคบลงมากยิ่งขึ้น เพื่อนำไปสู่ปัญหาแท้จริงที่มีความเฉพาะหรือเรื่องที่มีความน่าสนใจ นักเรียนจะรู้สึกพึงพอใจเมื่อมีเป้าหมายในการสืบสอบ ซึ่งการคัดเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากข้อมูลทั้งหมดที่มีเป็นเรื่องยาก บางครั้งข้อมูลที่มีอาจไม่เพียงพอหรือมีมากเกินไป ข้อมูลอาจเป็นเพียงผิวเผินหรือเป็นข้อมูลเชิงลึกเกินความจำเป็นในการสืบสอบ หรือบางครั้งนักเรียนอาจพบว่าข้อมูลที่ตนเองมีอยู่เกิดความขัดแย้งกันจนทำให้เกิดความรู้สึกสับสนในการวิเคราะห์ข้อมูล

4. การดำเนินการสืบสอบ (Creating) ขั้นตอนการดำเนินการเป็นการจัดระเบียบข้อมูล สร้าง และเรียบเรียงให้เป็นความหมายที่ตนเองเข้าใจ รวมทั้งสร้างรูปแบบในการอธิบายความรู้ ในกระบวนการนี้จะทำให้นักเรียนเกิดความมั่นใจมากขึ้น และต้องการรวมข้อมูลของการเรียนรู้ใหม่ๆ มากขึ้นจนอาจมากเกินไป ผู้สอนจึงควรช่วยให้นักเรียนจัดจ่อและมีเป้าหมายในการอธิบาย

5. การอธิบายความรู้ (Sharing) หากนักเรียนได้รับการสนับสนุนในการเรียนรู้ตลอดกระบวนการสืบสอบอย่างเพียงพอ นักเรียนจะมีความภูมิใจในข้อสรุปที่ตนเองค้นพบและเกิดความกระตือรือร้นที่จะแบ่งปันความรู้กับผู้อื่น โดยอาจไม่จำกัดรูปแบบและผู้รับฟัง นักเรียนอาจเกิดความกังวลบ้างในการอธิบายในข้อสรุปที่เป็นของตนเอง หรือกลัวว่าผู้ฟังจะไม่เข้าใจหรือเห็นคุณค่าในสิ่งที่ตนเองพยายามทำ อย่างไรก็ตามเมื่อขั้นตอนนี้ประสบความสำเร็จนักเรียนจะรู้สึกดีและพึงพอใจในการทำงาน

6. การประเมินผล (Evaluating) เมื่อการสืบสอบประสบความสำเร็จ นักเรียนจะรู้สึกผ่อนคลาย มีความสุข และตื่นเต้นไปกับทักษะและความเข้าใจใหม่ๆ ผู้สอนจะต้องมีการสะท้อน

ในการประเมินข้อสรุปและกระบวนการสืบสอบของนักเรียน เพื่อให้เข้าใจในกระบวนการและสอบถามเกณฑ์ในการประเมินเพื่อระดับการสืบสอบของนักเรียน และแบ่งปันความรู้สึกที่ได้จากการเรียนรู้แบบสืบสอบ

นอกจากนี้นักเรียนจะต้องมีการสะท้อนการดำเนินการ (Reflecting on the Process) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ควรเกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบ ทั้งการวางแผน การเรียกคืนข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การดำเนินการสืบสอบ การนำเสนอความรู้ และการประเมินผล รวมถึงในส่วนของการพฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านสติปัญญา อารมณ์และจิตใจที่เกี่ยวข้องกับการรู้คิด (Metacognition) นักเรียนควรตระหนักได้ว่าการเรียนรู้แบบสืบสอบนี้มีความสำคัญต่อการพัฒนาทักษะในการเรียนรู้ และสามารถเชื่อมโยงการทำงานในกระบวนการสืบสอบในโรงเรียนไปใช้กับกิจกรรมที่พบเจอนอกโรงเรียน นักเรียนจะสามารถพิจารณาได้ว่าความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่ส่งผลต่อการสืบสอบของตนเองอย่างไร และสิ่งใดที่ตนเองได้จากการสืบสอบ

Pedaste และคณะ (2015) ได้สังเคราะห์ความหมาย คำจำกัดความและกระบวนการเรียนรู้จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสืบสอบทั้งในวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และงานวิจัยทั่วไป รวมถึงเสนอกรอบแนวคิดในการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยประกอบไปด้วย 5 ระยะ ได้แก่ การกำหนดประเด็น การสร้างแนวคิดเพื่อสร้างข้อความคาดการณ์ การตรวจสอบข้อความคาดการณ์ การสรุป และการอภิปราย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การกำหนดประเด็น (Orientation) เป็นกระบวนการที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจใฝ่รู้เกี่ยวกับหัวข้อที่จะศึกษา ซึ่งอาจถูกหยิบยกมาจากบริบทแวดล้อมที่เกิดขึ้น รวมถึงผู้สอนหรือนักเรียนเป็นผู้กำหนด โดยหัวข้อดังกล่าวนี้จะถูกนำมาพิจารณาประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดเป็นประเด็นในการสืบสอบ

2. การสร้างแนวคิดเพื่อสร้างข้อความคาดการณ์ (Conceptualization) เป็นกระบวนการในการระบุความรู้และการทำความเข้าใจแนวคิด ข้อความรู้ หรือโน้ตทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่จะศึกษา ผ่านการดำเนินการใน 2 ระยะย่อย คือ 2.1) การสร้างคำถาม (Questioning) หรือ 2.2) การสร้างสมมติฐาน (Hypothesis Generation) ซึ่งการสร้างคำถามเป็นการกำหนดข้อคำถามกว้างๆ ในความรู้ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นสืบสอบเพื่อเป็นแนวทางในการสืบค้นความรู้ ส่วนการสร้างสมมติฐานเป็นการคาดการณ์ในทิศทางของผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นต่อประเด็นสืบสอบ เพื่อให้ได้สมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ ในระยะนี้จะต้องอาศัยความรู้ หลักการ หรือทฤษฎีต่างๆ ในการให้เหตุผลเพื่อสร้างข้อคำถามหรือสมมติฐานในการทดสอบอย่างใดอย่างหนึ่ง หรืออาจได้ทั้งสองอย่างโดยข้อคำถามที่จะศึกษาจะเกิดขึ้นก่อนแล้วนำไปสู่การสร้างสมมติฐาน

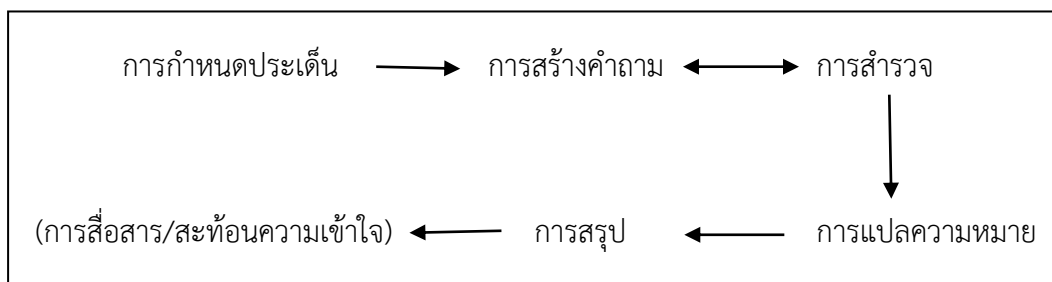
3. การตรวจสอบข้อความคาดการณ์ (Investigation) เป็นกระบวนการสร้างแนวทางในการหาคำตอบหรือยืนยันสมมติฐาน และดำเนินการตามแนวทางที่กำหนด โดยประกอบไปด้วย 3 ระยะย่อย ได้แก่ 3.1) การสำรวจ (Exploration) หรือ 3.2) การทดสอบ (Experimentation) ซึ่งการสำรวจเป็นการดำเนินการต่อเนื่องจากการสร้างคำถามที่จะศึกษาโดยนักเรียนจะต้องสังเกตเก็บรวบรวมข้อมูล และสืบค้นในข้อมูลที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นระบบ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่กำลังศึกษาในกรณีไม่จำเป็นต้องระบุสมมติฐาน ในขณะที่การทดสอบจะดำเนินการต่อเนื่องจากการสร้างสมมติฐาน โดยนักเรียนจะต้องรวบรวมหลักฐาน ดำเนินการตามแผนการทดสอบเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้ และ 3.3) การแปลความหมายข้อมูล (Data Interpretation) เป็นกระบวนการสร้างความหมายจากการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสำรวจหรือการทดสอบ และนำผลลัพธ์จากการดำเนินการเหล่านั้นมาสังเคราะห์และสรุปเป็นข้อความรู้ต่างๆ เพื่อตอบข้อคำถามที่ศึกษาหรือยืนยันหรือหักล้างสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้

4. การสรุป (Conclusion) เป็นกระบวนการนำมาซึ่งข้อสรุปต่างๆ ที่ศึกษานักเรียนจะต้องพิจารณาว่าข้อสรุปต่างๆ ที่ได้มามีความสอดคล้องกับข้อคำถามที่ศึกษาหรือสนับสนุนผลการทดสอบสมมติฐานหรือไม่ อย่างไร โดยข้อสรุปเหล่านี้จะนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ ซึ่งถือเป็นข้อสรุปสุดท้ายของการดำเนินการเรียนรู้แบบสืบสอบ เพื่อนำไปใช้ในการตอบข้อคำถามหรือสมมติฐานที่กำหนดไว้

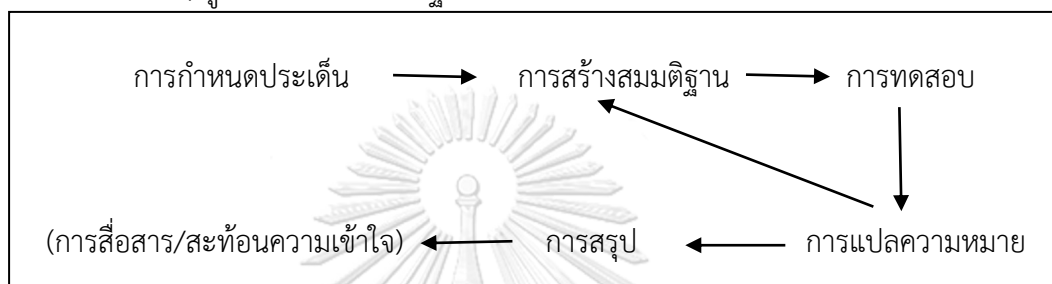
5. การอภิปราย (Discussion) เป็นกระบวนการที่ประกอบไปด้วย 5.1) การสื่อสาร (Communication) และ 5.2) การสะท้อนความเข้าใจ (Reflection) โดยการสื่อสารเป็นกระบวนการภายนอกที่สามารถสังเกตเห็นได้จากการที่นักเรียนได้สื่อสารและนำเสนอสิ่งที่ตนเองค้นพบและข้อสรุปของตนเองไปยังผู้อื่น รับฟังข้อมูลป้อนกลับและความคิดเห็นจากผู้อื่น รวมไปถึงการรับฟังผู้อื่นในการนำเสนอและทำความเข้าใจความรู้เหล่านั้นด้วยตนเอง ส่วนการสะท้อนความเข้าใจเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวนักเรียนเอง โดยนักเรียนจะสะท้อนความเข้าใจในการดำเนินการทั้งที่ประสบความสำเร็จและพบปัญหาในการสืบสอบที่เกิดจากการเรียนรู้ของตนเอง และนำเสนอวิธีการในการพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบสืบสอบของตนให้ดีขึ้น ในการอภิปรายร่วมกันทั้งการสื่อสารและการสะท้อนความเข้าใจสามารถเกิดขึ้นได้โดยสะท้อนการเรียนรู้ในภาพรวมทั้งหมดหลังจบกระบวนการเรียนรู้แบบสืบสอบ หรืออาจเกิดระหว่างการอธิบายความสัมพันธ์ของการดำเนินการในระยะเวลาใดระยะหนึ่ง

โดยการเรียนรู้แบบสืบสอบมีรูปแบบการดำเนินการใน 3 ลักษณะ ขึ้นอยู่กับปัญหาหรือข้อคำถามที่ได้กำหนด ได้แก่ a) รูปแบบการตั้งคำถาม b) รูปแบบการตั้งสมมติฐาน และ c) รูปแบบการตั้งคำถามก่อนนำไปสู่การตั้งสมมติฐาน ดังแสดงในภาพที่ 2

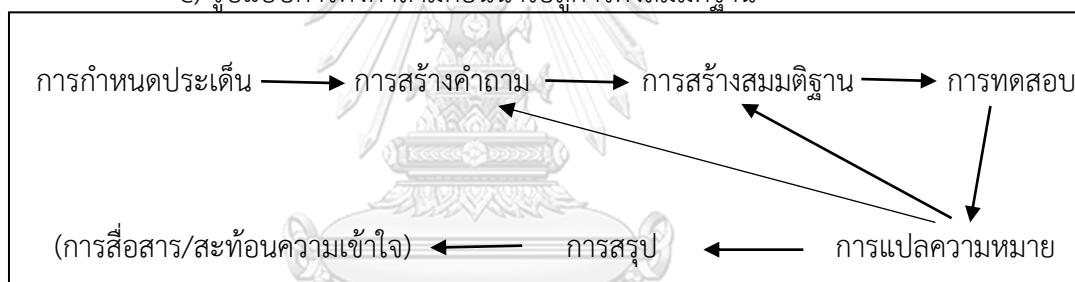
a) รูปแบบการตั้งคำถาม



b) รูปแบบการตั้งสมมติฐาน



c) รูปแบบการตั้งคำถามก่อนนำไปสู่การตั้งสมมติฐาน



ภาพที่ 2 แสดงรูปแบบลักษณะการดำเนินการของการเรียนรู้แบบสืบสอบ

สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ (2545 อ้างถึงใน โสภรต์มณี ดาหลาย, 2551) ได้เสนอขั้นตอนของกระบวนการสืบสอบไว้ ดังนี้

1. ขั้นผู้สอนสร้างสถานการณ์หรือปัญหา จากเนื้อหาในหลักสูตรให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้การสอนเป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยปัญหา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดและแก้ปัญหา การนำเข้าสู่บทเรียนอาจทำได้หลายวิธีผู้สอนจะต้องเลือก หรือปรับวิธีการนำเข้าสู่บทเรียนให้เหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหาทั้งจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่การออกแบบการค้นคว้าหาความรู้หรือการทดลองเพื่อหาคำตอบด้วยตนเอง

2. ขั้นใช้คำถามในการอภิปรายเพื่อนำไปสู่แนวทางในการหาคำตอบ การใช้คำถามนี้จะต้องอาศัยสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนดขึ้นเอง โดยใช้คำถามเป็นชุดต่อเนื่องสัมพันธ์กัน ชุดของคำถามต้องสามารถนำนักเรียนไปสู่การตั้งสมมติฐาน เพื่อคาดคะเนคำตอบที่อาจเป็นไปได้ ซึ่งควรเป็นแนวทางของการกำหนดวิธีการศึกษาค้นคว้าหรือทำการทดลอง

3. ขั้นใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การออกแบบและกำหนดวิธีการศึกษาการทดลองเพื่อหาคำตอบ คำถามในขั้นนี้เป็นคำถามเพื่อนำไปสู่การอธิบายวิธีการหาความรู้หรือคำตอบ ในแต่ละขั้นตอน สิ่งที่สำคัญคืออุปกรณ์ เครื่องมือ หรือข้อมูลสารสนเทศ ที่จะใช้ในการศึกษาหาความรู้ว่าจะออกแบบวิธีการศึกษาค้นคว้าหลายวิธีแล้วเลือกวิธีที่ดีที่สุด

4. ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้าสืบสวนสอบสวน ผู้สอนต้องใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจในขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมตามวิธีการที่ได้เลือกไว้ให้ชัดเจนพร้อมทั้งจดบันทึกข้อมูลไว้

5. ขั้นอภิปรายเพื่อสรุปผล ในขั้นนี้เป็นการใช้คำถามโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าและการตอบคำถามเป็นหลัก เพื่อนำไปสู่การสรุปหาคำตอบของปัญหา ผู้สอนใช้คำถามฝึกให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่พบในชีวิตประจำวัน

พิมพันธ์ เตชะคุปต์ (2530) ได้เสนอขั้นตอนของกระบวนการสืบสอบไว้ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ผู้สอนเป็นผู้อภิปรายโดยตั้งปัญหาเป็นอันดับแรก
2. ขั้นอภิปรายก่อนทำกิจกรรมทดลอง อาจจะเป็นการตั้งสมมุติฐาน ผู้สอนอธิบายหรือให้คำแนะนำเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองว่ามีวิธีการใช้อย่างไร จึงจะไม่เกิดอันตรายและมีข้อควรระวังในการทดลองอย่างไร
3. ขั้นทำการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูล นักเรียนจะเป็นผู้ลงมือทำการทดลองกิจกรรมและบันทึกผลการทดลอง
4. ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง เป็นการนำเสนอข้อมูลและสรุปผลการทดลองโดยผู้สอนนำการอภิปรายเพื่อให้นักเรียนไปสู่ข้อสรุปที่สำคัญของบทเรียน

จากการศึกษาขั้นตอนในกระบวนการเรียนรู้แบบสืบสอบของนักการศึกษาที่ได้กล่าวมาข้างต้น การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้กรอบแนวคิดการเรียนรู้แบบสืบสอบตาม การศึกษาและสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการสืบสอบของ Pedaste และคณะ (Pedaste et al., 2015) มาเป็นแนวทางในการกำหนดขั้นตอนในกระบวนการเรียนรู้แบบสืบสอบของการวิจัยนี้ ซึ่งประกอบด้วย 5 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 การกำหนดประเด็น ระยะที่ 2 การสร้างแนวคิดเพื่อสร้างข้อความคาดการณ์จากการสร้างคำถาม ระยะที่ 3 การตรวจสอบข้อความคาดการณ์ ผ่านการสำรวจและแปลความหมายข้อมูล ระยะที่ 4 การสรุป และระยะที่ 5 การอภิปราย ในการสะท้อนความเข้าใจ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำการสืบสอบในลักษณะ a) รูปแบบการตั้งคำถาม มาปรับใช้ให้เหมาะสมกับเนื้อหาและธรรมชาติของวิชาคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 ความรู้ทางคณิตศาสตร์

2.1 ความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์ มีนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

Annie และ John (1996 อ้างถึงใน นิชาพร เจริญวานิชกูร, 2560) ให้ความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์ว่า ความรู้ทางคณิตศาสตร์หมายถึง ความรู้ที่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ความรู้ที่รู้ว่าต้องทำอะไร (Knowing how) เป็นความรู้ที่จะนำไปสู่คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ เช่น การพิสูจน์ ความรู้ขั้นตอนและการดำเนินการ และความรู้ในสิ่งนั้น (Knowing that) ได้แก่ ความรู้ทางมโนทัศน์

Kitcher (1983 อ้างถึงใน นิชาพร เจริญวานิชกูร, 2560) ให้ความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์ว่า ความรู้ทางคณิตศาสตร์หมายถึง ความคิดที่เป็นนามธรรมเกิดจากการฝึกฝน ประกอบด้วยความรู้ที่ได้มาโดยนัย (Tacit) และความรู้ที่ได้มาโดยตรง (Explicit) โดยความรู้ที่ได้มาโดยนัย เป็นความรู้พวกเทคนิค ขั้นตอนการทำงาน การรู้จักใช้สัญลักษณ์ ส่วนความรู้ที่ได้มาโดยตรง เป็นความรู้จากพวกทฤษฎีบท การพิสูจน์

อัมพร ม้าคอนง (2547) ได้กล่าวถึงโครงสร้างของคณิตศาสตร์ โดยแบ่งคณิตศาสตร์ตามลักษณะเนื้อหาได้เป็น 4 สาขาใหญ่ๆ คือ เลขคณิต พีชคณิต เรขาคณิต และการวิเคราะห์ จากความหมายและโครงสร้างของวิชาคณิตศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่า ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นความรู้เกี่ยวกับสัญลักษณ์ ขั้นตอนการดำเนินการ ทฤษฎีบท กฎ มโนทัศน์ โดยเป็นการกำหนดสัญลักษณ์ใหม่ ขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์

จิรรัตน์ จตุรนนท์ (2554) กล่าวว่า ความรู้ทางคณิตศาสตร์แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ความรู้เชิงมโนทัศน์ (Conceptual Knowledge) เป็นความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายหรือมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงแนวคิดต่างๆ ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันเพื่อใช้อธิบายหรือแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความรู้เชิงกระบวนการ (Procedural Knowledge) เป็นความสามารถในการใช้กฎ ขั้นตอนการคำนวณหรือกระบวนการต่างๆ ในการอธิบายหรือแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง

จิตรวรรณ เอกพันธ์ (2558) ให้ความหมายความรู้ทางคณิตศาสตร์ว่าหมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาสาระทางคณิตศาสตร์ ที่เกิดจากการสร้าง หรือจัดประสบการณ์ในการเรียนรู้ โดยสามารถแบ่งออกเป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจในทฤษฎีบท กฎ สูตร บทนิยาม และสมบัติ

ทางคณิตศาสตร์ต่างๆ และความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ขั้นตอนการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ การใช้สูตรคณิตศาสตร์ และการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ต่างๆ

นอกจากนี้ยังมีนักการศึกษาอีกหลายท่านได้ให้ความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์โดยแบ่งตามประเภทของความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้แก่ ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการ โดยความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์เชิงมโนทัศน์ ได้มีนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายไว้ ดังนี้

Rittle-Johnson และ Schneider (2015) ได้สรุปไว้ว่า ความรู้เชิงมโนทัศน์ หมายถึง ความรู้ที่เกิดจากการเชื่อมโยงประสบการณ์หรือเรื่องต่างๆ ที่เคยพบเจอในอดีต จนสามารถระบุลักษณะของความรู้ใหม่ได้จากความสัมพันธ์ของประสบการณ์เหล่านั้นที่มีเพิ่มขึ้น

Hiebert (1986 อ้างถึงใน Rittle-Johnson และ Schneider, 2015) ได้เรียบเรียงไว้ว่า ความรู้เชิงมโนทัศน์ เป็นความรู้ที่อธิบายลักษณะของสิ่งต่างๆ ได้ชัดเจนที่สุด เนื่องจากเป็นความรู้ที่เต็มไปด้วยความสัมพันธ์หรือกล่าวได้ว่า เป็นสายใยที่เชื่อมโยงกันของความรู้ที่เป็นโครงข่ายซึ่งมีความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงข้อมูลสำคัญในแต่ละจุดเข้าด้วยกัน ความสัมพันธ์นี้จะแตกแขนงไปตามข้อเท็จจริงและปัญหาที่จะต้องพิสูจน์ เพื่อให้ข้อมูลทั้งหมดถูกเชื่อมโยงเป็นโครงข่าย

Cooney, Davis และ Henderson (1975 อ้างถึงใน วิมลรัตน์ ศรีสุข, 2551) ให้ความหมายของความรู้เชิงมโนทัศน์ว่าความรู้เชิงมโนทัศน์ หมายถึง ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ โดยนักเรียนสามารถสรุปความเข้าใจที่ได้ออกมาในรูปของบทนิยามหรือความหมายของเรื่องนั้นๆ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Toumasis (1995 อ้างถึงใน จิตรรณ เอกพันธ์, 2558) ให้ความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์เชิงมโนทัศน์ไว้ว่าความรู้เชิงมโนทัศน์หมายถึง ความรู้ในขั้นสุดท้ายที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่เกิดจากการทำความเข้าใจของนักเรียนที่มีต่อการกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ โดยนักเรียนต้องสามารถจำแนกประเภทความเหมือน ความแตกต่างของสิ่งต่างๆ ได้

Wilson (1971 อ้างถึงใน จิตรรณ เอกพันธ์, 2558) ให้ความหมายของความรู้เชิงมโนทัศน์ว่า ความรู้เชิงมโนทัศน์หมายถึง ความสามารถในการสรุปความหมายของสิ่งที่ได้รับจากการเรียนตามความเข้าใจของตนเอง รู้จักนำข้อเท็จจริงของเนื้อหาที่ได้เรียนมาแล้วมาสร้างความสัมพันธ์กัน

อัมพร ม้าคนอง (2554) ให้ความหมายของความรู้เชิงมโนทัศน์ว่า ความรู้เชิงมโนทัศน์หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับความหมายและโครงสร้างของคณิตศาสตร์ เป็นความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกันของสิ่งที่ใช้อธิบายและให้ความหมายของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งเป็นความรู้เกี่ยวกับความคิด รวบรวม ทฤษฎี และที่มาหรือเหตุผลของขั้นตอนหรือวิธีการทางคณิตศาสตร์

อัจฉราพรรณ เกิดแก้ว (2523 อ้างถึงใน ศุภลักษณ์ ครุทคง, 2556) ให้ความหมายของความรู้เชิงมโนทัศน์ไว้ว่า ความรู้เชิงมโนทัศน์หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ รวมทั้งความสามารถในการสรุปและจำแนกสิ่งต่างๆ ที่เป็นพื้นฐานทางคณิตศาสตร์

ความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์เชิงกระบวนการ ได้มีนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายไว้ดังนี้

College Board (2002) ให้ความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์เชิงกระบวนการไว้ว่า ความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการ ประกอบด้วยขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการอ่านและเขียนแสดงออกมาในรูปแบบกราฟ ตาราง การดำเนินการทางเรขาคณิต ทักษะที่ไม่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ เช่น การหมุน และลำดับ เป็นต้น

Basjes (2002) ให้ความหมายว่าความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนวิธีการ คือลำดับขั้นในการทำงานอย่างต่อเนื่องโดยเกิดมาจากการตัดสินใจของบุคคล

Rittle-Johnson และ Schneider (2015) ได้สรุปไว้ว่า ความรู้เชิงกระบวนการเป็นความสามารถในการดำเนินการตามลำดับขั้นตอนเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ

Hiebert และ LeFevre (1986 อ้างถึงใน Rittle-Johnson และ Schneider, 2015) กล่าวว่า ความรู้เชิงกระบวนการ สามารถเป็นได้ทั้ง 1) ขั้นตอนวิธีการ ซึ่งเป็นลำดับของการกระทำที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า เพื่อนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องเมื่อดำเนินการตามขั้นตอนเหล่านั้น หรือ 2) แนวทางที่อาจเป็นไปได้ที่ต้องทำเรียงลำดับอย่างเหมาะสมเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ เช่น วิธีการแก้สมการ ความรู้เชิงกระบวนการนี้จะพัฒนาจากการฝึกแก้ปัญหาเฉพาะบางประเภทที่มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน ทำให้เป็นความรู้ที่แตกต่างจากความรู้อื่น

วิมลรัตน์ ศรีสุข (2551) ให้ความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์เชิงกระบวนการไว้ว่า ความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการ หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับแนวทางในการคำนวณตามหลักกฎเกณฑ์ วิธีการที่เป็นระบบที่แสดงถึงลักษณะสำคัญของสาระการเรียนรู้ เช่น ขั้นตอนวิธีการในการหาคำตอบของการหาตัวคูณร่วมน้อย

อัมพร ม้าคนอง (2554) ให้ความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์เชิงกระบวนการไว้ว่า ความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการ หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ การระบุถึงสิ่งที่กำหนดให้ การระบุถึงสิ่งที่ต้องการหา การใช้กลยุทธ์ การใช้วิธีการ และขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์

จากการที่ผู้วิจัยศึกษาความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักวิชาการและนักการศึกษา ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความรู้ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ ที่เกิดจากการรับข้อมูลและประสบการณ์การเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยความรู้ทางคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ **ความรู้เชิงมโนทัศน์** เป็นความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยาม และสมบัติต่างๆ ที่มาหรือเหตุผลทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งความสัมพันธ์หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกันในการใช้อธิบายและให้ความหมายของขั้นตอนหรือวิธีการทางคณิตศาสตร์ และ **ความรู้เชิงกระบวนการ** เป็นความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นตอนการสร้างทางเรขาคณิตและการกำหนดแนวทางในการพิสูจน์ โดยใช้ข้อเท็จจริง นิยาม หลักการ ทฤษฎีบท รวมถึงขั้นตอนในการสร้างทางเรขาคณิต

2.2 ความสำคัญของความรู้ทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาความสำคัญของความรู้ทางคณิตศาสตร์ มีนักวิชาการและนักการศึกษาได้กล่าวถึงความสำคัญของความรู้ทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

กระทรวงศึกษาธิการ (2545) กล่าวถึงความสำคัญของความรู้ทางคณิตศาสตร์ ว่าความรู้ทางคณิตศาสตร์ มีความสำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดจุดมุ่งหมายและวิสัยทัศน์เกี่ยวกับคุณภาพและมาตรฐานของนักเรียน สามารถสรุปได้ว่า เมื่อนักเรียนได้เรียนคณิตศาสตร์แล้วทำให้นักเรียนต้องมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่พอเพียง สามารถนำความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งสามารถนำไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ และเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อ

สิริพร ทิพย์คง (2545) กล่าวถึงความสำคัญของความรู้ทางคณิตศาสตร์ ว่าความรู้ทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์ โดยนักเรียนควรมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. มีความรู้และความเข้าใจในคณิตศาสตร์พื้นฐานและทักษะการคิดคำนวณ สามารถเลือกหลักการ กฎ หรือสูตร มาใช้ในการแก้ปัญหาได้
2. มีเหตุผลเชิงตรรกะในการคิด สามารถถ่ายทอดความคิดได้อย่างชัดเจน

3. มีความประทับใจ มองเห็นความสำคัญและประโยชน์ของวิชาคณิตศาสตร์ ตลอดจนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

4. มีความสามารถในการใช้ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ มีทักษะในการเรียนรู้และสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

อัมพร ม้าคนอง (2554) กล่าวถึงความสำคัญของความรู้ทางคณิตศาสตร์ว่า ความรู้ทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการนำคณิตศาสตร์ไปใช้งาน ในการเรียนเนื้อหาคณิตศาสตร์เฉพาะใตๆ นักเรียนจึงควรได้รับความรู้ทางคณิตศาสตร์ ผู้สอนควรสอนความรู้ทางคณิตศาสตร์ทั้งความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนกระบวนการ เพื่อที่นักเรียนจะเชื่อมโยงได้ว่าขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ที่ตนเองคุ้นเคยนั้นมีที่มาหรือความหมายอย่างไร และจะนำไปใช้ได้อย่างไร

จากการที่ผู้วิจัยศึกษาความสำคัญของความรู้ทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความรู้ทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการนำคณิตศาสตร์ไปใช้งาน ในการเรียนเนื้อหาคณิตศาสตร์เฉพาะใตๆ นักเรียนจึงควร ได้รับความรู้ทางคณิตศาสตร์ทั้งความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการ เพื่อที่นักเรียนจะเชื่อมโยงได้ว่าขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ที่ตนเองคุ้นเคยนั้นมีที่มาหรือความหมายอย่างไร และจะนำไปใช้ได้อย่างไร อีกทั้งในการเรียนคณิตศาสตร์นักเรียนต้องมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่พอเพียง สามารถนำความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งสามารถนำไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ และเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อ

2.3 แนวทางการพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์ พบว่ามีนักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของความรู้ทางคณิตศาสตร์ตามประเภทของความรู้ทางคณิตศาสตร์ คือความรู้เชิงมโนทัศน์ และความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการ ดังนั้นในการศึกษาแนวทางการพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาทั้งแนวทางการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์ และแนวทางการพัฒนาความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการ ดังต่อไปนี้

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 1989) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนมีโอกาสแลกเปลี่ยนความรู้ มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนด้วยกัน มีโอกาสในการชี้แจงแนวคิด อธิบายเหตุผลและสื่อสารให้บุคคลอื่นเห็นด้วยกับแนวคิดของตนทั้งการพูดและการฟัง กิจกรรมดังกล่าวจะช่วยให้นักเรียนได้สร้างความรู้ และเรียนรู้ที่จะรับฟังแนวคิดในลักษณะต่างๆ จนเกิดความชัดเจนในแนวคิดของตนเอง

Katz (2014) ระบุว่า ในกระบวนการสืบสอบนักเรียนจะได้ใช้ความคิดอย่างอิสระเมื่อเผชิญกับปัญหาทั้งปลายเปิดและปลายปิดที่ผู้สอนกำหนด หรือในขณะนี้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดร่วมกัน ในการพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ กระบวนการ หลักการ และสูตร นักเรียนจะได้ใช้ความคิดในการสังเกตแบบรูป การสร้างข้อความคาดการณ์ การสังเกตลักษณะทั่วไป เพื่อยืนยันหรือคัดค้านความรู้เหล่านั้น การคิดในกระบวนการดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงการวิเคราะห์เชิงพีชคณิตหรือการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล ตลอดกระบวนการสืบสอบนักเรียนจะได้ใช้ทักษะการให้เหตุผลของตนเองในการพัฒนาความเข้าใจในความรู้

Harrison (2004 อ้างถึงใน พรธรรณภา เพิ่มพูล, 2549) กล่าวว่า การสอนให้นักเรียนรู้จักตั้งคำถามเป็นวิธีการสร้างความเข้าใจที่ได้ผลดี และท้าทายความสามารถของนักเรียนมากกว่าการให้นักเรียนตอบคำถามที่ครูตั้งขึ้นเพียงอย่างเดียว

แนวทางการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เป็นดังนี้

Ausubel (1968) กล่าวถึงแนวทางในการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์ว่าในการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์ นักเรียนต้องมีขั้นตอนในการสร้างมโนทัศน์ดังนี้

1. วิเคราะห์และแยกแยะความแตกต่างของกระบวนการของสิ่งเร้า
2. ตั้งสมมติฐานโดยมีลักษณะร่วม
3. ทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้นในสถานการณ์
4. เลือกข้อสมมติฐานที่สามารถรวมกลุ่มสิ่งเร้า ซึ่งมีลักษณะบางประการร่วมกันได้
5. หาลักษณะของสิ่งเร้ามาสัมพันธ์กับแนวความคิดของตน
6. แยกแยะความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์ที่รับมาใหม่กับมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่แล้ว เพื่อหาความสัมพันธ์กัน
7. สรุปครอบคลุมลักษณะของมโนทัศน์ใหม่ให้ครอบคลุมส่วนย่อยทั้งหมดในกลุ่ม
8. หาสัญลักษณ์ทางภาษา

Lasley และ Matczynski (1997 อ้างถึงใน อัมพร ม้าคนอง, 2547) กล่าวถึงแนวทางในการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์ว่ามีโมเดลการสร้างมโนทัศน์ ที่จะช่วยพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

1. การผลิตข้อมูล เป็นขั้นผลิตและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่สร้างข้อมูลอาจมาจากนักเรียน ผู้สอน หรือจากทั้งนักเรียนและผู้สอน หรือจากทั้งนักเรียนและผู้สอน ในขั้นนี้

ผู้สอนต้องทำหน้าที่กลั่นกรองว่าข้อมูลที่ได้นี้ เป็นสิ่งที่ต้องการและเพียงพอในการนำไปสู่มนทัศน์หรือไม่ มีสิ่งใดที่ต้องการเพิ่มเติม สิ่งใดที่ควรตัดออก

2. การจัดกลุ่มข้อมูล นักเรียนจะต้องเป็นผู้จัดกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันทางมนทัศน์เข้าด้วยกันตามการรับรู้ของตนเอง ผู้สอนต้องเตือนนักเรียนให้นิยามหรืออธิบายให้ได้ว่าใช้เกณฑ์หรือหลักการใดในการจัดกลุ่มข้อมูลแต่ละกลุ่ม เพื่อที่จะแยกแยะข้อมูลเป็นกลุ่มที่มีลักษณะตามมนทัศน์และกลุ่มที่ไม่มีลักษณะตามมนทัศน์

3. การขยายความประเภข้อมูล จากกลุ่มข้อมูลที่นักเรียนจัดได้ในขั้นที่ 2 ผู้สอนจะทำการตรวจสอบแต่ละกลุ่มและดูว่านักเรียนคิดอย่างไรในกระบวนการจำแนก โดยอาจให้นักเรียนอธิบายให้ผู้อื่นฟังหน้าชั้นเรียนหรือเขียนบนกระดาน ผู้สอนและนักเรียนคนอื่นๆ มีหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้อง การอธิบายวิธีคิดในการจัดประเภทเป็นการขยายความจากลักษณะที่เห็นไปสู่ความหมายที่แท้จริง และความสัมพันธ์ของคุณลักษณะของข้อมูล ผู้สอนควรช่วยเพิ่มเติมและขยายความเข้าใจของนักเรียนให้ชัดเจนมากขึ้น

4. การสรุปปิด ผู้สอนอาจให้นักเรียนอธิบายสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในประเภทเดียวกันเกี่ยวข้องกันอย่างไร หรือให้ข้อสรุปทั่วไปที่สัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ ภายในประเภทเดียวกันหรือให้สรุปความหมายของประเภทที่จัด และสร้างโครงข่ายโยงความสัมพันธ์การดำเนินการ เหล่านี้เป็นการใช้การคิดวิเคราะห์ระดับสูงที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งจนสามารถสร้างความรู้หรือมนทัศน์ด้วยตนเอง

นัตยา ปิณฑนนท์ (2542) กล่าวว่า การที่คนเราจะเกิดความคิดรวบยอด (concept) ต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งนั้นต้องมีความรู้ ประสบการณ์ สามารถสรุป อธิบาย หรือแยกแยะได้ว่าอะไรเป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องหรือไม่เกี่ยวข้องของกับเรื่องนั้น ความคิดรวบยอดมีระดับความยากง่าย ละเอียด ลึกซึ้งสำหรับแต่ละคนแตกต่างกัน คนในวัยเดียวกันอาจมีการรับรู้ความคิดรวบยอดอย่างเดียวกันแตกต่างกันได้ และคนต่างวัยกันก็มีการรับรู้ความคิดรวบยอดแตกต่างกันด้วย ทั้งวัย วุฒิภาวะ ความรู้ และประสบการณ์ ล้วนมีผลต่อการรับรู้ความคิดรวบยอดของคนเราให้แตกต่างกันไป เมื่อความรู้และประสบการณ์มีมาก ความคิดรวบยอดก็กว้างขวาง ในขณะเดียวกันหากความรู้และประสบการณ์ผิดพลาดก็จะทำให้ความคิดรวบยอดผิดพลาดได้เช่นกัน คนเราสามารถเกิดความคิดรวบยอดในความรู้บางอย่างได้ง่ายๆ ถ้าเขาได้เห็นตัวอย่าง เห็นของจริง โดยไม่ต้องใช้เวลานานในการอธิบายเพื่อทำความเข้าใจ และการทำความเข้าใจในความคิดรวบยอดบางอย่าง อาจต้องพิจารณาบริบทอื่นๆ มาประกอบด้วย โดยจะตรวจสอบความคิดรวบยอดของบุคคลได้ ดังนี้

1. สามารถบอก ระบุม เรียกชื่อ ความคิดรวบยอดนั้นได้
2. สามารถคัดเลือก จำแนก แยก แยะ ยกตัวอย่างและที่ไม่ใช่ตัวอย่างของ ความคิดรวบยอดนั้นได้
3. สามารถบอกลักษณะของความคิดรวบยอดนั้นได้
4. สามารถอธิบาย สรุปความหมายของความคิดรวบยอดนั้นจากความรู้ ความเข้าใจของตนด้วยภาษาพูดของตนเองได้

แนวทางการพัฒนาความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นดังนี้

Hiebert (1989 อ้างถึงใน อัมพร ม้าคนอง, 2546) กล่าวถึงแนวทางในการพัฒนาความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการว่า การพัฒนาความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการจะต้องพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนใน 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการพัฒนาความหมายสำหรับสัญลักษณ์ เป็นขั้นของการเชื่อมโยงระหว่างสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนพบประจำกับแนวคิดหรือวัตถุที่สัญลักษณ์เหล่านั้นถูกใช้แทน ในทางคณิตศาสตร์จะใช้สัญลักษณ์สองประเภทใหญ่ๆ คือ ตัวเลข เช่น 1, 2.4 และเครื่องหมายแสดงการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เช่น +, -, \times เป็นต้น
2. ขั้นพัฒนาความหมายสำหรับกฎ และการดำเนินการ เป็นขั้นพัฒนาความหมายของสิ่งที่กลายเป็นกฎหรือขั้นตอนการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เช่น ประโยคสัญลักษณ์ $65 - 27 = 38$ นั้นแทนการหัก 27 ออกจาก 65 โดยหัก 10 ออกจาก 60 และ หัก 7 ออกจาก 5 แต่หัก 7 ออกจาก 5 ไม่ได้ จึงใช้วิธีใหม่ คือ แบ่ง 60 ออกเป็น 50 กับ 10 แล้วให้ 10 กับ 5 รวมเป็น 15 ซึ่งจะทำให้สามารถหักได้ โดยหัก 20 ออกจาก 50 และหัก 7 ออกจาก 15 ซึ่งจะเหลือ 30 และ 8 ตามลำดับ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เป็น 38
3. ขั้นตรวจสอบความเป็นเหตุเป็นผล เป็นขั้นที่นักเรียนสามารถคาดคะเนคำตอบที่ใกล้เคียงความจริงได้ จากการใช้ความหมายในขั้นที่ 1 เช่น หากนักเรียนทราบความหมายของ 4 หมายถึง จำนวนของที่รวมกันแล้วได้ 4 นักเรียนสามารถคาดคะเนได้ว่าคำตอบที่ได้ของ $4 + \frac{2}{3}$ ต้องมากกว่า 4 เพราะ $\frac{2}{3}$ มีค่าไม่ถึง 1 คำตอบที่ใกล้เคียงจึงเป็น 5

Usiskin (1989 อ้างถึงใน นิชาพร เจริญวานิชกูร, 2560) กล่าวถึงแนวทางในการพัฒนาความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการ ว่าควรพัฒนาหลักการพื้นฐานสำหรับการเรียนการสอนขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. การพัฒนาเทคโนโลยี ซึ่งอาจเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์ทำให้ขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์บางอย่างอาจมีความสำคัญมากขึ้น หรือบางอย่างมี

ความสำคัญน้อยลง และขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์บางอย่างไม่มีการเปลี่ยนแปลงความสำคัญได้เช่นกัน

2. ความแตกต่างกันของปัญหา สำหรับปัญหาใดๆ ขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับกระบวนการ 3 ชนิด คือ ชนิดที่คิดได้ด้วยสมอง ชนิดที่ทำได้ด้วยปากกาและดินสอ และชนิดที่ทำได้ด้วยการช่วยเหลือจากผู้สอน

3. วิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหา ไม่ว่าผู้สอนคิดว่ากำลังสอนขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์อะไร จะมีนักเรียนบางคนที่ทำโดยวิธีที่แตกต่างออกไป

4. การจะใช้ขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์ ผู้สอนควรเตรียมตัวและหาวิธีการที่จะดำเนินการสอนขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์นั้นอย่างเหมาะสม

5. การตั้งจุดมุ่งหมายในการสอนขั้นตอนวิธีการ เพื่อให้การสอนขั้นตอนวิธีการมีประสิทธิภาพมากที่สุด ผู้สอนควรตั้งจุดมุ่งหมายในการสอนขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์

จิตรวรรณ เอกพันธ์ (2558) กล่าวถึงวิธีการพัฒนาความรู้เชิงขั้นตอนหรือดำเนินการว่า ผู้สอนควรจัดการเรียนการสอนที่ช่วยนักเรียนให้มีความชำนาญในการดำเนินการและมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในแนวทางดำเนินการดังกล่าว เนื่องจากในการสอน การดำเนินการทั้งในส่วนของสัญลักษณ์ และขั้นตอนวิธีการนั้น จะมีการดำเนินการวิธีใหม่ๆ อยู่เสมอ การเรียนรู้วิธีการดำเนินการด้วยวิธีที่หลากหลายจะทำให้สามารถเลือกใช้วิธีการดำเนินการกับสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้คล่องแคล่วขึ้น การจัดการเรียนการสอนจะทำให้นักเรียนบรรลุผลด้านการดำเนินการและนำความรู้และความเข้าใจ ไปใช้ในช่วงเวลาต่างๆ ได้

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่าแนวทางการพัฒนาความรู้ให้กับนักเรียน ทำได้โดยการพัฒนาทั้งความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการให้กับนักเรียน โดยแนวทางการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์ คือ การทำให้นักเรียนเกิดการสร้างและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเนื้อหาที่จะเรียน จากนั้นให้นักเรียนจัดกลุ่มที่เหมือนและกลุ่มที่แตกต่างของความรู้ที่เรียน และนำไปสู่การสรุปเป็นมโนทัศน์ใหม่ที่เรียน ส่วนแนวทางการพัฒนาความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการ คือ การทำให้นักเรียนเกิดความเชื่อมโยงระหว่างสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์กับสิ่งที่นักเรียนพบเจอในชีวิตประจำวัน และให้นักเรียนเข้าใจความหมายของกฎและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เพื่อการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ต่อไป

2.4 การประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาการประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์ตามประเภทของความรู้ทางคณิตศาสตร์ คือ ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการ ซึ่งงานวิจัยจากนักวิชาการและนักวิจัยในการศึกษาการประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์มี ดังนี้

Fray, Fredrick และ LKlausmeier (1969 อ้างถึงใน จิตรวรรณ เอกพันธ์, 2558) กล่าวถึงการประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า การประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์มีความจำเป็นต้องวิเคราะห์เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ต้องการประเมินแล้วจึงค่อยออกข้อสอบให้ตรงกับความรู้ที่ได้วิเคราะห์ไว้

Wilson (1971 อ้างถึงใน จิตรวรรณ เอกพันธ์, 2558) กล่าวถึงการประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นการประเมินเกี่ยวกับความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับความสามารถในการสรุปความหมายของสิ่งที่ได้จากการเรียนการสอนตามความเข้าใจของตนเองและรู้จักนำข้อเท็จจริงของเนื้อหาต่างๆ ที่ได้เรียนรู้มาแล้วมาสัมพันธ์กัน

Rittle-Johnson และ Schneider (2015) กล่าวว่า การวัดความรู้เชิงมโนทัศน์จะแตกต่างไปตามสิ่งที่ต้องการวัดแบ่งได้ 2 แบบ คือ การวัดความรู้มโนทัศน์ทางตรง ซึ่งเป็นการให้คำจำกัดความและคำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับสิ่งหนึ่งสิ่งใด และการวัดความรู้มโนทัศน์ทางอ้อมที่เป็นการประเมินการตัดสินใจของนักเรียนในการเลือกตัวเลือกที่ถูกต้อง หรือวัดระดับคุณภาพของสิ่งต่างๆ รวมไปถึงตีความแปลความจากตัวแทนความคิดในรูปแบบต่างๆ และการเปรียบเทียบปริมาณ

โสภณ บำรุงสงฆ์ (2520) กล่าวถึงการประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์ว่า การประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์ประเมินตามองค์ประกอบของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน หรือกระบวนการโดยมีการวัดความเข้าใจเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อที่จะได้ทราบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในขั้นตอนกระบวนการและมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เพียงใด ดังนั้นข้อสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการจึงมีข้อคำถามที่เกี่ยวกับข้อเท็จจริงหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์และไม่ต้องการคำตอบที่เป็นผลลัพธ์ของปัญหา

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาการประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์ทำได้โดยการประเมินความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการโดยการประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับความรู้ที่ได้เรียนไปและประเมิน

ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอน หรือกระบวนการที่นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้เรียนไปแก้ปัญหา ให้นักเรียนมีความเข้าใจกับขั้นตอนและกระบวนการและเข้าใจโมทัศน์ที่ได้เรียน

ตอนที่ 3 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณในสถานการณ์ปัญหา เป็นทักษะที่ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นและเป็นเป้าหมายในการศึกษา ซึ่งจะอธิบายได้ในแง่ของความสามารถ โดยคนจะแสดงพฤติกรรมออกมามากหรือน้อยตามความสามารถ ความชื่นชอบ และนิสัย (Leader & Middleton, 2004) จากการศึกษา พบว่า มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ ดังนี้

Ennis (1985 อ้างถึงใน Aizikovitch-Udi และ Cheng, 2015) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นการคิดไตร่ตรองอย่างถี่ถ้วนและมีเหตุผลที่เหมาะสม โดยมุ่งให้เกิดการตัดสินใจในการกระทำหรือเชื่อในสิ่งหนึ่งสิ่งใด ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการเลือกใช้ข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในสถานการณ์ใหม่ การวิเคราะห์สาเหตุหรือเหตุจูงใจในสถานการณ์นั้น และการประเมินความคิดเห็นต่างๆ ในเรื่องที่พบเจอ

McPeck (1981 อ้างถึงใน Aizikovitch-Udi และ Cheng, 2015) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นทักษะและนิสัยที่ใช้ในการไตร่ตรองสิ่งที่ตนเองสงสัยอย่างเหมาะสม

Lipman (1991 อ้างถึงใน Aizikovitch-Udi และ Cheng, 2015) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นความคิดที่สามารถทำให้ตัดสินใจได้บนพื้นฐานของความถูกต้องภายในตนเองและบริบทที่ละเอียดอ่อน

Krulik และ Rudnick (1999 อ้างถึงใน Widyatiningtyas, Kusumah, Sumarmo และ Sabandar, 2015) ได้กล่าวไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เป็นความคิดที่ได้รับการตรวจสอบ ตั้งคำถาม เชื่อมโยง และประเมินในสถานการณ์หรือปัญหาที่พบเจอ ขณะเดียวกันในกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์นี้นักเรียนจะสามารถอธิบายเกี่ยวกับปัญหาที่ตนเองพบเจอ เชื่อมโยงปัญหาเหล่านั้นกับความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองมีอยู่

Ennis (2007 อ้างถึงใน Widyatiningtyas et al., 2015) ได้กล่าวไว้ว่าการคิดวิจารย์ญาณที่แท้จริง เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในความคิดของบุคคล ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในการตัดสินใจอย่างเหมาะสม ในสิ่งที่ตนเองเชื่อว่าเป็นจริงและจะกระทำต่อไป

Glaser (2001 อ้างถึงใน Widyatiningtyas et al., 2015) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณในวิชาคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถที่เกี่ยวข้องกับความรู้เดิม การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และกลวิธีในการทำความเข้าใจในความรู้ การพิสูจน์ หรือการประเมิน ในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ค่อยพบเห็นอย่างมีประสิทธิภาพ

Hilgard (1962) ได้ให้ความหมายของการคิดวิจารณ์ว่าเป็นการคิดอย่างรอบคอบตามหลักการของการประเมินผล และมีหลักฐานอ้างอิงเนื้อหา ข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมด และใช้กระบวนการทางจิตวิทยา อย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล

ทิสนา แคมมณี (2554) ได้สรุปความหมายของกระบวนการคิดวิจารณ์ไว้ว่าเป็นกระบวนการคิดอย่างรอบคอบเพื่อให้ได้ความคิดหรือคำตอบที่ดีที่สุด มีความสมเหตุสมผลน่าเชื่อถือ โดยผ่านการพิจารณาและประเมินข้อมูล ข้อเท็จจริง ข้อโต้แย้ง หลักฐาน และความคืบหน้าอย่างรอบด้าน ทั้งทางกว้าง ลึก และไกล รวมทั้งพิจารณาถ่วงน้ำหนักข้อดีและข้อเสีย และคุณค่าที่แท้จริงของเรื่องที่คิด

จิระ ว่องไววิริยะ (2556) ได้สรุปความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า เป็นการคิดอย่างละเอียด รอบคอบ สมเหตุสมผล มีการถ่วงน้ำหนักและไตร่ตรองถึงคุณค่าที่แท้จริงของสิ่งนั้น ให้มีเหตุผลมากเพียงพอที่จะนำไปสู่การตัดสินใจ หรือแก้ปัญหาต่างๆ อย่างถูกต้องเหมาะสม

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณดังที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง ความสามารถในการคิดไตร่ตรองในข้อมูลอย่างถี่ถ้วน มีการให้เหตุผล และประเมินข้อความหรือเหตุการณ์ที่เป็นปัญหาอย่างเหมาะสม เพื่อตัดสินใจในการดำเนินการในสถานการณ์ปัญหาที่พบเจอ โดยอาศัยความรู้ ความคิด ประสบการณ์ในการพิจารณาข้อมูลหรือหลักฐานที่รองรับอย่างรอบคอบ

3.2 องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Watson และ Glaser (1964 อ้างถึงใน อรพิน พัฒนาผล, 2551) ได้มีการเสนอไว้ว่า กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วยความสามารถย่อยๆ ดังนี้

1. ความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความ (Inference) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความน่าจะเป็นของข้อมูลหรือการสรุปข้อมูลต่างๆ ของข้อมูลที่กำหนดให้ได้

2. ความสามารถในการตระหนักถึงข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of assumptions) เป็นความสามารถในการรับรู้ข้อตกลงเบื้องต้นหรือข้อความสมมติที่กำหนดในประโยค โดยสามารถจำแนกว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น หรือข้อความใดไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้น

3. ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) เป็นความสามารถในการจำแนกว่าข้อสรุปใดเป็นผลจากความสัมพันธ์ของสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างแน่นอนและข้อความใดไม่เป็นผลต่อความสัมพันธ์นั้น

4. ความสามารถในการตีความ (Interpretation) เป็นความสามารถในการลงความเห็นและอธิบายความเป็นไปได้ของข้อสรุป จำแนกได้ว่าข้อสรุปใดที่เป็นไปได้ตามสถานการณ์ที่กำหนดให้

5. ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of arguments) เป็นความสามารถในการประเมินน้ำหนักข้อมูลเพื่อตัดสินว่าเข้าประเด็นกับเรื่องหรือไม่ เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย ควรหรือไม่ควร

Ennis (1985 อ้างถึงใน อรพิณ พัฒนาผล, 2551) ระบุว่าความคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วย

1. ทักษะการนิยาม ได้แก่ การระบุจุดสำคัญของประเด็นปัญหา ข้อสรุป ระบุเหตุผล ทั้งที่ปรากฏและไม่ปรากฏ การตั้งคำถามที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ การระบุเงื่อนไขและข้อตกลงเบื้องต้น

2. ทักษะการตัดสินข้อมูล ได้แก่ การตัดสินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การตัดสินความเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา การพิจารณาความสอดคล้อง

3. ทักษะการสรุปอ้างอิงในการแก้ปัญหาและการลงสรุปอย่างสมเหตุสมผล ได้แก่ การอ้างอิงและการสรุปแบบอุปนัย การนิรนัยโดยมีความตรง การทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมาในสถานการณ์อย่างน่าเชื่อถือ

Ennis และ Millman (1985) ได้กำหนดองค์ประกอบในการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ 4 ด้าน ในการพัฒนาแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของคอร์เนลระดับเอ็กซ์ (Cornell Critical Thinking Test level X)

1. การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (Credibility of source and observation) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณา ตัดสินความถูกต้องของข้อมูล

ความเป็นไปได้ของข้อความ ว่าข้อมูลใดที่ได้จากการสังเกตของบุคคลอื่นซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับสถานการณ์มีความน่าเชื่อถือมากกว่ากัน

2. การอุปนัย (Induction) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาตัดสินข้อมูล และสถานการณ์ต่างๆ ว่าข้อเท็จจริงใดสนับสนุน คัดค้าน หรือไม่เกี่ยวข้องกับข้อสรุปหรือข้อสังเกตที่ได้คาดการณ์ไว้

3. การนิรนัย (Deduction) หมายถึง ความสามารถในการหาข้อสรุปจากข้อความ หรือประโยคหลักที่กำหนดให้โดยอาศัยเหตุผลจากส่วนใหญ่ไปสู่ส่วนย่อย ซึ่งข้อสรุปที่ได้ต้องอยู่ในขอบเขตของข้อความที่กำหนดและสมเหตุสมผล

4. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption identification) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาตัดสินว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ซึ่งเป็นข้อความที่จำเป็นต้องเกิดขึ้นก่อนข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนด เพื่อให้ข้อสรุปที่ได้จากข้อความหรือสถานการณ์นั้น สมเหตุสมผล

ทศนา แคมมณี (2554) ได้ระบุองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในลักษณะของความสามารถดังต่อไปนี้

1. การระบุประเด็นปัญหา หรือประเด็นในการคิด
2. การประมวลข้อมูล ทั้งทางด้านข้อเท็จจริง ข้อโต้แย้ง และความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่คิด ทั้งทางกว้าง ลึก และไกล
3. การวิเคราะห์ข้อมูล จำแนกแยกแยะข้อมูล จัดหมวดหมู่ของข้อมูล และเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการหาคำตอบ
4. การประเมินข้อมูลที่ใช้ในการคิดตามเกณฑ์ที่กำหนด
5. การพิจารณาข้อมูล ข้อโต้แย้ง และความคิดเห็น ตามหลักเหตุผล
6. การระบุทางเลือกหรือคำตอบที่มีความสมเหตุสมผล
7. การประเมินทางเลือก และเลือกทางเลือกหรือคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เป็น 5 องค์ประกอบดังนี้

1. การทำความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการระบุประเด็นสำคัญไม่ว่าจะเป็นข้อเท็จจริง ข้อโต้แย้ง คำถาม ความคิดเห็น หรือสิ่งที่เกี่ยวข้อง โดยพิจารณาจากข้อมูลที่มีอยู่ในข้อความ สถานการณ์ หรือสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด
2. การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต หมายถึง ความสามารถในการตัดสินความน่าเชื่อถือของข้อมูล โดยพิจารณาจากการสังเกตความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กันของข้อมูลอื่นๆ หรือแหล่งที่มาของข้อมูล
3. การอุปนัย หมายถึง ความสามารถในการลงข้อสรุปจากการสังเกตลักษณะร่วมและความสัมพันธ์ของข้อมูลจากข้อความ สถานการณ์ หรือสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด
4. การนิรนัย หมายถึง ความสามารถในการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุปโดยใช้หลักการ ความรู้ หรือข้อเท็จจริงต่างๆ ที่เป็นที่ยอมรับอย่างสมเหตุสมผล
5. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น หมายถึง ความสามารถในการระบุเงื่อนไขที่จำเป็นหรือข้อตกลงเบื้องต้นที่สมเหตุสมผล เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปที่กำหนดไว้

3.3 ลักษณะของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Harnadek (1989 อ้างถึงใน อรพิน พัฒนาผล, 2551) ได้ศึกษาลักษณะของบุคคลที่มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ ดังนี้

1. เปิดใจยอมรับความคิดใหม่
2. ไม่ได้แย้งในเรื่องใดๆ ถ้ายังไม่ทราบรายละเอียดข้อมูลของเรื่องนั้น
3. ทราบว่าเมื่อไหร่ที่จำเป็นต้องได้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา
4. จำแนกข้อสรุปที่อาจจะเป็นจริงกับข้อสรุปที่ต้องเป็นจริง
5. ยอมรับว่าคนเรานั้นมีความคิดที่แตกต่างกันเกี่ยวกับความหมายของคำ
6. พยายามหลีกเลี่ยงความผิดพลาดในการให้เหตุผล
7. พยายามถามทุกๆ สิ่งที่ไม่เข้าใจ
8. พยายามจำแนกความคิดด้วยอารมณ์ออกจากความคิดด้วยเหตุผลเชิงตรรกวิทยา
9. พยายามสร้างคำใหม่ๆ เพื่อจะได้เข้าใจเมื่อผู้อื่นกล่าวถึง ตลอดจนสามารถนำความคิดของตนเองมาเสนอให้ผู้อื่นเข้าใจชัดเจน

Craig (1966 อ้างถึงใน อรพิน พัฒนาผล, 2551) กล่าวถึงลักษณะของผู้ที่มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

1. ใช้คำถามที่เป็นลักษณะอธิบายเหตุการณ์

2. ค้นหาอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น
3. ตระหนักว่าปรากฏการณ์บางอย่างนักวิทยาศาสตร์ยังอธิบายไม่เหมาะสม
4. ไม่ยกให้เป็นเรื่องของธรรมชาติในการอธิบาย
5. ไม่เชื่อในเรื่องวิญญาน
6. ตระหนักได้ว่าคำอธิบายของนักวิทยาศาสตร์อาจถูกต้องในวันนี้ และอาจจะปรับปรุงใหม่โดยนักวิทยาศาสตร์คนเดิมหรือคนใหม่ได้ในวันข้างหน้า
7. ยอมเปลี่ยนความคิดเห็นเมื่อมีหลักฐานใหม่ที่ดีกว่า
8. ไม่ใช้การคาดเดาในการหาข้อเท็จจริง
9. ทำการทดลองซ้ำเพื่อตรวจสอบข้อเท็จจริง
10. หาหลักฐานเพิ่มเติม เมื่อหลักฐานมีไม่เพียงพอ
11. ละทิ้งความคิดที่ผิดๆ
12. เต็มใจที่จะได้รับการตรวจสอบคำสรุป
13. ถามถึงแหล่งความรู้ที่ถูกต้อง
14. พิจารณาคำกล่าวของผู้อื่น
15. ไม่ยอมรับความเชื่อเมื่อยังพิสูจน์ไม่ได้
16. ถามเกี่ยวกับความเชื่อหรือความกลัวที่ไม่มีเหตุผล
17. ตั้งสมมติฐานในการแก้ปัญหา
18. เสนอวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน
19. ตระหนักถึงความสำคัญของความรู้ที่เชื่อถือได้
20. เชื่อมโยงในวิธีทางวิทยาศาสตร์

Watson และ Glaser (1964 อ้างถึงใน อรพิน พัฒนาผล, 2551) กล่าวถึงลักษณะของผู้ที่มี การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณไว้ดังนี้

1. สามารถที่จะจำแนกระดับความน่าจะเป็นของข้อสรุปที่คาดคะเนจาก สถานการณ์ที่กำหนดให้
2. สามารถจำแนกได้ว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้นและต้องยอมรับก่อนมีการ โต้แย้งหรืออธิบายข้อความอื่นๆ
3. สามารถจำแนกว่าข้อสรุปใดเป็นผลจากความสัมพันธ์ของสถานการณ์ที่ กำหนดให้อย่างแน่นอน
4. สามารถจำแนกได้ว่าข้อสรุปใดเป็นลักษณะหรือคุณสมบัติทั่วไปที่ได้จาก สถานการณ์ที่กำหนด

5. สามารถจำแนกระหว่างการอ้างเหตุผลที่หนักแน่นกับไม่หนักแน่น เพื่อพิจารณาความสำคัญและเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา

Ennis (1985 อ้างถึงใน อรพิน พัฒนผล, 2551) กล่าวถึงทักษะในการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าควรประกอบด้วย 12 ความสามารถ ดังต่อไปนี้

1. สามารถกำหนดหรือระบุประเด็นคำถามหรือปัญหา ได้แก่ ระบุปัญหาสำคัญได้ชัดเจน และระบุเกณฑ์เพื่อตัดสินคำตอบที่เป็นไปได้
2. สามารถคิดวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง ได้แก่ ระบุข้อมูลที่มีเหตุผลหรือน่าเชื่อถือได้ ระบุข้อมูลที่ไม่มีเหตุผลหรือน่าเชื่อถือได้ ระบุความเหมือนและความแตกต่างของความคิดเห็นหรือข้อมูลที่มีอยู่ได้ และสรุปได้
3. สามารถถามคำถามที่ท้าทายและตอบคำถามได้อย่างชัดเจน
4. สามารถพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล ซึ่งข้อมูลนั้นต้องเป็นข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญที่น่าเชื่อถือ เป็นข้อมูลที่ไม่มีข้อโต้แย้ง เป็นข้อมูลที่ได้รับการยอมรับ หรือเป็นข้อมูลที่สามารถให้เหตุผลว่าเชื่อถือได้
5. สามารถสังเกตและตัดสินผลข้อมูลที่ได้จากการสังเกตด้วยตนเอง โดยข้อมูลนั้นจะได้รับการสังเกตด้วยตนเอง โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 และการบันทึกข้อมูลซึ่งเป็นผลจากการสังเกตด้วยตนเองแล้วมีการบันทึกทันที
6. สามารถนำหลักการใหญ่ไปแตกเป็นหลักการย่อยได้ หรือนำหลักการไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้
7. สามารถอุปนัยและตัดสินผลการอุปนัยได้ คือ ในการสรุปอ้างอิงไปยังกลุ่มประชากรนั้น กลุ่มตัวอย่างต้องเป็นตัวแทนของประชากรและก่อนการอุปนัยนั้นต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างถูกต้องตามกำหนดและข้อมูลมีเพียงพอต่อการสรุปแบบอุปนัย
8. สามารถตัดสินคุณค่าได้ ได้แก่ สามารถพิจารณาทางเลือก โดยมีข้อมูลพื้นฐานเพียงพอ และสามารถชั่งน้ำหนักระหว่างดีและไม่ดีหรือผลดีและผลเสียก่อนการตัดสินใจ
9. สามารถให้ความหมายของคำและตัดสินความหมายได้
10. สามารถระบุข้อสันนิษฐานได้
11. สามารถตัดสินใจเพื่อนำไปปฏิบัติได้
12. สามารถปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นได้

จิระ ว่องไววิริยะ (2556) ได้สรุปว่า ลักษณะของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วย การคิดตั้งคำถามที่ชัดเจน ใฝ่รู้ อยากหาคำตอบใหม่ๆ แสวงหาข้อมูล เพื่อตอบคำถาม

รวบรวมข้อมูล ตรวจสอบข้อเท็จจริง สามารถยอมรับได้ว่าตัวเองยังมีความรู้ความเข้าใจไม่เพียงพอที่จะเปลี่ยนความคิด ประเมินข้อถกเถียงได้ และตัดสินใจเรื่องราวจากการรวบรวมข้อเท็จจริง ความแม่นยำ สามารถถกเถียงได้อย่างสร้างสรรค์

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะในการแสดงออกของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณของผู้เชี่ยวชาญต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปลักษณะของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณเป็นหมวดหมู่ดังนี้

1. สามารถยอมรับความแตกต่างทางความคิดได้ ได้แก่ การเปิดใจยอมรับความคิดใหม่ หรือความคิดที่แตกต่าง การตระหนักได้ว่าข้อสรุปที่เป็นจริงอาจเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีหลักฐานใหม่ที่ดีกว่ามาสนับสนุน โดยไม่ยึดติดกับความเชื่อเดิม การเต็มใจที่จะได้รับการตรวจสอบข้อสรุปของตนเอง และการพิสูจน์คำกล่าวอ้างหรือข้อสรุปของผู้อื่น

2. สามารถกำหนดหรือระบุประเด็นคำถาม เพื่อให้ปัญหามีความชัดเจนยิ่งขึ้น ได้แก่ การระบุปัญหาหรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้อย่างชัดเจน การถามคำถามเป็นแนวทางให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา และการจำแนกลักษณะหรือคุณสมบัติของข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนด

3. สามารถพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล ได้แก่ การไม่ได้แย้งหรือเชื่อในสิ่งที่ไม่ทราบข้อมูล พิสูจน์ไม่ได้ หรือไม่มีหลักฐานรองรับ การหลีกเลี่ยงความผิดพลาดในการให้เหตุผล เช่น ไม่ใช้การคาดเดาในการหาข้อเท็จจริง และการถามคำถามหรือค้นหาข้อมูลจากแหล่งความรู้ที่ถูกต้องเชื่อถือได้ เช่น ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญที่น่าเชื่อถือ ข้อมูลที่ยังไม่มีข้อโต้แย้ง ข้อมูลที่ได้รับการยอมรับและสามารถให้เหตุผลว่าเชื่อถือได้

4. สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ ได้แก่ การตระหนักได้ว่าจำเป็นต้องหาหลักฐานหรือข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษาหากมีข้อมูลไม่เพียงพอ การจำแนกข้อมูลที่น่าเชื่อถือหรือมีผลกระทบรองรับออกจากข้อมูลที่ไม่มีความน่าเชื่อถือหรือไม่มีผลกระทบรองรับ เช่น ข้อมูลที่เป็นความคิดเห็นหรือความรู้สึกกับข้อมูลจริง การระบุความเหมือนหรือแตกต่างกันของความคิดเห็นหรือข้อมูลที่มีอยู่ได้ และการระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ต้องยอมรับได้

5. สามารถระบุข้อสันนิษฐานหรือตั้งสมมติฐานได้ ได้แก่ การอุปนัยหรือให้เหตุผลโดยอาศัยข้อมูลที่ถูกต้องและเพียงพอ การตั้งสมมติฐานหรือข้อความคาดการณ์ในการแก้ปัญหา และการตรวจสอบสมมติฐานด้วยวิธีที่น่าเชื่อถือ เช่น มีการสังเกตและบันทึกข้อมูลทันที มีการทดลองซ้ำเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

6. สามารถตัดสินคุณค่าของผลหรือข้อสรุปได้ ได้แก่ การพิจารณาและเลือกทางเลือกหรือข้อสรุปอย่างเหมาะสม โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานที่เพียงพอ การพิจารณาความสำคัญผลดีและผลเสียที่ได้จากข้อสรุปก่อนการตัดสินใจ การนำหลักการหรือข้อสรุปที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ โดยมีการสื่อสารและนำเสนอความคิดหรือข้อสรุปของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้

3.4 การประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การวัดและประเมินความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้แนวทางการวัดและสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ทิตินา แคมมณี (2544) ได้กล่าวถึงการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

1. แนวทางการวัดของกลุ่มจิตินิติ (Psychometric) เป็นของกลุ่มนักการศึกษาทางจิตวิทยาที่พยายามศึกษาและวัดคุณลักษณะภายในของมนุษย์มาเกือบศตวรรษ เริ่มจากการศึกษาและวัดเชาว์ปัญญา (Intelligence) ศึกษาโครงสร้างทางสมองของมนุษย์ด้วยความเชื่อมีลักษณะเป็นองค์ประกอบและมีระดับความสามารถที่แตกต่างกันในแต่ละคนซึ่งสามารถวัดได้โดยการใช้แบบวัดมาตรฐาน ต่อมาได้ขยายแนวคิดของการวัดความสามารถทางสมองสู่การวัดผลสัมฤทธิ์ วัดบุคลิกภาพ ความถนัด และความสามารถในด้านต่างๆรวมทั้งความสามารถในการคิด

2. แนวทางของการวัดจากการปฏิบัติ (Authentic Performance Measurement) แนวทางนี้เป็นทางเลือกใหม่ที่เสนอโดยวัดจากการเรียนรู้ในการบริบทที่เป็นธรรมชาติ โดยการเน้นการวัดจากการปฏิบัติในชีวิตจริงหรือคล้ายจริงที่มีคุณค่าต่อผู้ปฏิบัติและการประเมินตนเองเทคนิคการวัดใช้การสังเกตสภาพงานที่ปฏิบัติ จากการเขียนเรียงความการแก้ปัญหาในสถานการณ์เหมือนโลกแห่งความเป็นจริงและการรวบรวมงานในแฟ้มสะสมผลงานหรือพัฒนางาน (Portfolio)

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2540 อ้างถึงใน อารีย์ วาสุเทพ, 2549) ได้กล่าวถึงการวัดความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยแบบทดสอบซึ่งมี 2 ลักษณะคือแบบทดสอบมาตรฐานที่มีผู้สร้างไว้แล้วกับแบบทดสอบวัดการคิดวิจาร์ณญาณที่สร้างขึ้นใช้เอง มีรายละเอียดดังนี้

1. แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่เป็นมาตรฐาน ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่มีผู้สร้างไว้แล้ว สำหรับใช้วัดความสามารถในการคิด เช่น Watson – Glaser Critical Thinking Appraisal, Cornell Critical Thinking Test

2. แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สร้างขึ้นใช้เอง ซึ่งผู้สร้างแบบวัดมีความรู้ในทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดเพื่อนำมาเป็นกรอบหรือโครงสร้างของการคิดเมื่อกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของโครงสร้างหรือองค์ประกอบของการคิดแล้วจะทำให้เห็นลักษณะพฤติกรรมที่เป็นรูปธรรม จากนั้นจึงเขียนข้อความตามตัวชี้วัดที่แสดงลักษณะเฉพาะของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติได้เสนอการสร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบ คือ การกำหนดจุดมุ่งหมายซึ่งผู้พัฒนาแบบทดสอบที่ใช้วัดจะต้องพิจารณาจุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบด้วยว่าต้องการให้วัดความสามารถในการคิดทั่วๆ ไปหรือต้องการวัดความสามารถในการคิดเฉพาะวิชา

2.2 กำหนดกรอบของการวัดและนิยามเชิงปฏิบัติการ คือ การที่ผู้วิจัยศึกษาเอกสารแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถของการคิดที่ต้องการ

2.3 การสร้างผังข้อสอบเป็นการกำหนดโครงสร้างของแบบวัดความสามารถทางการคิดที่ต้องการสร้างว่า ต้องการสร้างให้ครอบคลุมองค์ประกอบใดบ้างและแต่ละส่วนมีน้ำหนักความสำคัญมากน้อยเพียงใด

2.4 เขียนข้อสอบกำหนดรูปแบบของการเขียนข้อสอบ คำถาม-คำตอบ และวิธีการตรวจให้คะแนน จากนั้นจึงลงมือร่างข้อสอบตามผังข้อสอบที่กำหนดไว้จนครบทุกองค์ประกอบ ตรวจสอบความชัดเจนของภาษาที่ใช้โดยผู้เขียนข้อสอบเองและผู้ตรวจสอบความเชี่ยวชาญในการสร้างข้อสอบ

2.5 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้ วิเคราะห์คุณภาพและปรับปรุงวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อในด้านความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพและปรับปรุงข้อสอบที่ไม่เหมาะสม

2.6 การนำแบบทดสอบไปใช้จริง ในการทำวิจัยนี้ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณขึ้นเองโดยดำเนินการสร้างแบบทดสอบตามแนวทางของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ

ตัวอย่างแบบทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Watson และ Glaser (1964 อ้างถึงใน สุรัชย์ วงศ์จันเสื่อ, 2555) ได้สร้างแบบทดสอบ Watson – Glaser Critical Thinking Appraisal และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องฉบับปรับปรุงล่าสุดในปี ค.ศ. 1980 สำหรับนักเรียนระดับ ม.3 ถึงวัยผู้ใหญ่ ลักษณะข้อสอบเป็นแบบคู่ขนาน คือ ฟอรัมเอ

และปี แต่ละฟอร์มประกอบด้วย แบบทดสอบย่อยข้อสอบรวม 80 ข้อ ใช้เวลา 50 นาที ซึ่งวัดความสามารถย่อย 5 ด้าน ดังนี้

1. ความสามารถในการอนุมาน (Inferences) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกระดับความน่าจะเป็นของข้อมูลหรือการลงข้อสรุปต่างๆ ว่าข้อสรุปแต่ละข้อเป็นเช่นไร
2. ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of assumption) เป็นการวัดความสามารถในการพิจารณาว่า ข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ข้อความใดไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้นของสถานการณ์หรือข้อความที่กำหนดให้
3. ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่าข้อสรุปใดเป็นผลจากความสัมพันธ์ของสถานการณ์ที่กำหนดให้ และข้อสรุปใดไม่เป็นผลจากความสัมพันธ์ของสถานการณ์นั้น
4. ความสามารถในการตีความเพื่อลงข้อสรุป (Interpretation) เป็นการวัดความสามารถในการตกลงใจหรือตัดสินใจตอบคำถามหรือสรุปผลได้สมเหตุสมผล บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้รับการยอมรับ
5. ความสามารถในการประเมินข้อสรุป (Evaluation of Arguments) เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินใจความเป็นไปได้ของข้อสรุปในแต่ละข้อว่าน่าเชื่อถือหรือไม่เชื่อถือจากสถานการณ์ที่กำหนด

Ennis และ Millman (1985) ได้สร้างแบบทดสอบ Cornell Critical Thinking Test ไว้ 2 ฉบับ ที่เหมาะสำหรับใช้กับกลุ่มตัวอย่างคนละกลุ่ม และสมรรถภาพที่มุ่งวัดมีความแตกต่างกันตามกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ดังนี้

1. แบบทดสอบ Cornell Critical Thinking Test Level X ใช้สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงมัธยมศึกษา ประกอบด้วยข้อสอบเลือกตอบ 71 ข้อ ใช้เวลาประมาณ 50 นาที เป็นแบบสอบปรนัยชนิด 3 ตัวเลือก โดยวัดองค์ประกอบของการคิด 4 ด้านคือ ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (Credibility of source and observation) การอุปนัย (Induction) การ นิรนัย (Deduction) และการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption identification)
2. แบบทดสอบ Cornell Critical Thinking Test Level Z ใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่มีปัญญาเป็นเลิศ นักศึกษาระดับมหาวิทยาลัยและวัยผู้ใหญ่ประกอบด้วย ข้อสอบแบบเลือกตอบ 52 ข้อ ใช้เวลาประมาณ 50 นาที เป็นแบบสอบปรนัย 3 ตัวเลือก โดยวัดองค์ประกอบของการคิด 7 ด้าน คือ การนิรนัย การให้ความหมาย ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การสรุปโดย

อ้างเหตุผลที่สนับสนุนด้วยข้อมูล การสรุปโดยการทดสอบสมมติฐานและการทำนาย การนิยามและการใช้เหตุผลที่ไม่ปรากฏ และการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

John และ Catherine Ross (1976 อ้างถึงใน อรพิน พัฒนผล, 2551) ได้สร้างแบบทดสอบ Ross Test of Higher cognition Process ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1976 จากนั้นมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง จนปีล่าสุด ค.ศ. 1979 แบบวัดฉบับนี้ใช้วัดการคิดวิจารณ์ของเด็กรั้งแต่ระดับประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงระดับประถมศึกษาปีที่ 6 โดยวัดความสามารถของเด็กในด้าน การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และ ประเมินผล ซึ่งสร้างขึ้นตามจุดมุ่งหมายทางการศึกษาของ Bloom (Bloom's Taxonomy of Educational Objective) ข้อสอบมีทั้งสิ้น 105 ข้อ ซึ่งประกอบด้วย 8 ตอน

1. การอุปมาอุปไมย (Analogies)
2. การอ้างเหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reason)
3. ข้ออ้างที่ผิด (Missing Premises)
4. ความสัมพันธ์แบบนามธรรม (Abstract Relation)
5. การจัดลำดับ (Sequential Synthesis)
6. ยุทธวิธีการตั้งคำถาม (Questioning Strategies)
7. การวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง (Analysis of relevant and irrelevant information)
8. การวิเคราะห์การอ้างเหตุผล (Analysis of Attributes)

ซึ่งในแต่ละตอนของแบบทดสอบจะมีการวัดในด้านที่ต่างกัน ตอนที่ 1 ตอนที่ 3 และตอนที่ 7 จะเป็น การวัดความสามารถด้านการวิเคราะห์ และตอนที่ 4 ตอนที่ 5 และตอนที่ 8 จะเป็นการวัด ความสามารถในการสังเคราะห์ ส่วนตอนที่ 2 และตอนที่ 6 จะเป็นการวัดความสามารถด้านการ ประเมินผล ในการดำเนินการทดสอบจะแบ่งการสอบออกเป็น 2 ช่วง โดยช่วงที่ 1 จะทดสอบตั้งแต่ ตอนที่ 1-5 และช่วงที่ 2 ตั้งแต่ตอนที่ 6-8 โดยแต่ละครั้งจะใช้เวลาสอบ 60 นาที

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า แบบวัดทั้งสามชุดใช้สำหรับกลุ่มเป้าหมายที่แตกต่างกัน โดยแบบทดสอบ Watson – Glaser Critical Thinking Appraisal ใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 จนถึงวัยผู้ใหญ่ แบบทดสอบ Cornell Critical Thinking Test Level X ใช้สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 4 ถึง มัธยมศึกษา และ Cornell Critical Thinking Test Level Z ใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่มี ปัญหาเป็นเลิศ นักศึกษาระดับมหาวิทยาลัยและวัยผู้ใหญ่ และแบบวัด Ross Test of Higher

cognition Process ใช้สำหรับนักเรียนตั้งแต่ระดับประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงระดับประถมศึกษาปีที่ 6 โดยแบบวัดทั้งสามชุดมีองค์ประกอบที่ใช้ในการวัดไปในทางเดียวกัน

สำหรับในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแบบทดสอบ Watson – Glaser Critical Thinking Appraisal และแบบทดสอบ Cornell Critical Thinking Test Level X และนำมาปรับใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดที่เหมาะสมกับงานวิจัยนี้

ตอนที่ 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางคณิตศาสตร์

ณัฐพงษ์ กอสวัสดิ์พัฒน์ (2559) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ตามการสืบสอบแบบแนะแนวทางร่วมกับการเขียนบันทึกการเรียนรู้ที่มีต่อความรู้และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒาราม ในพระบรมราชินูปถัมภ์ จำนวน 56 คน เป็นกลุ่มทดลอง 29 คน และกลุ่มควบคุม 27 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ตามการสืบสอบแบบแนะแนวทางร่วมกับการเขียนบันทึกการเรียนรู้ และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการทดสอบค่าที่ ผลการวิจัยสรุป พบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดิษพล เนตรนิมิต (2558) ได้ศึกษาผลการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5Es) ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นการศึกษาแบบกลุ่มเดียว โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนดัดดรุณี จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 44 คน ที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5Es) ร่วมกับการ

ใช้คำถามระดับสูง ซึ่งเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ หรือ สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผู้สอนใช้คำถามหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางความคิดเพื่อค้นหาคำตอบและช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ต่างๆ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นคว้า (Exploration) ขั้นที่ 3 การอธิบาย (Explanation) ขั้นที่ 4 การขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นที่ 5 การประเมิน (Evaluation) โดยแต่ละขั้นจะมีการสอดแทรกคำถามระดับสูงเพื่อให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ หรือมีโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และการให้เหตุผลที่ชัดเจนขึ้น เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.79 และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.84 วิเคราะห์ผลด้วยสถิติ t-test แบบ one sample และใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ซึ่งมีผลการวิจัยดังนี้ 1) ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากรับการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5Es) ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และ 2) มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากรับการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5Es) ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

เสาวรัตน์ รามแก้ว (2552) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การสืบสอบแบบแนะแนวทางที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งการสืบสอบแบบแนะแนวทางเป็นการมุ่งเน้นให้นักเรียนใช้กระบวนการคิดและความรู้เดิมร่วมกับการอภิปรายร่วมกันของนักเรียน เป็นฐานในการสร้างความรู้ใหม่จากปัญหาหรือสถานการณ์ นักเรียนจะได้ใช้ทักษะการสังเกต สำรวจ ตั้งคำถาม สร้างข้อคาดการณ์จนค้นพบเป็นความรู้ใหม่และสามารถนำไปใช้ได้ โดยมีครูเป็นผู้กระตุ้นและใช้คำถามแนะแนวทางตามรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การสืบสอบแบบแนะแนวทางของลาสเลย์ แมทซินสกี และโรเลย์ ที่ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นเผชิญปัญหา ขั้นตั้งคำถามและเก็บรวบรวมข้อมูล ขั้นลงมือปฏิบัติและตั้งสมมติฐานที่อาจเป็นไปได้ ขั้นคัดเลือกสมมติฐานที่สมเหตุสมผล ขั้นวิเคราะห์ และขั้นขยายความคิด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนพนมศึกษา จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 66 คน แบ่งเป็นนักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 34 คน และนักเรียนกลุ่มควบคุม จำนวน 32 คน โดยนักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การสืบสอบแบบแนะแนวทางและนักเรียนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวม

ข้อมูลประกอบด้วย แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียน แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การสืบสอบแบบแนะแนวทาง และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ การวิเคราะห์ข้อมูลทำโดยใช้ค่ามัธยฐานและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การสืบสอบแบบแนะแนวทางมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบปกติที่ระดับนัยสำคัญ .05 2) นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การสืบสอบแบบแนะแนวทางมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบปกติที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ 3) หลังจากนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การสืบสอบแบบแนะแนวทาง พบว่า พฤติกรรมการเรียนรู้มโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีการพัฒนาขึ้นอย่างเป็นลำดับ นักเรียนสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล สร้างข้อความคาดการณ์ สรุป และตรวจสอบมโนทัศน์ได้ด้วยตัวของนักเรียนเอง

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Sumarna, Wahyudin และ Herman (2017) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านวิธีการสอนแบบสืบเสาะทางคณิตศาสตร์ โดยมีกลุ่มตัวอย่างกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาลงทะเบียนเรียนในปี พ.ศ. 2557 ในหลักสูตรการศึกษาของผู้สอนประถมศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาจำนวน 111 คนประกอบด้วยกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะทางคณิตศาสตร์ จำนวน 56 คน และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนแบบบรรยาย จำนวน 55 คน เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีแบบผสมผสาน ผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักศึกษาที่ได้รับการสอนแบบบรรยายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ 2) ความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์ไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อปัจจัยการเรียนรู้ (วิธีสอนแบบสืบเสาะและแบบบรรยาย) ในการเพิ่มขึ้นของความสามารถการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษา

Leader และ Middleton (2004) ได้ศึกษาการสร้างหลักการสำหรับการออกแบบโปรแกรมการเรียนการสอนที่ช่วยส่งเสริมนิสัยในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยอธิบายให้เห็นถึงปัญหาที่มีรูปแบบการแก้ไขที่ไม่แน่นอน การจัดเตรียมนักเรียนชั้นมัธยมจากกิจกรรมที่ช่วยเสริมสร้างแรงจูงใจต่อนิสัยในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นการส่งเสริมความไวต่อโอกาสในการเกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและเกิดแนวโน้มการมีส่วนร่วมในการฝึกฝนการคิด ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอหลักการ

ออกแบบของโปรแกรมการจัดการเรียนรู้สำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับมัธยม ที่มีส่วนช่วยในการแก้ปัญหาที่มีรูปแบบการแก้ไขที่ไม่แน่นอนไว้ 2 แบบ คือแบบ Jasper Series และ แบบ Decision Making ซึ่งทั้งสองแบบมีองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างเจตคติ ได้แก่ ประสบการณ์ตรง (direct experience), ประสบการณ์ทางประสาทสัมผัส (sensory experience), ปฏิกริยาทางอารมณ์ (emotional reaction), พฤติกรรมที่เลือกแสดงออกได้อย่างอิสระ (freely chosen behavior) และ การฝึกฝนเจตคติ (attitude rehearsal) ซึ่งจะช่วยส่งเสริมเจตคติและพัฒนาให้เกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้

Widyatiningsy, Kusumah, Sumarmo, และ Sabandar (2015) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของวิธีการสอนแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับระดับทางคณิตศาสตร์ของโรงเรียนและความสามารถทางคณิตศาสตร์เดิมของนักเรียนในโรงเรียน ที่มีผลต่อการมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นงานวิจัยกึ่งทดลองโดยศึกษาเพียงกลุ่มที่มีการทดสอบหลังเรียนเท่านั้น กลุ่มตัวอย่างมาจากการเลือกแบบเจาะจงเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายชั้นปีที่ 4 (grade 10) ที่มีความสามารถทางการเรียนในระดับสูงและระดับปานกลาง จำนวน 140 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับวิธีการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) และกลุ่มควบคุมที่ได้รับวิธีการสอนแบบดั้งเดิม (CL) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือชุดทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธี ANOVA และ t-test ผลการวิจัยพบว่าวิธีการสอนแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานส่งผลกระทบต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในแง่ของระดับของโรงเรียนและความสามารถทางคณิตศาสตร์เดิมของนักเรียนในโรงเรียน นอกจากนี้ในงานวิจัยยังพบว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเรียนรู้กับระดับของโรงเรียน และวิธีการเรียนรู้กับความสามารถทางคณิตศาสตร์เดิมของนักเรียน ที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

Aizikovitsh-Udi และ Cheng (2015) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการศึกษาคณิตศาสตร์ในบริบทของทักษะการคิดขั้นสูงโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทดสอบว่า วิธีการสอนที่มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงมีผลกระทบต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหรือไม่ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน 55 คน ที่ลงทะเบียนในหลักสูตรพิเศษ โดยนักเรียนจะมีความแตกต่างกันของภูมิหลังทางวัฒนธรรม ระดับทางเศรษฐกิจและสังคม เป็นเด็กในเกรดสิบ และได้เรียนจบในเรื่อง "ความน่าจะเป็นในชีวิตประจำวัน" ในงานวิจัยนี้การคิดอย่างมีวิจารณญาณจะถูกสอนโดยตรง (infusion) ผ่านการฝึกฝน โดยจะสอดแทรกการคิดอย่างมีวิจารณญาณเข้ากับการเรียนการ

สอนคณิตศาสตร์เรื่องความน่าจะเป็น โดยมีแผนการสอน 15 คาบ คาบละ 90 นาที มุ่งเน้นให้เกิดการพัฒนาความสามารถทางการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นถึงการพัฒนานิสัยในการแสดงออกถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการคิดวิจารณญาณของนักเรียน ในงานวิจัยของ Aizikovitsh-Udi และ Cheng เป็นการส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณในห้องเรียนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายผ่านการสอนเรื่องความน่าจะเป็น โดยมีเป้าหมายเพื่อจะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้ที่จะคิดอย่างถี่ถ้วนและเป็นพลเมืองที่มีความเชี่ยวชาญทางคณิตศาสตร์ของโลก โดยจะอธิบายให้ผู้อ่านเข้าใจผ่านตัวอย่างการจัดกิจกรรมที่สามารถส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนตั้งแต่ชั้นปฐมวัยจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการศึกษา นิสัยในการแสดงออกถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่า หนึ่งในองค์ประกอบพื้นฐานของการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี คือ การเสริมแรงกระตุ้นให้เกิดการคิดจากสถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจง หรือ เกิดการคิดอย่างมีคุณภาพ ผู้สอนควรพยายามกระตุ้นทักษะการคิดขั้นสูงอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากการส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในขณะที่เรียนในปัจจุบัน และยังมีผลในระยะยาวทำให้เกิดนิสัยในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน นิสัยในการแสดงออกของการคิดเป็นความชอบในการรับรู้และการมีปฏิสัมพันธ์กับประสบการณ์ในทางใดทางหนึ่ง แสดงให้เห็นว่าการเริ่มต้นในการปลูกฝังนิสัยในการคิดอย่างมีวิจารณญาณควรเริ่มต้นตั้งแต่อายุน้อยๆ ส่วนผลการศึกษาความสามารถในการคิดวิจารณญาณของนักเรียน พบว่า การเรียนรู้เรื่อง "ความน่าจะเป็นในชีวิตประจำวัน" ในวิธีการสอนโดยตรง (infusion) ผ่านการฝึกฝน มีส่วนช่วยพัฒนาทักษะการคิดของนักเรียน การเรียนการสอนในทักษะการคิดขั้นสูงดังกล่าวจำเป็นต้องใช้ผู้สอนที่มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการสอนนักเรียน นอกจากนี้ความซับซ้อนในพัฒนาความสามารถ แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาโปรแกรมความสามารถในการคิดที่อย่างมีวิจารณญาณ ควรจะมีโครงสร้างเพื่อให้เกิดการพัฒนานิสัยในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดีขึ้น ก่อนที่จะพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ซับซ้อนมากขึ้นต่อไป

อรรณพ แก้วขาว และ ภัททิรา ศุภมาศ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบ เรื่องลำดับ โดยมีกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพระแท่นดงรังวิทยาการ จำนวน 35 คน มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบเรื่อง ลำดับ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 หาดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้ และเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า 1) แผนการจัด

กิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบ ที่สร้างมีประสิทธิภาพ 74.86/71.05 2) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบมีค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.61 และ 3) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จิระ ว่องไววิริยะ (2556) ได้ศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้การเรียนรู้กระบวนการเผชิญสถานการณ์ ในสาระพัฒนาสังคมและชุมชนของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ศูนย์การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยอำเภอเขาชะเมา จังหวัดระยอง โดยทำการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi - experimental Design) มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้การเรียนรู้กระบวนการเผชิญสถานการณ์ในสาระพัฒนาสังคมและชุมชนของผู้เรียน ศูนย์การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยอำเภอเขาชะเมา 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียน ศูนย์การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยอำเภอเขาชะเมา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การเรียนรู้กระบวนการเผชิญสถานการณ์ในสาระพัฒนาสังคมและชุมชน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ศูนย์การเรียนรู้ชุมชนตำบลห้วยทับมอญ ศูนย์การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยอำเภอเขาชะเมา ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2551 โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) 1 ห้องเรียน จำนวน 25 คน ซึ่งกลุ่มตัวอย่าง ได้รับการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้กระบวนการเผชิญสถานการณ์ในสาระพัฒนาสังคมและชุมชน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้กระบวนการเผชิญสถานการณ์ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบค่าที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้กระบวนการเผชิญสถานการณ์ มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อรพิน พัฒนผล (2551) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครสวรรค์เขต 1 มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 โดยตรวจสอบคุณภาพด้านความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่น และเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่มีระดับชั้นและเพศแตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัด

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครสวรรค์เขต 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 722 คน ที่ได้มาจากการสุ่มแบบสองขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบสถานการณ์ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ซึ่งวัดความสามารถ 4 ด้านคือ ด้านการนิยามปัญหา การตัดสินใจ การระบุสมมติฐาน และการสรุปอ้างอิง ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ด้านการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 40 ข้อ มีคุณภาพดังนี้ ค่าความยากแต่ละด้านอยู่ระหว่าง .222–.798 ค่าอำนาจจำแนกแต่ละด้านอยู่ระหว่าง .200–.513 และค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบที่หาด้วยวิธีการหาค่าความสอดคล้องภายในมีค่าในแต่ละด้านเท่ากับ .662, .714, .833 และ .757 และรวมทั้งฉบับ มีค่า .747 และที่หาด้วยวิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับแบบทดสอบมาตรฐานมีค่า .708 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบจากวิธีการหาค่า KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสันมีค่า .808 และจากวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ r_B (Coefficient r_B) มีค่า .812

2. ด้านการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่มีระดับชั้นต่างกันและเพศต่างกัน โดยนักเรียนที่มีระดับชั้นแตกต่างกันมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสามารถด้านการนิยามปัญหา การตัดสินใจ และการสรุปอ้างอิงสูงที่สุด และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความสามารถด้านการระบุสมมติฐานสูงที่สุด ถัดมานักเรียนที่มีเพศแตกต่างกันมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนเพศหญิงมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนเพศชายในทุกด้าน และสุดท้าย การศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นและเพศ พบว่า ไม่มีผลปฏิสัมพันธ์ของระดับชั้นกับเพศ ที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีต่อความรู้และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3” ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การออกแบบการวิจัย
3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
4. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
 - 4.1 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
 - 4.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

โดยแต่ละขั้นมีรายละเอียด ดังนี้

1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศเพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการทำวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาผลการประเมินทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งระดับชาติและระดับนานาชาติ เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดปัญหาการเรียนรู้และคำถามวิจัย
2. ศึกษาเอกสาร วารสาร ตำรา บทความ ข้อมูล งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับแนวทางในการพัฒนาความรู้และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์
3. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องวงกลม เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ความรู้ที่จะใช้ในการทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์
4. ศึกษาเนื้อหาเรื่องวงกลม จากหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์รายวิชาเพิ่มเติม เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หนังสือคู่มือครูสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์รายวิชาเพิ่มเติม เล่ม 2 ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 3 และหนังสืออื่นๆ ประกอบเพิ่มเติม เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์

5. ศึกษาเอกสาร วารสาร ตำรา บทความ งานวิจัย ข้อมูลจากหนังสือและอินเทอร์เน็ต เกี่ยวกับวิธีวิจัย การวัดและประเมินผล การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2. การออกแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (The One-Group Pretest Posttest Design) ประกอบด้วย กลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม โดยรูปแบบการวิจัยมีลักษณะดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงรูปแบบการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง	การทดสอบก่อนการทดลอง	การทดลอง	การทดสอบหลังการทดลอง
E	- การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	X	- ความรู้ทางคณิตศาสตร์ - การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการวิจัย

E แทน กลุ่มทดลอง (Experimental Group)
X แทน การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ

3. การกำหนดประชากรและตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างโดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ แบบสหศึกษา จำนวนทั้งหมด 10 ห้อง ผู้วิจัยสุ่มเลือกนักเรียนจำนวน 1 ห้องเรียน เพื่อใช้เป็นกลุ่ม

ทดลอง ซึ่งเป็นห้องเรียนที่มีการจัดการห้องเรียนปกติแบบละความสามารถ จำนวน 50 คน เมื่อพิจารณาผลคะแนน O-net รายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2562 ห้องที่เป็นกลุ่มทดลอง พบว่า มีค่าเฉลี่ยเลขคณิต 49.60 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 19.51 ซึ่งสูงกว่าเมื่อเทียบกับของนักเรียนทั้งชั้นเรียนที่มีค่า 46.27 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 19.19

4. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

4.1 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ

4.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

4.2.1 แบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์

4.2.2 แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

4.1 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ โดยผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ให้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม เรื่อง วงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 12 แผน ระยะเวลา 12 คาบ (คาบละ 50 นาที) โดยผู้วิจัยสร้างขึ้นตามขั้นตอน มีรายละเอียด ดังนี้

1. ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบทางคณิตศาสตร์ จากหนังสือ เอกสาร วารสาร และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียน ที่พัฒนาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รวมถึงศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ผลการเรียนรู้ รายละเอียดของสาระการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และแบ่งเนื้อหาให้เหมาะสมกับเวลาที่จะดำเนินการสอน

3. สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบรายคาบให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ ครอบคลุมเนื้อหา เรื่อง วงกลม จำนวน 12 แผน ซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วยหัวข้อ ได้แก่ ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ประกอบไปด้วย 5 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การกำหนดประเด็น ระยะที่ 2 การสร้างแนวคิดเพื่อสร้างข้อความคาดการณ์ ระยะที่ 3 การตรวจสอบข้อความคาดการณ์ ระยะที่ 4 การสรุป และระยะที่ 5 การอภิปราย รวมถึงสื่อ/แหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผล

4. นำแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 12 แผน ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของกระบวนการสืบสอบกับเนื้อหาที่ใช้สอน/เนื้อหาหลักที่ใช้ในการสืบสอบ เวลา และให้ข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปใช้จริงกับกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 2 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหาที่ใช้สอน/เนื้อหาหลักที่ใช้ในการสืบสอบ และจำนวนคาบของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องวงกลม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เนื้อหา		จำนวนคาบ
	เนื้อหาที่ใช้สอน	เนื้อหาหลักในการสืบสอบ	
1	- ส่วนต่างๆ เกี่ยวกับวงกลม - ทฤษฎีบทที่ 1 “มุมในครึ่งวงกลมมีขนาด 90° ”	- ทฤษฎีบทที่ 1	1
2	มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้ง - ทฤษฎีบทที่ 2 “ในวงกลมเดียวกัน มุมที่จุดศูนย์กลาง จะมีขนาดเป็นสองเท่าของขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน” มุมและส่วนโค้งที่รองรับมุม - ทฤษฎีบทที่ 3 “ในวงกลมเดียวกัน มุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันจะมีขนาดเท่ากัน”	- ทฤษฎีบทที่ 2	1
3	มุมและส่วนโค้งที่รองรับมุม - ทฤษฎีบทที่ 4 “ในวงกลมที่เท่ากันทุกประการ ถ้ามุมที่จุดศูนย์กลางมีขนาดเท่ากัน แล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมทั้งสองนั้นจะยาวเท่ากัน” - ทฤษฎีบทที่ 5 “ในวงกลมที่เท่ากันทุกประการหรือในวงกลมเดียวกัน ถ้าส่วนโค้งยาวเท่ากัน แล้วมุมที่จุดศูนย์กลางที่รองรับด้วยส่วนโค้งนั้นจะมีขนาดเท่ากัน”	- ทฤษฎีบทที่ 4	1
4	มุมและส่วนโค้งที่รองรับมุม - ทฤษฎีบทที่ 6 “ในวงกลมที่เท่ากันทุกประการหรือในวงกลมเดียวกัน ถ้ามุมในส่วนโค้งของวงกลมมีขนาดเท่ากัน แล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมทั้งสองนั้นจะยาวเท่ากัน” - ทฤษฎีบทที่ 7 “ในวงกลมที่เท่ากันทุกประการหรือใน	- ทฤษฎีบทที่ 6	1

แผนการจัด การเรียนรู้ที่	เนื้อหา		จำนวน คาบ
	เนื้อหาที่นำเสนอ	เนื้อหาหลัก ในการสืบสอบ	
	วงกลมเดียวกัน ถ้าส่วนโค้งยาวเท่ากัน แล้วมุมในส่วนโค้ง ของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งนั้นจะมีขนาดเท่ากัน”		
5	- รูปหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าแนบในวงกลมและการ พิสูจน์	- การสร้างรูป หลายเหลี่ยมด้าน เท่ามุมเท่าแนบใน วงกลม	1
6	คอร์ดและส่วนโค้งของวงกลม - ทฤษฎีบทที่ 8 “ในวงกลมที่เท่ากันทุกประการหรือใน วงกลมเดียวกัน ถ้าคอร์ดสองคอร์ดยาวเท่ากัน แล้วคอร์ด ทั้งสองจะตัดวงกลมทำให้ส่วนโค้งน้อยยาวเท่ากัน และส่วน โค้งใหญ่ยาวเท่ากัน” - ทฤษฎีบทที่ 9 “ในวงกลมที่เท่ากันทุกประการหรือใน วงกลมเดียวกัน ถ้าคอร์ดสองคอร์ดตัดวงกลมทำให้ส่วนโค้ง น้อยยาวเท่ากัน แล้วคอร์ดสองคอร์ดนั้นยาวเท่ากัน”	- ทฤษฎีบทที่ 9	1
7	คอร์ดกับจุดศูนย์กลางของวงกลม - ทฤษฎีบทที่ 10 “ส่วนของเส้นตรงซึ่งผ่านจุดศูนย์กลาง ของวงกลม และตัดคอร์ดที่ไม่ใช่เส้นผ่านศูนย์กลาง จะมี สมบัติ ดังนี้ 1. ถ้าส่วนของเส้นตรงตั้งฉากกับคอร์ด แล้ว ส่วนของเส้นตรงนั้นจะแบ่งครึ่งคอร์ด 2. ถ้าส่วนของ เส้นตรงแบ่งครึ่งคอร์ด แล้วส่วนของเส้นตรงตั้งฉากกับ คอร์ด” - ทฤษฎีบทที่ 11 “เส้นตรงที่ตั้งฉากและแบ่งครึ่งคอร์ดของ วงกลม จะผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมนั้น” - การหาจุดศูนย์กลางของวงกลมและการพิสูจน์	- ทฤษฎีบทที่ 11 - การหาจุดศูนย์ กลางของวงกลม	1
8	- วงกลมผ่านจุดที่กำหนดให้และการพิสูจน์ - จุดศูนย์กลางของวงล้อมและการพิสูจน์	- การหาจุดศูนย์ กลางของวงล้อม	1
	รูปสี่เหลี่ยมแนบในวงกลม - ทฤษฎีบทที่ 12 “ถ้ารูปสี่เหลี่ยมใดๆ มีผลบวกของขนาด มุมตรงข้ามเท่ากับสองมุมฉาก แล้วรูปสี่เหลี่ยมนั้นแนบใน วงกลมได้”	- ทฤษฎีบทที่ 12	

แผนการจัด การเรียนรู้ที่	เนื้อหา		จำนวน คาบ
	เนื้อหาที่นำเสนอ	เนื้อหาหลัก ในการสืบสอบ	
9	<p>คอร์ดที่ยาวเท่ากัน</p> <p>- ทฤษฎีบทที่ 13 “1. ในวงกลมเดียวกัน ถ้าคอร์ดทั้งสองเส้นยาวเท่ากัน แล้วคอร์ดทั้งสองนั้นจะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นระยะเท่ากัน 2. ในวงกลมเดียวกัน ถ้าคอร์ดทั้งสองเส้นอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นระยะเท่ากันแล้วคอร์ดทั้งสองนั้นจะยาวเท่ากัน”</p>	- ทฤษฎีบทที่ 13	1
10	<p>เส้นสัมผัสวงกลม</p> <p>- เส้นสัมผัสวงกลมและรัศมี</p> <p>- ทฤษฎีบทที่ 14 “เส้นสัมผัสวงกลมจะตั้งฉากกับรัศมีของวงกลมที่จุดสัมผัส”</p> <p>- ทฤษฎีบทที่ 15 “เส้นตรงตั้งฉากกับรัศมีของวงกลมที่จุดหนึ่งบนวงกลม จะเป็นเส้นสัมผัสวงกลมที่จุดนั้น”</p>	<p>- การสร้างเส้นสัมผัสวงกลมจากจุดๆ หนึ่งบนวงกลม</p> <p>- ทฤษฎีบทที่ 15</p>	1
11	<p>เส้นสัมผัสวงกลมและรัศมี</p> <p>- ทฤษฎีบทที่ 16 “ส่วนของเส้นตรงที่ลากจากจุดๆ หนึ่งภายนอกวงกลมมาสัมผัสวงกลมวงเดียวกัน จะยาวเท่ากัน และมีได้สองเส้น”</p> <p>- วงกลมแนบในรูปสามเหลี่ยมและการพิสูจน์</p>	- การสร้างวงกลมแนบในรูปสามเหลี่ยม	1
12	<p>เส้นสัมผัสวงกลมและคอร์ด</p> <p>- ทฤษฎีบทที่ 17 “มุมที่เกิดจากคอร์ดและเส้นสัมผัสของวงกลมที่จุดสัมผัสจะมีขนาดเท่ากับขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่อยู่ตรงข้ามกับคอร์ดนั้น”</p>	- ทฤษฎีบทที่ 17	1
รวม			12

สำหรับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดของขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดของ Pedaste และคณะ (Pedaste et al., 2015) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงกรอบแนวคิดของขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ

กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ
<p>เป็นการจัดกิจกรรมมุ่งให้นักเรียนมีบทบาทและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้โดยนักเรียนเป็นผู้สืบค้น คิดหาความรู้ด้วยตนเองจากสถานการณ์หรือปัญหาที่ผู้เรียนสนใจผ่านกระบวนการสืบสอบ โดยผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบตามกรอบแนวคิดของ Pedaste และคณะ ดังนี้</p> <p>ระยะที่ 1 การกำหนดประเด็น</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผู้สอนเตรียมความพร้อมให้นักเรียนในการเรียนรู้ด้วยการใช้คำถามเพื่อสร้างแรงจูงใจให้นักเรียน การใช้สื่อประกอบการยกตัวอย่าง การเล่าเกร็ดความรู้เพิ่มเติม ตลอดจนการทบทวนความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้อง - ผู้สอนกำหนดสถานการณ์ที่ต้องการให้นักเรียนศึกษา และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจใฝ่รู้เกี่ยวกับสถานการณ์นั้น โดยใช้การถาม-ตอบ พูดคุย การใช้สื่อการเรียนรู้ การจำลองเหตุการณ์ เพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนในการสืบสอบ - นักเรียนสังเกตสำคัญของข้อมูลในสถานการณ์ พิจารณาและระบุประเด็นต่างๆ ที่น่าสนใจเกี่ยวกับสถานการณ์นั้น แล้วเลือกเป็นปัญหาในการสืบสอบจากประเด็นที่สนใจ <p>ระยะที่ 2 การสร้างแนวคิดเพื่อสร้างข้อความคาดการณ์</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนพูดคุยเกี่ยวกับข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากสถานการณ์ ทบทวนความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์และสนับสนุนในแหล่งเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น เพื่อให้ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมไปใช้ในการสร้างคำถามจนนำไปสู่ข้อความคาดการณ์ที่เหมาะสม - นักเรียนสร้างคำถามต่างๆ ที่เกี่ยวกับประเด็นปัญหา โดยอาศัยประสบการณ์และความรู้เดิมที่มีในการระบุความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ แล้วสังเกตความสัมพันธ์หรือความเกี่ยวข้องกันของความรู้เหล่านั้น เพื่อสร้างข้อความคาดการณ์ทางคณิตศาสตร์ - ผู้สอนทำหน้าที่ช่วยให้นักเรียนสร้างคำถามได้อย่างเหมาะสม ด้วยการถามต่อยอดจากคำถามเดิมที่นักเรียนสร้างขึ้น หรือยกตัวอย่างคำถามเป็นแนวทางในการสร้างคำถามให้นักเรียน <p>ระยะที่ 3 การตรวจสอบข้อความคาดการณ์</p> <ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสังเกตลักษณะย่อยของข้อความคาดการณ์ ตัวอย่างที่สอดคล้องกับข้อความคาดการณ์ - นักเรียนค้นคว้าหรือหาความรู้ทางคณิตศาสตร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะย่อยที่

กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ

สังเกตได้ โดยระบุและเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อหาแนวทางในการให้เหตุผลสำหรับตรวจสอบข้อความคาดการณ์ ในการอธิบายแนวทางย่อยของการตรวจสอบข้อความคาดการณ์อย่างมีเหตุผล

- นักเรียนหาจุดร่วมของการอธิบายแนวทางย่อยของการตรวจสอบ และร่วมกันนำแนวทางย่อยที่อธิบายมาจัดลำดับให้เป็นระบบหรือเป็นขั้นตอน เพื่อยืนยันข้อความคาดการณ์ที่ได้กำหนดไว้ หากข้อมูลในการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ไม่เพียงพอ นักเรียนสามารถสำรวจเพิ่มเติมและแปลความหมายใหม่โดยอาศัยประสบการณ์จากการสืบสอบนี้ ในการตรวจสอบข้อความคาดการณ์อีกครั้ง

- ผู้สอนสนับสนุนในแหล่งข้อมูลที่จำเป็นในการสำรวจของนักเรียน สนับสนุนให้นักเรียนมีโอกาสได้สื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูล ความรู้ ความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

- ผู้สอนทำหน้าที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการให้นักเรียนมีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เช่น การแบ่งนักเรียนเป็นคู่หรือเป็นกลุ่มในการทำกิจกรรม

ระยะที่ 4 การสรุป

- นักเรียนสรุปความรู้ใหม่ที่ได้จากการยืนยันข้อความคาดการณ์และแนวทางในการพิสูจน์ความรู้นั้น

- ผู้สอนทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสื่อสารร่วมกันในชั้นเรียน เพื่อให้ นักเรียนเกิดการอธิบายแนวทางการพิสูจน์หรือตรวจสอบข้อความคาดการณ์นั้น พร้อมทั้งเสนอการเขียนการพิสูจน์แบบทางการจากแนวทางของนักเรียน

- ผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการสืบสอบและความรู้ที่สัมพันธ์กับความรู้ที่สืบสอบ

ระยะที่ 5 การอภิปราย

- นักเรียนร่วมกันอภิปรายข้อสรุป โดยการสะท้อนภาพรวมของการเรียนรู้ และความเข้าใจในกระบวนการดำเนินการสืบสอบที่เกิดจากการเรียนรู้ของตนเองและเพื่อนร่วมชั้นเรียน รวมทั้งนำเสนอวิธีการในการพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบสืบสอบของตนให้ดีขึ้น ตลอดจนรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนและให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับกระบวนการสืบสอบที่ได้เรียนรู้

- ผู้สอนร่วมให้ข้อมูลป้อนกลับเพิ่มเติม เพื่อให้ครอบคลุมกระบวนการทั้งหมดรวมทั้งกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสื่อสารเพื่อสะท้อนความคิดเห็นของตนเอง

- ผู้สอนนำเสนอโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ หรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เพื่อให้นักเรียนฝึกการนำความรู้ที่ได้จากการสืบสอบไปใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่างออกไป หรือฝึกการประยุกต์ใช้ความรู้ใหม่ร่วมกับมโนทัศน์อื่นในการแก้ปัญหา

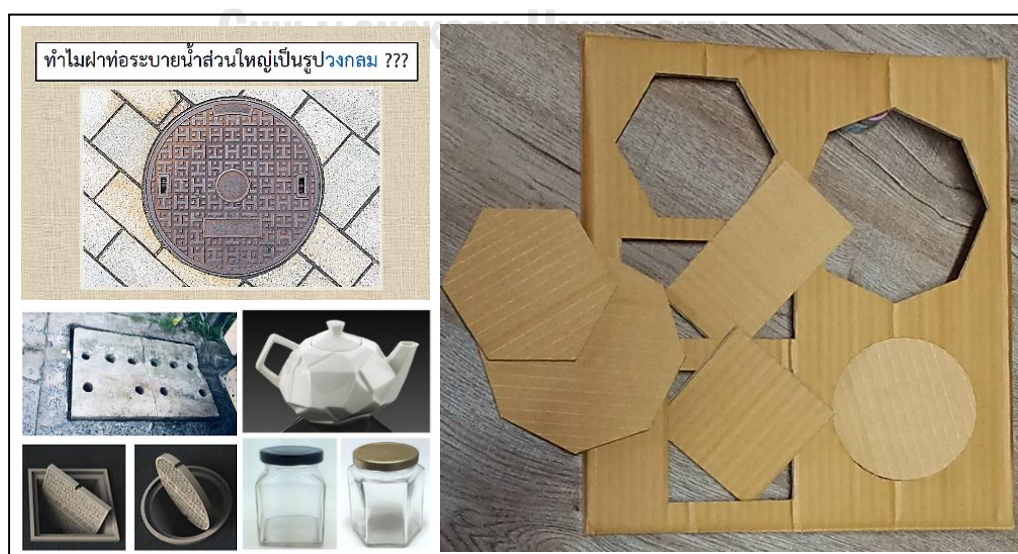
จากกรอบแนวคิดข้างต้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลองที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยจะขอเสนอแนวทางในการสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบตามกรอบแนวคิดดังกล่าว รวมถึงปัญหาและอุปสรรคที่ได้อพบในระหว่างการทำโครงการไว้พอสังเขป มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แนวทางในการสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ

ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ โดยประกอบด้วย 5 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การกำหนดประเด็น

ผู้วิจัยค้นหาข้อมูล ได้แก่ เกร็ดความรู้ สถานการณ์ในปัจจุบัน สิ่งที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เพื่อใช้ในการนำเสนอและสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้ โดยสิ่งที่นำเสนอได้อาจเป็นเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่จะสืบสอบต่อไปหรืออาจเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่จะสืบสอบเลยก็ได้ เพื่อกระชับเวลาในการทำโครงการต่อการสืบสอบในครั้งนั้นเป็น การนำเข้าสู่การสืบสอบ การดำเนินการในช่วงนี้ผู้วิจัยพยายามใช้สิ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับความรู้เรื่อง วงกลม เช่น ประโยชน์ของการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องวงกลมกับสิ่งต่างๆ รอบตัว ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจ หรืออาจเป็นเพียงข้อความสั้นๆ รูปภาพ หรือการชวนผู้เรียนพูดคุยเกี่ยวกับสิ่งที่คุ้นเคย เพื่อให้ผู้เรียนสนใจและได้ถุกคิดตามดังแสดงในภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3 แสดงภาพและสื่อที่ใช้สร้างแรงจูงใจ (แผนที่ 1) เรื่อง ส่วนต่างๆ ของวงกลม



ภาพที่ 4 แสดงภาพที่ใช้สร้างแรงจูงใจ (แผนที่ 9) เรื่อง คอร์ดกับจุดศูนย์กลางของวงกลม

ภาพที่ 3 แสดงให้เห็นถึงการสร้างแรงจูงใจหรือกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ด้วยคำถามชวนคิด “ทำไมฝาท่อระบายน้ำส่วนใหญ่ถึงเป็นรูปวงกลม” ซึ่งเป็นเรื่องที่สามารถพบเห็นได้รอบตัวนักเรียน ทำให้นักเรียนถกคิดตามว่ารูปวงกลมจะแตกต่างกับรูปร่างอื่นหรือไม่ แล้วลักษณะพิเศษอะไรที่ทำให้ผู้ผลิตเลือกออกแบบฝาท่อรวมไปถึงผลิตภัณฑ์ต่างๆ เป็นรูปวงกลม คำถามข้างต้นนี้จะทำให้นักเรียนเริ่มคิดตาม สำรวจ และเปรียบเทียบลักษณะของรูปร่างต่างๆ นำไปสู่ความสนใจในสถานการณ์และกระบวนการสืบสอบต่อไป เช่นเดียวกับภาพที่ 4 ที่เป็นการสร้างความสนใจด้วยรูปของ “string art” ที่สื่อถึงคอร์ดของวงกลม ทั้งสองภาพนี้เป็นการนำเสนอสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเรียนที่ต้องสืบสอบในกระบวนการ ในขณะที่ภาพที่ 5-6 เป็นการนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่ผู้เรียนต้องสืบสอบ



ภาพที่ 5 แสดงภาพที่ใช้กระตุ้นความสนใจก่อนสืบสอบ (แผนที่ 2) เรื่อง มุมในส่วนโค้งของวงกลม เป็นการเสนอข้อมูลเกี่ยวกับ “The High Roller” ชิงช้าสวรรค์ที่สูงที่สุดในโลก เพื่อนำเข้าสู่สถานการณ์การสืบสอบ “ชิงช้าสวรรค์”



ภาพที่ 6 แสดงภาพที่ใช้กระตุ้นความสนใจก่อนสืบสอบ (แผนที่ 8) เรื่อง จุดศูนย์กลางของวงกลม เป็นการเสนอข้อมูลเกี่ยวกับ “Stonehenge” เป็นกลุ่มแท่งหินปริศนาขนาดใหญ่ ตั้งอยู่กลางทุ่งราบบริเวณตอนใต้ของอังกฤษ เพื่อนำเข้าสู่สถานการณ์การสืบสอบ “การสร้างสโตนเฮนจ์ที่สมบูรณ์”

ผู้วิจัยได้สร้างสถานการณ์โดยคำนึงถึงความน่าสนใจและความเกี่ยวข้องกันระหว่างสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์นั้นกับส่วนต่างๆ ของวงกลมอยู่เสมอ ซึ่งสถานการณ์นั้นอาจเป็นสถานการณ์หรือข้อความทั่วไปไม่มีเงื่อนไขหรือข้อความระบุในสถานการณ์ ดังภาพที่ 7 หรือเป็นสถานการณ์หรือข้อความเฉพาะที่มีเงื่อนไขหรือข้อคำสั่งให้ผู้เรียนดำเนินการก็ได้ ดังภาพที่ 8 แต่สิ่งสำคัญ คือ การกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและการสื่อสารร่วมกันเกี่ยวกับสถานการณ์นั้นด้วยคำถามที่ชวนให้นักเรียนนึกถึงประสบการณ์ที่มีต่อสถานการณ์ เช่น “เคย ทำ/กิน/เห็น สิ่งนั้นหรือไม่” “มีลักษณะอย่างไร” “มีส่วนประกอบอะไรบ้าง” เพื่อให้ผู้เรียนได้สร้างคำถามย่อยและร่วมกันกำหนดประเด็นการสืบสอบในชั้นเรียนก่อนเข้าสู่กระบวนการในระยะต่อไป



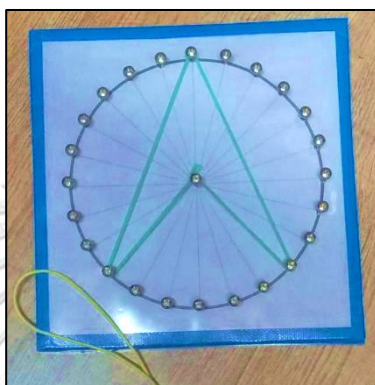
ภาพที่ 7 แสดงสถานการณ์การสืบสอบ (แผนที่ 9) เรื่อง คอร์ดยี่ยาวเท่ากัน

ให้นักเรียนสำรวจว่ามีรูปสี่เหลี่ยมใดบ้างที่แนบในวงกลมได้
 และรูปสี่เหลี่ยมเหล่านั้นจะต้องมีลักษณะอย่างไร

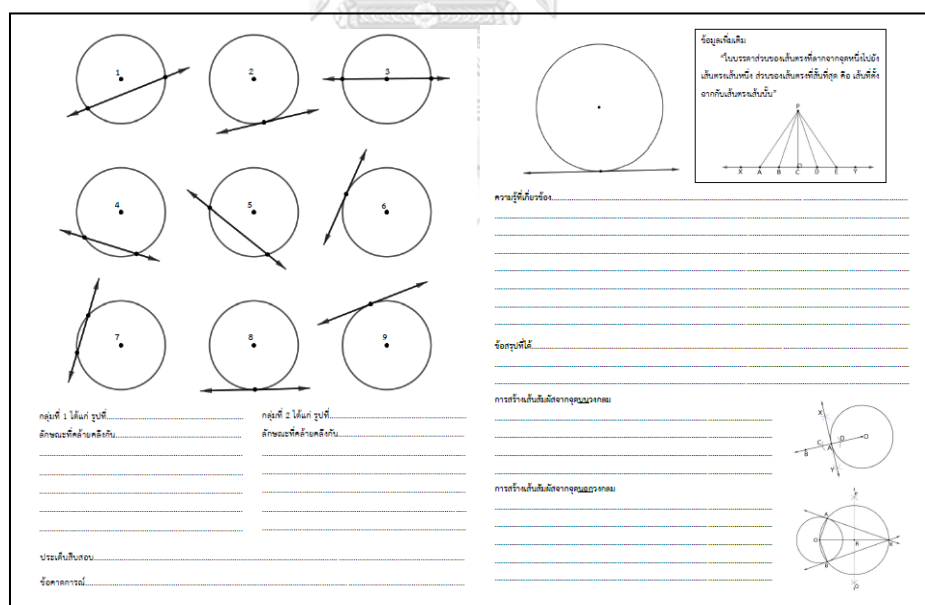
ภาพที่ 8 แสดงสถานการณ์การสืบสอบ (แผนที่ 8) เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมแนบในวงกลม

ระยะที่ 2 การสร้างแนวคิดเพื่อสร้างข้อความคาดการณ์

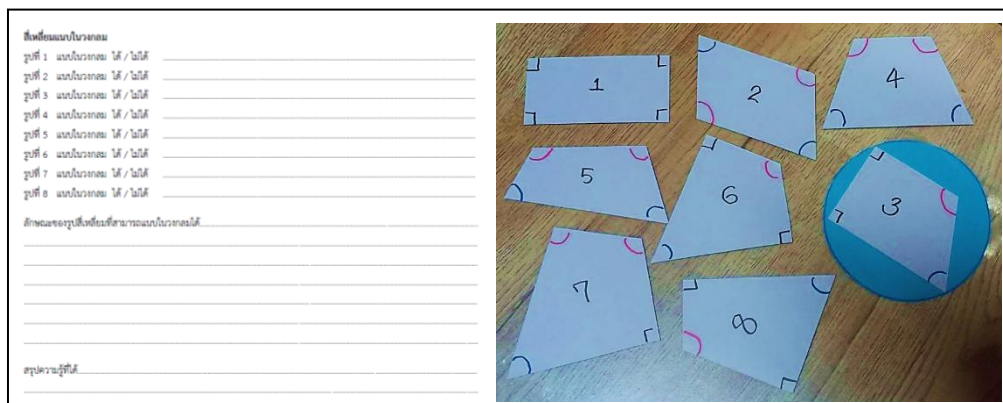
ผู้วิจัยจะต้องเตรียมคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่อาจเกี่ยวข้องมาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ ระบุค่าสำคัญและสิ่งที่เกี่ยวข้องกัน สังเกต และสำรวจตัวอย่างย่อยที่มีในสถานการณ์ เพื่อหาความสัมพันธ์และสร้างข้อความคาดการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่อาจเป็นไปได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงจัดเตรียมสื่อ อุปกรณ์ รวมถึงสร้างแบบสำรวจเพื่อเอื้อให้นักเรียนเกิดการสังเกตได้ชัดเจนขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 9-11



ภาพที่ 9 แสดงสื่อการสำรวจในการสืบสอบ (แผนที่ 2) เรื่อง มุมในส่วนโค้งของวงกลม



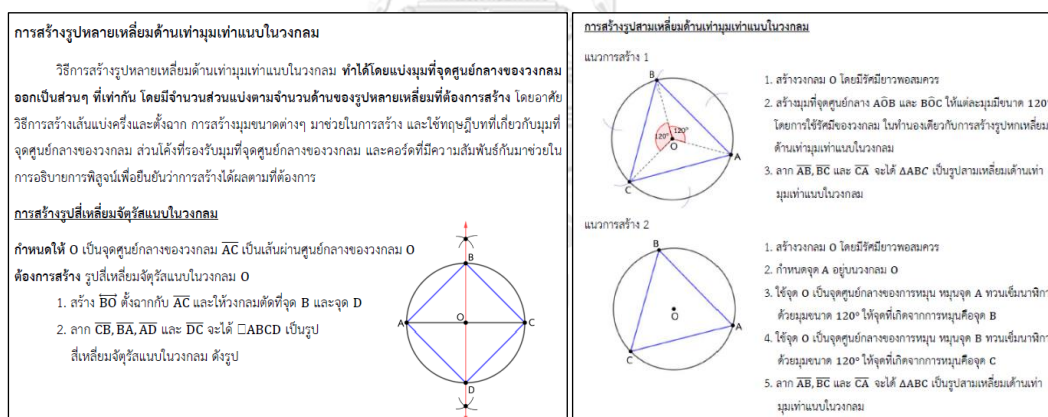
ภาพที่ 10 แสดงแบบสำรวจในการสืบสอบ (แผนที่ 10) เรื่อง เส้นสัมผัสวงกลมและรัศมี



ภาพที่ 11 แสดงแบบสำรวจและสื่อในการสืบสอบ (แผนที่ 8) เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมแนบในวงกลม

ระยะที่ 3 การตรวจสอบข้อความคาดการณ์

ผู้วิจัยเตรียมคำถาม หรือเอกสารให้ความรู้ที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ เพื่อแนะแนวทางให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยาม สมบัติ ต่างๆ รวมถึงขั้นตอนการสร้างทางเรขาคณิต มาใช้ในการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ ดังแสดงในภาพที่ 12

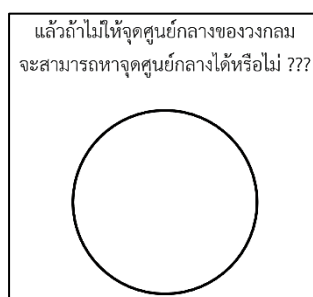


ภาพที่ 12 แสดงเอกสารให้ความรู้ในการสืบสอบ (แผนที่ 5) เรื่อง การสร้างรูปหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าแนบในวงกลม

ระยะที่ 4 การสรุป และ ระยะที่ 5 การอภิปราย

ผู้วิจัยจัดเตรียมคำถามเพิ่มเติมในช่วงของการสรุปความรู้ใหม่ร่วมกัน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดและสื่อสารร่วมกันหลังจากที่นักเรียนมีการพิสูจน์ข้อความคาดการณ์แล้ว รวมถึงเตรียมโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ หรือสถานการณ์ที่ซับซ้อนขึ้น เพื่อนำเสนอในชั้นเรียนและให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการสืบสอบในระยะก่อนหน้ามาสรุปและอภิปรายเป็นความรู้ใหม่ที่เกี่ยวข้องกัน และ

ฝึกนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการหาคำตอบของโจทย์นั้น ซึ่งโจทย์แต่ละข้อควรมีระดับความยากง่ายในขั้นตอนการหาคำตอบที่ต่างกัน เช่น กิจกรรมที่นักเรียนสืบสอบเป็นการสร้างความรู้ตามทฤษฎีบทที่เป็นลักษณะข้อความ “ถ้า... แล้ว...” จึงเตรียมคำถามเพิ่มเติมเพื่อนำนักเรียนให้ร่วมกันอภิปรายถึงบทกลับของทฤษฎีบทนั้นด้วย หรือเป็นคำถามที่ชี้ชวนให้เห็นถึงข้อสังเกต หรือข้อเท็จจริงที่ได้จากทฤษฎีบทนั้น ดังแสดงในภาพที่ 13–16

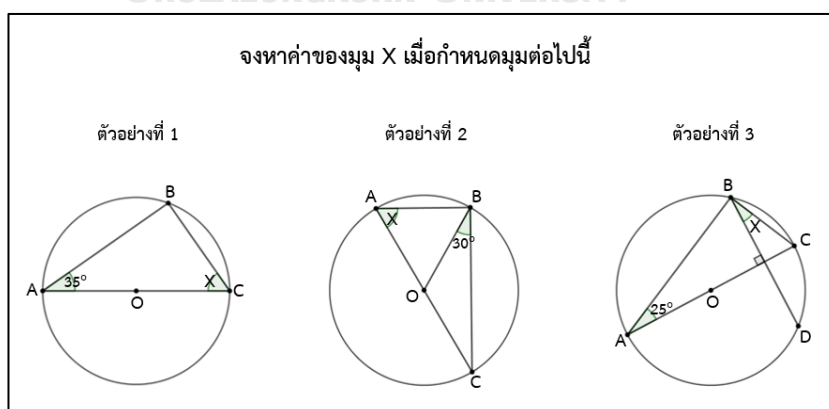


ภาพที่ 13 แสดงคำถามเพิ่มเติม (แผนที่ 7) ที่ให้นักเรียนร่วมกันคิดและอภิปรายถึงขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของวงกลม หลังจากที่นักเรียนได้ความรู้จากการสืบสอบที่ว่า “เส้นตรงที่ตั้งฉากและแบ่งครึ่งคอร์ดของวงกลม จะผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมนั้น”

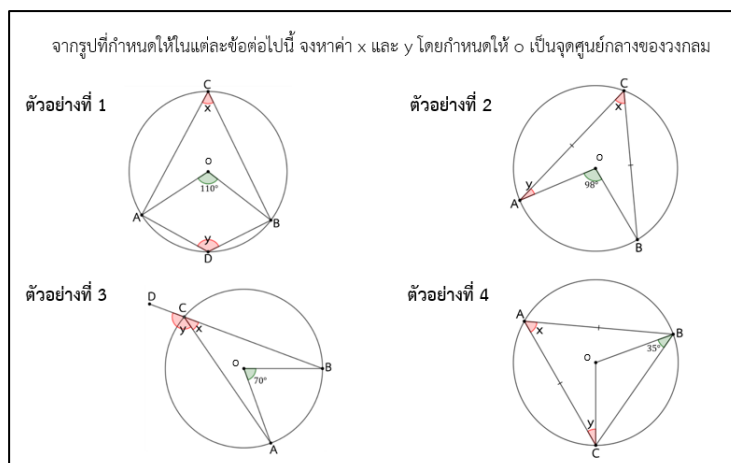
คำถาม – ถ้ากำหนดคอร์ดทั้งสอง อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นระยะเท่ากัน จะทำให้คอร์ดทั้งสองเส้นยาวเท่ากันไหม ??

คำถาม – ถ้าระยะห่างระหว่างคอร์ดกับจุดศูนย์กลางเปลี่ยนไป นักเรียนคิดว่าความยาวของคอร์ดจะเปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร??

ภาพที่ 14 แสดงคำถามเพิ่มเติม (แผนที่ 9) ให้นักเรียนร่วมกันคิดและอภิปรายถึงทฤษฎีบทกลับ และข้อสังเกตที่ได้จากการสืบสอบความรู้ในทฤษฎีบทที่ว่า “ในวงกลมเดียวกัน ถ้าคอร์ดทั้งสองเส้นยาวเท่ากัน แล้วคอร์ดทั้งสองนั้นจะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นระยะเท่ากัน”



ภาพที่ 15 แสดงโจทย์เพื่อฝึกการนำความรู้ไปใช้ (แผนที่ 1) เรื่อง มุมในครึ่งวงกลม



ภาพที่ 16 แสดงโจทย์เพื่อฝึกการนำความรู้ไปใช้ (แผนที่ 2) เรื่อง มุมในส่วนโค้งของวงกลม

4.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยรายละเอียดขั้นตอนของการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีดังนี้

1. แบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์

แบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียน เรื่อง วงกลม เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน จำนวน 1 ฉบับ โดยใช้ประเมินหลังเรียน ซึ่งรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนการสร้างแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์มีดังนี้

1. ศึกษาความหมาย นิยามเชิงปฏิบัติการ และประเภทของความรู้ทางคณิตศาสตร์ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ เพื่อกำหนดรูปแบบที่เหมาะสมและใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์
2. ศึกษาเนื้อหาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จากหนังสือเรียนและคู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง วงกลม
3. กำหนดกรอบการสร้างแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียน โดยสร้างตารางโครงสร้างแบบวัด ตามคำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงกระบวนการ ตามเนื้อหาสาระและผลการเรียนรู้ที่ เรื่อง วงกลม
4. สร้างแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน เรื่อง วงกลม เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ (ใช้จริง 30 ข้อ) ข้อละ 1 คะแนน โดยมีเกณฑ์การตรวจให้

คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน แล้วนำแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียนที่สร้างเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจพิจารณาความเหมาะสมและให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

5. ผู้วิจัยนำแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 4 ท่าน พิจารณาความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ของแบบวัด โดยตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือทั้งฉบับในส่วนของความตรง (Validity) ได้แก่ ความตรงเชิงเนื้อหา ความถูกต้อง และความเหมาะสมด้านภาษาของข้อคำถามแต่ละข้อว่าวัดได้ตรงตามเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ให้คะแนน +1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบวัดข้อนั้นสามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหา

ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแบบวัดข้อนั้นสามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหา

ให้คะแนน -1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบวัดข้อนั้นไม่สามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหา

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์หรือเนื้อหา (IOC) โดยเลือกข้อคำถามข้อที่มีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.75 ขึ้นไป โดยผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

1) ควรปรับภาษาที่ใช้ในข้อคำถามบางข้อให้กระชับ เข้าใจง่ายขึ้น และสื่อความหมายได้ชัดเจนขึ้น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

โจทย์เดิม

10. กำหนดส่วนโค้งของวงกลม 2 ส่วนโค้งรองรับมุมที่จุดศูนย์กลางที่มีขนาดเท่ากัน ทุกข้อต่อไปนี้ทำให้ทั้งสองส่วนโค้งมีความยาวเท่ากัน ยกเว้นข้อใด

ก. ส่วนโค้งทั้งสองส่วนโค้งเป็นส่วนโค้งของวงกลมเดียวกัน

ข. ส่วนโค้งทั้งสองส่วนโค้งเป็นส่วนโค้งของวงกลมที่เท่ากันทุกประการ

ค. แขนของมุมที่ตัดวงกลมทั้งสองมุมจะต้องมีความยาวเท่ากัน

ง. จุดศูนย์กลางที่เป็นจุดยอดมุมต้องเป็นจุดเดียวกัน

โจทย์ที่ได้รับการแก้ไข

10. ทุกข้อต่อไปนี้ทำให้ส่วนโค้งของวงกลมสองส่วนโค้ง ที่รองรับมุมที่จุดศูนย์กลางมีความยาวส่วนโค้งเท่ากัน ยกเว้นข้อใด

- ก. ส่วนโค้งทั้งสองส่วนโค้ง เป็นส่วนโค้งของวงกลมเดียวกัน
- ข. ส่วนโค้งทั้งสองส่วนโค้ง เป็นส่วนโค้งของวงกลมที่ไม่ใช่วงกลมเดียวกัน
- ค. แขนของมุมที่ตัดวงกลมจะต้องมีความยาวเท่ากัน
- ง. จุดศูนย์กลางที่เป็นจุดยอดมุมต้องเป็นจุดเดียวกัน

โจทย์เดิม

32. ข้อใดต่อไปนี้เป็นเงื่อนไขที่ทำให้คอร์ด 2 เส้นยาวเท่ากัน

- ก. เป็นคอร์ดของวงกลมเดียวกัน
- ข. เป็นคอร์ดที่ตั้งฉากกัน
- ค. เป็นคอร์ดที่ขนานกัน
- ง. เป็นคอร์ดที่ห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากัน

โจทย์ที่ได้รับการแก้ไข

32. ข้อใดต่อไปนี้เป็นเงื่อนไขที่ทำให้คอร์ด 2 เส้นของวงกลมวงหนึ่งยาวเท่ากัน

- ก. เป็นคอร์ดที่ไม่ตัดกัน
- ข. เป็นคอร์ดที่ตั้งฉากกัน
- ค. เป็นคอร์ดที่ขนานกัน
- ง. เป็นคอร์ดที่ห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากัน

2) พิจารณาตัวเลือกในบางข้อคำถามให้มีความถูกต้อง หรือให้มีข้อถูกข้อเดียว ดังตัวอย่างต่อไปนี้

โจทย์เดิม

12. กำหนดมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมสองวง มีขนาดของมุมเท่ากัน ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง

- ก. ส่วนโค้งที่รองรับมุมทั้งสองนั้นจะยาวเท่ากันเสมอ
- ข. เนื่องจากไม่ใช่วงกลมเดียวกัน ส่วนโค้งที่รองรับมุมทั้งสองจะยาวไม่เท่ากัน
- ค. เนื่องจากมุมที่จุดศูนย์กลางมีขนาดเท่ากัน ส่วนโค้งที่รองรับมุมทั้งสองนั้นจะยาวเท่ากัน
- ง. ส่วนโค้งที่รองรับมุมทั้งสองนั้นจะยาวเท่ากัน ถ้าวางกลมทั้งสองวงเท่ากันทุกประการ

โจทย์ที่ได้รับการแก้ไข

12. กำหนดมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมสองวง มีขนาดของมุมเท่ากัน ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง

- ก. เนื่องจากไม่ใช่วงกลมเดียวกัน ส่วนโค้งที่รองรับมุมทั้งสองจะยาวไม่เท่ากัน
- ข. เนื่องจากมุมที่จุดศูนย์กลางมีขนาดเท่ากัน ส่วนโค้งที่รองรับมุมทั้งสองนั้นจะยาวเท่ากัน
- ค. ส่วนโค้งที่รองรับมุมทั้งสองนั้นจะยาวเท่ากัน ถ้าวางกลมทั้งสองวงเท่ากันทุกประการ
- ง. ไม่มีข้อใดกล่าวถูกต้อง

โจทย์เดิม

30. ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อ ไม่ถูกต้อง

- ก. ถ้าคอร์ดสองเส้นยาวเท่ากันจะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากัน
- ข. ถ้าคอร์ดทั้งสองเส้นอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากันจะยาวเท่ากัน
- ค. ถ้าคอร์ดสองเส้นยาวเท่ากัน คอร์ดทั้งสองเส้นจะขนานกัน
- ง. ทุกข้อกล่าวถูกต้อง

โจทย์ที่ได้รับการแก้ไข

30. ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อ ไม่ถูกต้อง เมื่อกำหนดวงกลมวงหนึ่ง

- ก. ถ้าคอร์ดสองเส้นยาวเท่ากันจะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากัน
- ข. ถ้าคอร์ดทั้งสองเส้นอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากันจะยาวเท่ากัน
- ค. ถ้าคอร์ดสองเส้นยาวเท่ากัน คอร์ดทั้งสองเส้นจะขนานกัน
- ง. ถ้าคอร์ดทั้งสองเส้นผ่านจุดศูนย์กลาง คอร์ดสองเส้นจะยาวเท่ากัน

6. นำแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วจากข้อ 5. ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 45 คนที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 (นักเรียนของโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาเขต 1 จังหวัดกรุงเทพมหานคร) ซึ่งเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ มีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ และมีจำนวนนักเรียนใกล้เคียงกับกลุ่มทดลอง จากนั้นนำมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ของแบบวัดที่กำหนด

7. นำคะแนนที่ได้จากข้อ 6. มาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือทั้งฉบับโดยหาค่าความเที่ยง (Reliability) โดยมีเกณฑ์ คือ ความเที่ยงมีค่าตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป

8. วิเคราะห์แบบวัดแต่ละข้อเพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือรายข้อ โดยพิจารณาจากค่าความยาก (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยมีเกณฑ์ คือ ค่าความยากมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20–0.80 ในข้อสอบประเภทตัวเลือก และค่าอำนาจจำแนกต้องมีค่า 0.20 ขึ้นไป คัดเลือกแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน ที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 30 ข้อ ไปหาคุณภาพอีกครั้ง โดยมีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

แบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน

ค่าความเที่ยง	0.78
ค่าความยาก (p)	0.24–0.71
ค่าอำนาจจำแนก (r)	0.22–0.65

9. นำแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียนจำนวน 30 ข้อ ที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไปใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มทดลอง

2. แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 2 ฉบับ คือ แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับก่อนเรียนและฉบับหลังเรียน จำนวนฉบับละ 30 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รายละเอียดและวิธีการสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 2 ฉบับ มีขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณจากตำรา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณและแนวทางในการสร้างจากแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักการศึกษาและนักวิชาการต่างๆ โดยผู้วิจัยได้วัดความสามารถย่อย 5 ด้าน ได้แก่ การทำความเข้าใจ การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต การอุปนัย การนิรนัย และการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

3. วิเคราะห์ข้อสอบตามคำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย แล้วกำหนดอัตราส่วนจำนวนข้อสอบให้เหมาะสมกับระยะเวลา

4. สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับก่อนการทดลองและฉบับหลังการทดลอง จำนวนฉบับละ 60 ข้อ (ใช้จริง 30 ข้อ) เป็นข้อสอบปรนัยที่นักเรียนจะต้องอ่านข้อความ สถานการณ์ หรือสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดแล้วตอบคำถาม แบ่งเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

ลักษณะที่ 1 เป็นข้อสอบประเภท ถูก-ผิด (True-False) เพื่อวัดความสามารถในการทำความเข้าใจ ซึ่งในแต่ละข้อจะมีข้อความ 4-5 ข้อ โดยให้นักเรียนทำเครื่องหมายถูก (✓) หน้าข้อที่มีความเกี่ยวข้อง หรือกากบาท (✗) หน้าข้อที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนด โดยมีคะแนนข้อละ 1 คะแนน ตามเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในลักษณะที่ 1

คะแนน	เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณลักษณะที่ 1
1	เมื่อตอบถูกมากกว่าหรือเท่ากับ 75% ของจำนวนข้อคำถามทั้งหมด
0	เมื่อตอบผิดหรือไม่ตอบมากกว่า 25% ของจำนวนข้อคำถามทั้งหมด

ลักษณะที่ 2 เป็นข้อสอบประเภทเลือกตอบ (Multiple Choices) และตอบสั้น (Short Answer) เพื่อวัดความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต ด้านการอุปนัย ด้านการนิรนัย และด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ซึ่งแต่ละข้อจะมีตัวเลือก

ทั้งหมด 3 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่เหมาะสมเพียง 1 ตัวเลือก พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น โดยมีคะแนนข้อละ 1 คะแนน ตามเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านที่ 2-5

คะแนน	เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านที่ 2-5
1	เลือกตัวเลือกที่เป็นไปได้ และสามารถแสดงเหตุผลในการเลือกอย่างสมเหตุสมผล
0	เลือกตัวเลือกที่เป็นไปได้ แต่ไม่สามารถแสดงเหตุผลในการเลือกอย่างสมเหตุสมผล
	เลือกตัวเลือกที่เป็นไปไม่ได้

5. นำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 2 ฉบับที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

6. ผู้วิจัยนำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวนฉบับละ 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ของแบบวัด โดยตรวจสอบความตรงตามโครงสร้างของการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 5 องค์ประกอบ ความสอดคล้องกับนิยามขององค์ประกอบ ความถูกต้องของภาษา แล้วนำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมาปรับปรุงแก้ไข โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ให้คะแนน +1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบวัดข้อนั้นสามารถวัดได้ตรงกับองค์ประกอบ

ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแบบวัดข้อนั้นสามารถวัดได้ตรงกับองค์ประกอบ

ให้คะแนน -1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบวัดข้อนั้นไม่สามารถวัดได้ตรงกับองค์ประกอบ

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์หรือเนื้อหา (IOC) โดยเลือกข้อคำถามข้อที่มีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

1) ควรปรับโจทย์ที่วัดด้านการทำความเข้าใจให้สื่อความหมายในการเลือกตอบถูก/ผิด ในแต่ละข้อคำถามย่อยอย่างชัดเจน เนื่องจากผู้วิจัยใช้คำว่า “ดีความ” ในโจทย์ที่วัดด้านการทำความเข้าใจทั้งสองฉบับทำให้สื่อความหมายไม่ชัดเจน จึงมีการปรับตามข้อเสนอแนะ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียน

โจทย์เดิม

1. ข้อใดบ้างเป็นสิ่งที่ตีความได้จากข้อความดังกล่าว

โจทย์ที่ได้รับการแก้ไข

1. ข้อมูลในแต่ละข้อต่อไปนี้ เป็นสิ่งที่สอดคล้องกับสถานการณ์ดังกล่าวหรือไม่

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับหลังเรียน**โจทย์เดิม**

30. ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง เมื่อพิจารณาข้อมูลจากสถานการณ์ดังกล่าว

โจทย์ที่ได้รับการแก้ไข

30. ข้อมูลแต่ละข้อต่อไปนี้ เป็นหรือไม่เป็นข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาสถานการณ์ดังกล่าว

2) ควรเพิ่มข้อมูลที่จำเป็นในการตอบคำถามในด้านการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต กับด้านการอุปนัย เพื่อให้โจทย์สื่อความหมายในการตอบได้ชัดเจนขึ้นและตรงกับนิยามขององค์ประกอบ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียน**โจทย์เดิม**

52. จากสถานการณ์ดังกล่าว ข้อความจากแหล่งใดมีความน่าเชื่อถือมากกว่ากัน จงระบุเหตุผลประกอบ (การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต)

- ก. จากแผนโฆษณาประชาสัมพันธ์ของนายแพทย์ท่านหนึ่งญี่ปุ่น
- ข. จากผลสรุปในการทดลองของนักวิทยาศาสตร์
- ค. มีความน่าเชื่อถือเท่ากัน

เหตุผลในการตอบตัวเลือกข้างต้น.....

โจทย์ที่ได้รับการแก้ไข

52. จากสถานการณ์ดังกล่าว แหล่งข้อมูลใดมีความน่าเชื่อถือมากกว่ากันเกี่ยวกับการเดินที่ส่งผลดีต่อสุขภาพ จงระบุเหตุผลประกอบ (การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต)

- ก. จากแผนโฆษณาประชาสัมพันธ์ของนายแพทย์ท่านหนึ่งญี่ปุ่น
- ข. จากผลสรุปในการทดลองของนักวิทยาศาสตร์
- ค. มีความน่าเชื่อถือเท่ากัน

เหตุผลในการตอบตัวเลือกข้างต้น.....

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับหลังเรียน

โจทย์เดิม

43. จากสถานการณ์ ถ้าอติสาต้องเดินทางด้วยรถไฟฟ้าบีทีเอส เพื่อไปและกลับจากโรงเรียน อติสาคควรเลือกใช้บัตรโดยสารแบบใด (อัตราค่าโดยสารเที่ยวเดียว ราคา 23 บาท) จงระบุเหตุผลประกอบ (การอุปนัย)

- ก. บัตรโดยสารเที่ยวเดียว
- ข. บัตรแรบบิท โปรโมชั่น 25 เที่ยว
- ค. บัตรแรบบิท โปรโมชั่น 40 เที่ยว

เหตุผลในการตอบตัวเลือกข้างต้น.....

โจทย์ที่ได้รับการแก้ไข

43. จากสถานการณ์ ถ้าอติสาต้องเดินทางไป-กลับ ระหว่างบ้านและโรงเรียนด้วยรถไฟฟ้าบีทีเอสเพื่อไปเรียนหนังสือ ตลอด 1 เดือน อติสาคควรเลือกใช้บัตรโดยสารแบบใด (อัตราค่าโดยสารเที่ยวเดียว ราคา 23 บาท) จงระบุเหตุผลประกอบ (การอุปนัย)

- ก. บัตรโดยสารเที่ยวเดียว
- ข. บัตรแรบบิท โปรโมชั่น 25 เที่ยว
- ค. บัตรแรบบิท โปรโมชั่น 40 เที่ยว

เหตุผลในการตอบตัวเลือกข้างต้น.....

3) ควรปรับปรุงสถานการณ์ให้กระชับขึ้น โดยให้มีข้อมูลหรือรายละเอียดที่จำเป็นต่อจำนวนข้อคำถามและเหมาะสมต่อเวลา สถานการณ์ไม่ควรยาวหรือมีรายละเอียดมากเกินไป หรือเพิ่มข้อคำถามที่วัดองค์ประกอบด้านอื่นเข้ามาในบางสถานการณ์ เพื่อใช้ประโยชน์จากการอ่านสถานการณ์นั้นๆ ได้มากขึ้น

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียน

สถานการณ์ในโจทย์เดิม

จงอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้และตอบคำถามในข้อ 50-51

ปัจจุบันการการจับจ่ายซื้อขายสินค้าโดยใช้แอปพลิเคชันของธนาคารทำได้สะดวกและรวดเร็วมากจนแทบไม่มีความจำเป็นต้องเดินทางไปที่ธนาคาร ทำให้เริ่มมีการซื้อขายผ่านสังคมออนไลน์มากขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้มีการออกกฎหมายชื่อว่า “กฎหมายอีเพย์เมนต์” โดยให้มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 21 มีนาคม 2562 ใจความสำคัญ คือ การกำหนดให้สถาบันการเงินที่มีการทำธุรกรรมผ่าน

ช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ (e-Payment) ต้องรายงานข้อมูลผู้มีบัญชีธุรกรรมเฉพาะให้กรมสรรพากรทราบ ไม่ว่าจะเป็นบุคคลธรรมดาหรือนิติบุคคล โดยกรมสรรพากรจะตรวจสอบเมื่อมีเงื่อนไขใน 2 กรณี ดังนี้ 1. มียอดฝากหรือโอนเข้าทุกบัญชี ตั้งแต่ 3,000 ครั้ง/ปี ขึ้นไป ไม่ว่าจะมียอดเงินเท่าใด (เฉพาะขาเข้า) และ 2. ฝากหรือโอนเงินเข้าทุกบัญชี ตั้งแต่ 400 ครั้ง/ปี ขึ้นไปและมียอดเงินรวมตั้งแต่ 2,000,000 บาท/ปี ขึ้นไป (เฉพาะขาเข้า)

สถานการณ์ในโจทย์ที่ได้รับการแก้ไข

จงอ่านข้อความต่อไปนี้และตอบคำถามในข้อ 50-51

ปัจจุบันการการจ่ายซื้อขายสินค้าโดยใช้แอปพลิเคชันของธนาคารทำได้สะดวกและรวดเร็ว ส่งผลให้มีการออกกฎหมายชื่อว่า “กฎหมายอีเพย์เมนต์” โดยกรมสรรพากรจะใช้ตรวจสอบภาษีเงินได้ของบุคคล เมื่อมีเงื่อนไขใน 2 กรณี ดังนี้ 1. มียอดฝากหรือโอนเข้าทุกบัญชี ตั้งแต่ 3,000 ครั้ง/ปี ขึ้นไป ไม่ว่าจะมียอดเงินเท่าใด (เฉพาะขาเข้า) และ 2. ฝากหรือโอนเงินเข้าทุกบัญชี ตั้งแต่ 400 ครั้ง/ปี ขึ้นไปและมียอดเงินรวมตั้งแต่ 2,000,000 บาท/ปี ขึ้นไป (เฉพาะขาเข้า)

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับหลังเรียน

สถานการณ์ในโจทย์เดิม

จงอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้และตอบคำถามในข้อ 30-31

แม้จะมีการรณรงค์ให้ใช้ถุงผ้ามาหลายปีแล้ว แต่ดูเหมือนปริมาณการใช้ถุงพลาสติกหิ้วทั่วประเทศไทย ยังไม่ลดน้อยลง และยังคงเห็นกันในชีวิตประจำวันตามความเคยชิน ซึ่งหลายองค์กรทั่วโลกต่างพยายามคิดค้นวิธีแก้ปัญหาที่เจนนวัตกรรมที่เรียกกันว่า “ถุงพลาสติกที่ย่อยสลายได้” “ถุงบีนี่อยสลายได้โดยธรรมชาติ” “ถุงย่อยสลายได้ด้วยแสงแดด น้ำ ออกซิเจนในอากาศ” หรือ “ถุงกินได้” ทำให้คนเริ่มหันมาสนใจเกี่ยวกับการใช้ถุง พลาสติกกันมากขึ้น จากการสุ่มถามจากกลุ่มตัวอย่างพบว่า คนที่ 1 กล่าวว่า “เมื่อมีกระแส่อยสลายได้เข้ามา ผมก็หันมาใช้ถุง Oxo-Degradable Plastics เพราะแตกตัวเป็นชิ้นเล็กได้เร็วขึ้นลดเวลาการย่อยสลายในธรรมชาติ” คนที่ 2 กล่าวว่า “ฉันไม่ใช้ถุง Oxo เลยแม้มันจะย่อยสลายเองได้แต่มันก็ทำจากเม็ดพลาสติกเหมือนเดิมไม่ใช่วัตถุดิบจากธรรมชาติทำให้มีสารตกค้างหลงเหลืออยู่ ซึ่งอาจแทรกซึมเข้าสู่ร่างกายได้ง่ายขึ้นกว่าเดิม” และคนที่ 3 กล่าวว่า “ไม่รู้ว่าถุง Oxo เป็นอย่างไร แต่ผมใช้ถุงพลาสติกชีวภาพ (Compostable plastics) ที่ทำจากมันสำปะหลังเพราะมั่นใจว่าย่อยสลายได้สมบูรณ์”

สถานการณ์ในโจทย์ที่ได้รับการแก้ไข

จงอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้และตอบคำถามในข้อ 30–31

ปัญหาการใช้ถุงพลาสติก เป็นสิ่งที่ทำให้หลายองค์กรทั่วโลกต่างพยายามคิดค้นวิธีแก้ไข จนมีนวัตกรรมที่เรียกกันว่า “ถุงพลาสติกที่ย่อยสลายได้” “ถุงย่อยสลายได้ด้วยแสงแดด น้ำ ออกซิเจนในอากาศ” หรือ “ถุงกินได้” ทำให้หลายคนเริ่มหันมาสนใจเกี่ยวกับการใช้ถุงพลาสติกกันมากขึ้น จากการถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้ถุงพลาสติก พบว่า คนที่ 1 กล่าวว่า “เมื่อมีกระแสถุงย่อยสลายได้เข้ามา ผมก็หันมาใช้ถุง Oxo-Degradable Plastics เพราะแตกตัวเป็นชิ้นเล็กได้เร็วขึ้นลดเวลาการย่อยสลายในธรรมชาติ” คนที่ 2 กล่าวว่า “ฉันไม่ใช้ถุง Oxo เลยแม้มันจะย่อยสลายเองได้แต่มันก็ทำจากเม็ดพลาสติกเหมือนเดิมไม่ใช่วัตถุดิบจากธรรมชาติทำให้มีสารตกค้างหลงเหลืออยู่ ซึ่งอาจแทรกซึมเข้าสู่ร่างกายได้ง่ายขึ้นกว่าเดิม” และคนที่ 3 กล่าวว่า “ไม่รู้ว่าถุง Oxo เป็นอย่างไร แต่ผมใช้ถุงพลาสติกชีวภาพ ที่ทำจากมันสำปะหลังเพราะมันใจว่าย่อยสลายได้สมบูรณ์”

7. นำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วจากข้อ 6. ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง (นักเรียนของโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 จังหวัดกรุงเทพมหานคร) ซึ่งเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ มีการจัดห้องเรียนแบบละความสามารภ และมีจำนวนนักเรียนใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง โดย

- แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียน ผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 39 คน

- แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับหลังเรียน ผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 34 คน

8. นำมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ของแบบวัดที่กำหนด จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือทั้งฉบับโดยหาค่าความเที่ยง (Reliability) โดยมีเกณฑ์ คือ ความเที่ยงมีค่าตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป และวิเคราะห์แบบวัดแต่ละข้อเพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือรายข้อ โดยพิจารณาจากค่าความยาก (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยมีเกณฑ์ คือ ค่าความยากมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20–0.80 ในข้อสอบประเภทตัวเลือก ส่วนข้อสอบประเภทถูก-ผิด ค่าความยากควรอยู่ระหว่าง 0.60–0.70 และค่าอำนาจจำแนกต้องมีค่า 0.20 ขึ้นไป คัดเลือกแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งฉบับก่อนเรียนและฉบับหลังเรียน ที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 30 ข้อ เพื่อหาคุณภาพอีกครั้ง โดยมีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียน

ค่าความเที่ยง	0.87
ค่าความยาก (p)	0.21–0.68
ค่าอำนาจจำแนก (r)	0.25–0.82

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับหลังเรียน

ค่าความเที่ยง	0.74
ค่าความยาก (p)	0.29–0.74
ค่าอำนาจจำแนก (r)	0.23–0.69

9. นำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับก่อนและหลังเรียน ฉบับละ 30 ข้อ ที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไปใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มทดลอง



ตารางที่ 6 แสดงภาพรวมของแบบวัดที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

องค์ประกอบของแบบวัด	จำนวนข้อ	ลักษณะของแบบวัด	เกณฑ์การให้คะแนน	ความเที่ยง	ความยาก (p)	อำนาจจำแนก (r)
แบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน (รวม 30 ข้อ)						
ด้านความรู้เชิงโนทัศน์	22	แบบเลือกตอบ	ตอบถูกได้ 1 คะแนน, ตอบผิด/ไม่ตอบได้ 0 คะแนน	0.78	0.24-0.71	0.22-0.65
ด้านความรู้เชิงกระบวนการ	8	4 ตัวเลือก				
แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียน (รวม 30 ข้อ)						
ด้านการทำความเข้าใจ	6	แบบถูก-ผิด	ตอบถูก $\geq 75\%$ ได้ 1 คะแนน, $< 75\%$ ได้ 0 คะแนน	0.87	0.21-0.68	0.25-0.82
ด้านการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต	6	แบบเลือกตอบ 3 ตัวเลือก และตอบสั้น	เลือกตัวเลือกที่เป็นไปได้ และสามารถแสดงเหตุผลในการเลือกอย่างสมเหตุสมผล ได้ 1 คะแนน, เลือกตัวเลือกที่เป็นไปได้ แต่ไม่สามารถแสดงเหตุผลในการเลือกอย่างสมเหตุสมผล/เลือกตัวเลือกที่เป็นไปไม่ได้ ได้ 0 คะแนน			
ด้านการอุปนัย	6					
ด้านการนิรนัย	6					
ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น	6					
แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับหลังเรียน (รวม 30 ข้อ)						
ด้านการทำความเข้าใจ	6	แบบถูก-ผิด	ตอบถูก $\geq 75\%$ ได้ 1 คะแนน, $< 75\%$ ได้ 0 คะแนน	0.74	0.29-0.74	0.23-0.69
ด้านการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต	6	แบบเลือกตอบ 3 ตัวเลือก และตอบสั้น	เลือกตัวเลือกที่เป็นไปได้ และสามารถแสดงเหตุผลในการเลือกอย่างสมเหตุสมผล ได้ 1 คะแนน, เลือกตัวเลือกที่เป็นไปได้ แต่ไม่สามารถแสดงเหตุผลในการเลือกอย่างสมเหตุสมผล/เลือกตัวเลือกที่เป็นไปไม่ได้ ได้ 0 คะแนน			
ด้านการอุปนัย	6					
ด้านการนิรนัย	6					
ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น	6					

5. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองสอนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง โดยได้มีการดำเนินการในขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

5.1 ขั้นเตรียมการก่อนการทดลอง

1. ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ จำนวน 12 แผน ระยะเวลาแผนละ 50 นาที รวมถึงจัดเตรียมสื่อ อุปกรณ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลอง
2. ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัยนี้ และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง
3. ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการทำวิจัยจากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนของกลุ่มทดลอง ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ เพื่อขอความร่วมมือในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัย
4. ผู้วิจัยประสานขอความร่วมมือในการกำหนดตารางสอนกับหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของโรงเรียนที่ใช้ในการทดลอง

5.2 ขั้นตอนการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับก่อนเรียน ใช้เวลา 1 ชั่วโมง
2. ผู้วิจัยดำเนินการตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ ตามชั่วโมงในคาบเรียนปกติของโรงเรียน เนื้อหาที่ใช้สอน คือ วงกลม รวมทั้งสิ้น 12 คาบเรียน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 และเริ่มทดลองในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563
3. หลังจากที่ได้ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้จนครบทั้ง 12 แผนแล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียน และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับหลังเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้เวลาฉบับละ 1 ชั่วโมง จากนั้นผู้วิจัยนำแบบทดสอบที่นักเรียนทำมาดำเนินการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และนำผลการตรวจให้คะแนนนั้นมาวิเคราะห์ข้อมูล

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำคะแนนของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป (SPSS) มีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. การเปรียบเทียบความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม โดยผู้วิจัยนำคะแนนจากการตรวจแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน มาวิเคราะห์โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ร้อยละของค่าเฉลี่ยเลขคณิต (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ด้วยการทดสอบค่าที (One-Sample t-test)

2. การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยผู้วิจัยนำคะแนนจากการตรวจแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน มาวิเคราะห์โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ร้อยละของค่าเฉลี่ยเลขคณิต (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการทดสอบค่าที (Paired Samples t-test)

7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยรายละเอียดของสถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ สถิติที่ใช้สำหรับตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และสถิติที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

7.1 สถิติที่ใช้สำหรับตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. การหาค่าดัชนีความสอดคล้องในความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (IOC: Index of Item Objectives Congruence) ของเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา การเก็บรวบรวมข้อมูล และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องในความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	$\sum R$	แทน	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์การตัดสินค่า IOC ถ้ามีค่า 0.50 ขึ้นไป แสดงว่า ข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ หรือตรงตามเนื้อหานั้น จะถือว่าข้อคำถามข้อนั้นใช้ได้

(พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544)

2. การหาค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 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	ความแปรปรวนของแบบวัดในแต่ละข้อ
	s_t^2	แทน	ความแปรปรวนของแบบวัดทั้งหมด

(พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544)

3. หาค่าความยาก (p) ของแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้สูตรของวิทนีและซาเบอร์ (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	จำนวนคนในกลุ่มสูงและต่ำรวมกัน

(พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544)

4. หาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตรของวิทย์เนย์และซาเบอร์ (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

(พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544)

7.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ SPSS (Statistical Package for Social Science) เพื่อหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และการทดสอบค่าที (t -test)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.1 ผลการเปรียบเทียบความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (M) และการทดสอบค่าที (t-test) ของคะแนนความรู้ทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม (คะแนนเต็ม 30 คะแนน) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ จำนวน 50 คน

ความรู้ทางคณิตศาสตร์	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S	M	t	p
ด้านความรู้เชิงมโนทัศน์	22	14.30	3.54	65.00	2.20	0.02*
ด้านความรู้เชิงกระบวนการ	8	3.40	1.54	42.50	-6.43	0.00
ภาพรวม	30	17.70	4.75	59.00	-0.45	0.33

* $p < .05$

จากตารางที่ 6 พบว่า คะแนนความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 17.70 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.75 คะแนน คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 59 และผลการทดสอบค่าที (t-test) เท่ากับ -0.45 สรุปได้ว่า ความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม

นอกจากนี้ พบว่า คะแนนความรู้เชิงมโนทัศน์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 14.30 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.54 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 65 จากคะแนนเต็ม 22 คะแนน สรุปได้ว่า ความรู้เชิงมโนทัศน์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความรู้เชิงกระบวนการของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 3.40 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.54 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 42.50 จากคะแนนเต็ม 8 คะแนน สรุปได้ว่า ความรู้เชิงกระบวนการของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม

4.2 ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และการทดสอบค่าที (t-test) ของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ จำนวน 50 คน

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	p
		\bar{X}	S	\bar{X}	S		
ด้านการทำความเข้าใจ	6	3.64	0.90	3.92	1.10	1.82	0.04*
ด้านการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต	6	3.90	0.97	4.22	0.84	1.94	0.03*
ด้านการอุปนัย	6	3.14	1.20	4.32	1.13	6.40	0.00*
ด้านการนิรนัย	6	2.26	1.01	2.64	0.88	1.94	0.03*
ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น	6	2.86	1.09	3.96	1.14	5.79	0.00*
ภาพรวม	30	15.80	2.76	19.06	3.50	6.07	0.00*

* $p < .05$

จากตารางที่ 7 พบว่า คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตก่อนเรียนเท่ากับ 15.80 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.76 คะแนน และมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตหลังเรียนเท่ากับ 19.06 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.50 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน สรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรม

คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตก่อนเรียนเท่ากับ 2.86 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.09 คะแนน และมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตหลังเรียนเท่ากับ 3.96 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.14 คะแนน สรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบความรู้ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบกับเกณฑ์ร้อยละ 60
2. เพื่อเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนกับหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างโดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ แบบสหศึกษา จำนวนทั้งหมด 10 ห้อง ผู้วิจัยสุ่มเลือกนักเรียนจำนวน 1 ห้องเรียน เพื่อใช้เป็นกลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นห้องเรียนที่มีการจัดการห้องเรียนปกติแบบคละความสามารท จำนวน 50 คน เมื่อพิจารณาผลคะแนน O-net รายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2562 ห้องที่เป็นกลุ่มทดลอง พบว่า มีค่าเฉลี่ยเลขคณิต 49.60 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 19.51 ซึ่งสูงกว่าเมื่อเทียบกับของนักเรียนทั้งชั้นเรียนที่มีค่า 46.27 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 19.19

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียด ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ สำหรับกลุ่มทดลอง ซึ่งผู้วิจัยสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์รายคาบให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และครอบคลุมเนื้อหา เรื่อง วงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 12 แผน ระยะเวลา 12 คาบเรียน (คาบละ 50 นาที) จากนั้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาความ

ถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหาการจัดการเรียนรู้ เวลา และให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัยต่อไป

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียน และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งฉบับก่อนเรียนและฉบับหลังเรียน ซึ่งผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมของโครงสร้างแบบวัดโดยผู้ทรงคุณวุฒิ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย พบว่า มีค่าความเที่ยง ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ดังนี้

2.1 แบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียน มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.78 ค่าความยากตั้งแต่ 0.24–0.71 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22–0.65

2.2 แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับก่อนเรียน มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.87 ค่าความยากตั้งแต่ 0.21–0.68 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25–0.82

2.3 แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับหลังเรียน มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.74 ค่าความยากตั้งแต่ 0.29–0.74 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.23–0.69

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนเตรียมการ

1.1 ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ จำนวน 12 แผน ระยะเวลาแผนละ 50 นาที รวมถึงจัดเตรียมสื่อ อุปกรณ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลอง

1.2 ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัยนี้ และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง

1.3 ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการทำวิจัยจากคณะกรรมการจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนของกลุ่มทดลอง ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ เพื่อขอความร่วมมือในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัย

1.4 ผู้วิจัยประสานขอความร่วมมือในการกำหนดตารางสอน และขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนกับหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของโรงเรียนที่ใช้ในการทดลอง

2. ขั้นตอนดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มทดลองทำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับก่อนเรียน ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

2.2 ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ โดยสอนตามชั่วโมงปกติของโรงเรียน เนื้อหาที่ใช้สอน คือ วงกลม รวมทั้งสิ้น 12 คาบเรียน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 และเริ่มทดลองในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563

2.3 หลังจากที่ได้ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้จนครบทั้ง 12 แผน แล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียน และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับหลังเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้เวลาฉบับละ 1 ชั่วโมง จากนั้นผู้วิจัยนำแบบทดสอบที่นักเรียนทำมาดำเนินการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2.4 ผู้วิจัยนำคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียน และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งฉบับก่อนเรียนและฉบับหลังเรียน มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป (SPSS) มีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

- เปรียบเทียบความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ร้อยละของค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ด้วยการทดสอบค่าที (One-Sample t-test)

- เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ร้อยละของค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการทดสอบค่าที (Paired Samples t-test)

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ มีความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม เมื่อพิจารณาเป็นราย

ด้าน พบว่า มีความรู้เชิงมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่มีความรู้เชิงกระบวนการหลังเรียนไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นรายด้าน พบว่า มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกด้าน

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถอภิปรายผลตามสมมติฐานการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. จากผลการวิจัย พบว่า ความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเป็นร้อยละ 59 ซึ่งไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม (คะแนนเต็ม 30 คะแนน) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ความรู้เชิงมโนทัศน์มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเป็นร้อยละ 65 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม (คะแนนเต็ม 22 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่ความรู้เชิงกระบวนการมีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเป็นร้อยละ 42.50 ซึ่งไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม (คะแนนเต็ม 8 คะแนน) ผลดังกล่าวไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาในงานวิจัยของดิษพล เนตรนิมิต (2558) ที่สรุปว่า มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5Es) ร่วมกับคำถามระดับสูงที่นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้หรือสร้างความรู้ใหม่ๆ ด้วยตนเอง โดยมีผู้สอนใช้คำถามหรือสถานการณ์กระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิดเพื่อค้นหาคำตอบ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทั้งนี้การที่ผลการวิจัยไม่เป็นไปตามสมมติฐานอาจเกิดจากหลายปัจจัย โดยจะนำเสนอเป็นประเด็นในการอภิปราย ดังนี้

1) ด้านความรู้เชิงมโนทัศน์ มีค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 65 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มในด้านความรู้เชิงมโนทัศน์ (คะแนนเต็ม 22 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ โดยในทุกระยะของกระบวนการผู้สอนจะมีการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางความคิดและความรู้เดิมที่มีอยู่ในการหาคำตอบจนนำไปสู่การค้นพบความรู้ใหม่ ในระยะที่ 1 การกำหนดประเด็น นักเรียนจะได้ใช้กระบวนการคิดในการทำทำความเข้าใจสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งเป็นสถานการณ์ทั่วไปที่นักเรียนสามารถเข้าถึงได้ง่าย เช่น สิ่งของ

ข้อมูล เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ทำให้ง่ายต่อการสังเกต เปรียบเทียบความคล้ายและความต่างของลักษณะต่างๆ รวบรวมหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ นำไปสู่ความสนใจใคร่รู้ในบางสิ่งและเกิดกระบวนการการสร้างแนวคิดเพื่อสร้างข้อความคาดการณ์ในระยะที่ 2 ดังเช่น การที่ผู้สอนกระตุ้นความสนใจเรื่อง ส่วนต่างๆ ของวงกลม ด้วยคำถามชวนคิด “ทำไมผาต่อระบายน้ำส่วนใหญ่ถึงเป็นรูปวงกลม” ซึ่งเป็นเรื่องที่สามารถพบเห็นได้รอบตัวนักเรียน ทำให้นักเรียนถูกคิดตามว่ารูปวงกลมจะแตกต่างกับรูปร่างอื่นหรือไม่ แล้วลักษณะพิเศษอะไรที่ทำให้ผู้ผลิตเลือกออกแบบผาที่ออกมาไปถึงผลิตภัณฑ์ต่างๆ เป็นรูปวงกลม คำถามข้างต้นนี้จะทำให้นักเรียนเริ่มคิดตามสำรวจ และเปรียบเทียบลักษณะของรูปร่างต่างๆ นำไปสู่ความสนใจในการสำรวจรูปที่กำหนดในสถานการณ์การสืบสอบ เรื่อง มุมในครึ่งวงกลม ต่อไป จากที่กล่าวมาจึงสอดคล้องกับแนวทางในการพัฒนามโนทัศน์ของ นาดยา ปิรันธนานนท์ (2542) ที่กล่าวไว้ว่า การที่คนเราจะเกิดมโนทัศน์ต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งนั้นต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์ในการสรุป อธิบาย หรือแยกแยะว่าความรู้มีความเกี่ยวข้องหรือไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น และคนเราจะสามารถรับรู้มโนทัศน์ได้แตกต่างกันไปตามวัย วุฒิภาวะ ความรู้ และประสบการณ์เดิม ดังนั้น คนเราสามารถเกิดมโนทัศน์ในความรู้ได้ง่ายขึ้นจากการได้เห็นตัวอย่าง เห็นของจริง หรือได้สัมผัสกับประสบการณ์จริงด้วยตนเองซึ่งจะทำให้เข้าใจในเรื่องนั้นได้ง่ายและเร็วขึ้น ต่อมาในระยะที่ 2 การสร้างแนวคิดเพื่อสร้างข้อความคาดการณ์ ซึ่งเป็นระยะที่นักเรียนต้องใช้กระบวนการคิดมากที่สุด เนื่องจากนักเรียนต้องนำข้อมูลที่ได้จากกระบวนการในระยะที่ 1 มาวิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อสร้างข้อความคาดการณ์ต่างๆ ที่อาจเป็นไปได้ โดยคาบเรียนแรกๆ ในการจัดการเรียนการสอน นักเรียนยังไม่สามารถสร้างข้อความคาดการณ์ที่เหมาะสมได้ด้วยตนเอง ต้องอาศัยผู้สอนในการใช้คำถามกระตุ้นเพื่อเป็นแนวทางในการคิด จนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านไปได้ในระยะหนึ่งที่นักเรียนมีความคุ้นเคยกับกระบวนการสืบสอบมากขึ้น จึงสามารถสร้างข้อความคาดการณ์ที่เหมาะสมได้ด้วยตนเอง ระยะที่ 3 การตรวจสอบข้อความคาดการณ์ นักเรียนจะได้ฝึกการรวบรวมข้อมูลหรือหลักการที่เกี่ยวข้อง มาใช้ในการตรวจสอบข้อความคาดการณ์อย่างมีเหตุผล นักเรียนจะได้ฝึกกระบวนการใช้ความคิดในการทำความเข้าใจในข้อมูลหรือมโนทัศน์ย่อยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นความรู้เชิงมโนทัศน์ใหม่ด้วยตนเองในระยะที่ 4 และระยะที่ 5 การอภิปราย ที่นักเรียนจะมีโอกาสได้สื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการอภิปรายถึงข้อสรุปที่เป็นมโนทัศน์ใหม่นั้น นักเรียนจึงได้ทำความเข้าใจในข้อสรุปร่วมกันอีกครั้งทำให้มีความรู้เชิงมโนทัศน์ที่ถูกต้องมากขึ้น จะเห็นได้ว่ากระบวนการในระยะข้างต้นสอดคล้องกับขั้นตอนในการสร้างมโนทัศน์ของ Ausubel (1968) ที่ระบุไว้ว่า นักเรียนต้องวิเคราะห์และแยกแยะความแตกต่างของ

กระบวนการของสิ่งเร้า ตั้งสมมติฐานโดยมีลักษณะร่วม ทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้นในสถานการณ์ แล้วเลือกข้อสมมติฐานที่สามารถรวมกลุ่มสิ่งเร้าซึ่งมีลักษณะบางประการร่วมกันได้ จากนั้นหา ลักษณะของสิ่งเร้ามาสัมพันธ์กับแนวความคิดของตนและแยกแยะความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์ที่ รับมาใหม่กับมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่แล้วเพื่อหาความสัมพันธ์กัน ก่อนที่จะสรุปครอบคลุมลักษณะของ มโนทัศน์ใหม่

2) ด้านความรู้เชิงกระบวนการ ที่มีค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนหลังเรียนคิดเป็น ร้อยละ 42.50 ซึ่งไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มในด้านความรู้เชิงกระบวนการ (คะแนน เต็ม 8 คะแนน) ทั้งนี้มาจากการที่ผู้สอนใช้เวลาในดำเนินการตามการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ในระยะที่ 2 การสร้างแนวคิดเพื่อสร้างข้อความคาดการณ์ และระยะที่ 3 การตรวจสอบ ข้อความคาดการณ์ในส่วนของเนื้อหาหลักที่ใช้สืบสอบค่อนข้างมาก ทำให้นักเรียนมีเวลาในระยะที่ 5 การอภิปราย น้อยลง ทำให้นักเรียนบางส่วนขาดการแลกเปลี่ยนความคิดกับผู้อื่นในการสัมพันธ์ ความรู้ที่เป็นมโนทัศน์หลักและเนื้อหาทั้งหมดของแต่ละแผนการจัดกิจกรรม เนื่องจากความรู้เชิง กระบวนการบางส่วนเป็นความรู้ที่ควบคู่ไปกับความรู้เชิงมโนทัศน์จึงถูกสอดแทรกไปในช่วงท้ายของ กระบวนการสืบสอบในระยะของการอภิปราย โดยนักเรียนต้องนำความรู้เชิงมโนทัศน์ที่ได้จากการสืบ สอบแล้วมาใช้ในการเรียนรู้ขั้นตอนการสร้างซึ่งเป็นความรู้เชิงกระบวนการต่อไป ซึ่งอาจส่งผลให้ นักเรียนบางส่วนมีคะแนนความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ ดังคำกล่าวของสภาครู คณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 1989) ที่ว่า การจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนมีโอกาสแลกเปลี่ยนความรู้ มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียน ด้วยกัน มีโอกาสในการชี้แจงแนวคิด อธิบายเหตุผลและสื่อสารให้บุคคลอื่นเห็นด้วยกับแนวคิดของตน ทั้งการพูดและการฟัง กิจกรรมดังกล่าวจะช่วยให้นักเรียนได้สร้างความรู้ และเรียนรู้ที่จะรับฟังแนวคิด ในลักษณะต่างๆ จนเกิดความชัดเจนในแนวคิดของตนเอง นอกจากนี้เนื้อหาของความรู้เชิง กระบวนการในเรื่อง วงกลม มีความซับซ้อนและจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานที่ได้เรียนในระดับชั้นก่อน หน้า เช่น สมบัติของรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว วิธีการแบ่งครึ่งมุม วิธีการสร้างเส้นตั้งฉาก เป็นต้น เพื่อ นำไปสู่แนวทางการสร้างความรู้เชิงกระบวนการใหม่ในเนื้อหาดังกล่าว ซึ่งนักเรียนแต่ละคนอาจมีพื้น ฐานความรู้ไม่เท่ากันทำให้นักเรียนบางส่วนใช้เวลาค่อนข้างมากในกระบวนการ หรือไม่สามารถสร้าง แนวคิดได้ด้วยตนเอง ดังตัวอย่างในกิจกรรมการสร้างวงล้อมเพื่อให้ได้รูปภาพกลุ่มหินสโตนเฮนจ์ที่ สมบูรณ์ ในเรื่อง คอร์ดกับจุดศูนย์กลางของวงกลม ที่นักเรียนมีการเชื่อมโยงความรู้ เรื่อง การหาจุด ศูนย์กลางของวงกลม มาใช้ในการหาจุดศูนย์กลางของวงล้อม นักเรียนมีการพูดคุยและนำเสนอวิธีการ

การสร้างโดยมีการใช้จุดบนวงกลมร่วมกันระหว่างคอร์ตสองเส้นซึ่งเหมาะต่อการสร้างวงล้อมมากกว่า เนื่องจากมีส่วนของวงล้อมเป็นเส้นโค้งที่จำกัด ในขณะที่นักเรียนบางส่วนขาดความรู้พื้นฐานในส่วนของการสร้างเส้นตรงแบ่งครึ่งและตั้งฉากทำให้ไม่สามารถสร้างวงล้อมที่สมบูรณ์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Usiskin (1989 อ้างถึงใน ณิชพร เจริญวานิชกูร, 2560) ที่กล่าวถึงแนวทางในการพัฒนาความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการว่าควรพัฒนาหลักการพื้นฐานสำหรับการเรียนการสอนขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์

จากที่กล่าวมาจึงสรุปได้ว่ากระบวนการเรียนรู้แบบสืบสอบมีผลต่อการพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของความรู้เชิงมโนทัศน์ สอดคล้องกับคำกล่าวของ Katz (2014) ที่ว่า ในกระบวนการสืบสอบ นักเรียนจะได้ใช้ความคิดอย่างอิสระเมื่อเผชิญกับปัญหาทั้งปลายเปิดและปลายปิดที่ผู้สอนกำหนด หรือในขณะที่นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดร่วมกัน ในการพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ กระบวนการ หลักการ และสูตร นักเรียนจะได้ใช้ความคิดในการสังเกตแบบรูป การสร้างข้อความคาดการณ์ การสังเกตลักษณะทั่วไป เพื่อยืนยันหรือคัดค้านความรู้เหล่านั้น การคิดในกระบวนการดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงการวิเคราะห์เชิงพีชคณิตหรือการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล ตลอดกระบวนการสืบสอบนักเรียนจะได้ใช้ทักษะการให้เหตุผลของตนเองในการพัฒนาความเข้าใจในความรู้

2. จากผลการวิจัย พบว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นรายด้าน พบว่า มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกด้าน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของการวิจัยข้อที่ 2 และสอดคล้องกับผลการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านแนวทางการสอนแบบสืบเสาะทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยของ Sumarna, Wahyudin และ Herman (2017) ที่พบว่า การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักศึกษาที่ได้รับการสอนแบบบรรยาย ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบแต่ละระยะ ซึ่งผู้วิจัยจะขออภิปรายตามระยะของกระบวนการสืบสอบ ดังนี้

1) ในระยะที่ 1 การกำหนดประเด็น เป็นระยะที่ผู้สอนจะกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจใฝ่รู้ในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด จากนั้นนักเรียนจะต้องสังเกต พิจารณาและระบุสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น แล้วร่วมกันสร้างข้อคำถามต่างๆ เพื่อกำหนดปัญหาที่จะศึกษา ตัวอย่างเช่น กิจกรรมที่ให้นักเรียนได้สืบสอบในสถานการณ์การแบ่งพิซซ่าในเรื่อง คอร์ตกับจุด

ศูนย์กลางของวงกลม ที่นักเรียนจะต้องแบ่งพิชชาตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ว่า “ต้องแบ่งเท่ากัน และ ตัดขอบเป็นเส้นตรง” หลังจากที่แบ่งแล้วนักเรียนได้สังเกตเห็นพิชชารูปสามเหลี่ยมที่ได้ว่ามีลักษณะใดที่เกี่ยวข้องกับส่วนต่างๆ ของวงกลม และร่วมกันสร้างคำถามย่อยเกี่ยวกับความแตกต่างของเนื้อพิชชาที่ตัดและไม่ตัดขอบ ลักษณะของชิ้นพิชชาที่ถูกแบ่งในจำนวนที่ต่างกัน เพื่อเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์มาสู่สถานการณ์และนำไปสู่ข้อความคาดการณ์ในระยะต่อไป ซึ่งกระบวนการในระยะนี้อาจส่งผลให้นักเรียนมีพฤติกรรมในการอ่านสถานการณ์ช้า มีเป้าหมายในการอ่านเพื่อระบุคำสำคัญหรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์แทนที่จะเป็นการอ่านเพียงผ่านตา ทำให้เกิดการทำความเข้าใจต่อสถานการณ์มากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการพัฒนาในด้านการทำความเข้าใจ สอดคล้องกับแนวคิดของ Harrison (2004 อ้างถึงใน พรธรรณภา เพิ่มพูล, 2549) ที่กล่าวว่า การสอนให้นักเรียนรู้จักตั้งคำถามเป็นวิธีการสร้างความเข้าใจที่ได้ผลดี และท้าทายความสามารถของนักเรียนมากกว่าการให้นักเรียนตอบคำถามที่ครูผู้สอนตั้งขึ้นเพียงอย่างเดียว

2) ในระยะที่ 2 การสร้างแนวคิดเพื่อสร้างข้อความคาดการณ์ และ ระยะที่ 3 การตรวจสอบข้อความคาดการณ์ ทั้งสองระยะนี้ นักเรียนมีการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ทางคณิตศาสตร์จากปัญหาอย่างมีเหตุผล รวมถึงสร้างแนวทางในการตรวจสอบและยืนยันข้อความคาดการณ์ ผ่านการสำรวจลักษณะย่อยของข้อความคาดการณ์หรือตัวอย่างที่สอดคล้องกับข้อความคาดการณ์ และหาความรู้ทางคณิตศาสตร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะย่อยนั้น ตัวอย่างเช่น ขณะที่ชั้นเรียนร่วมกันพูดคุยเกี่ยวกับสถานการณ์ชิงช้าสวรรค์ในเรื่องมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้ง นักเรียนมีการเชื่อมโยงระหว่างลักษณะของชิงช้าสวรรค์ในสถานการณ์กับส่วนต่างๆ ของวงกลมว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร มีการสำรวจการทำมุมของแสงไฟเมื่อตำแหน่งของกระเช้าเปลี่ยนไปยังจุดอื่นๆ ก่อนจะสร้างข้อความคาดการณ์ หลังจากนั้นมีการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลาง สามเหลี่ยมหน้าจั่ว มุมภายในรูปสามเหลี่ยมมาช่วยในการตรวจสอบข้อความคาดการณ์อีกครั้ง ซึ่งกระบวนการในระยะนี้อาจส่งผลต่อพฤติกรรมของนักเรียน โดยนักเรียนมีการเลือกใช้ความรู้หรือข้อมูลต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ และคำนึงถึงความสอดคล้องของเงื่อนไขหรือข้อมูลที่จำเป็นต่อสถานการณ์เพื่อให้ข้อสรุปสมเหตุสมผล อาจทำให้เกิดการพัฒนาในด้านการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต และด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ญัฐกานต์ รักนาค (2552) ที่ระบุไว้ว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จำเป็นต้องอาศัยการผสมผสานความรู้

ประสบการณ์เดิม หรือปัญหาที่เคยเรียน มาสัมพันธ์กับความรู้ ปัญหา หรือสถานการณ์ที่ตนเองพบ ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะนำไปสู่การตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม

อีกทั้งเมื่อพิจารณากระบวนการตั้งแต่ระยะที่ 1-2 ที่นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด จะทำให้นักเรียนเกิดการสังเกต การระบุสิ่งที่เกี่ยวข้อง สำนวญตัวอย่าง ย่อยในสถานการณ์ และอธิบายลักษณะร่วมของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับสถานการณ์อยู่เสมอ จนนำไปสู่การที่นักเรียนสามารถสร้างข้อความคาดการณ์ได้ ลักษณะดังกล่าวน่าจะส่งผลอย่างยิ่งต่อการพัฒนาในด้านการอุปนัย สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 8 ที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในด้านการอุปนัยสูงที่สุด

3) ในระยะที่ 4 การสรุป และ ระยะที่ 5 การอภิปราย เป็นระยะที่นักเรียนจะได้วิเคราะห์ถึงความสมเหตุสมผลของข้อมูลที่ใช้ในการเชื่อมโยงเพื่อตรวจสอบข้อความคาดการณ์ ซึ่งเป็นความรู้เกี่ยวกับหลักการ นิยาม ทฤษฎีบท ขั้นตอนการสร้าง รวมถึงข้อเท็จจริงต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ นำไปสู่การสรุปและอภิปรายความรู้ใหม่ที่ได้จากการยืนยันข้อความคาดการณ์และแนวทางในการพิสูจน์รู้นั้นผ่านการสื่อสารร่วมกันเพื่อสะท้อนความคิดเห็นของตนเอง อีกทั้งยังมีการนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปสร้างความรู้ต่อไปหรือใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกัน ลักษณะดังกล่าวอาจทำให้เกิดการพัฒนาในด้านนิรนัย สอดคล้องกับงานวิจัยของ เสาวรัตน์ รามแก้ว (2552) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบแบบแนะแนวทางช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนทั้งด้านการให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัยแทรกเข้าไปในทุกขั้นตอนของกระบวนการสืบสอบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1. การเลือกเนื้อหาคณิตศาสตร์ให้เหมาะกับประเภทของกระบวนการสืบสอบที่แบ่งตามระดับบทบาทการมีส่วนร่วมของผู้สอนและนักเรียน ถ้าเป็นการสืบสอบที่มีผู้สอนนำสืบสอบเนื้อหาที่ใช้สามารถมีความซับซ้อนได้มากและมีระดับความยากเกินกว่าที่นักเรียนจะเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เนื่องจากผู้สอนสามารถจัดรูปแบบกิจกรรม เตรียมสื่อ ระบุขั้นตอนการแก้ปัญหา หรือข้อคำถามเพื่อช่วยแนะแนวทางในกระบวนการสืบสอบของนักเรียนได้อย่างเต็มที่ ในขณะที่การสืบสอบที่ผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสืบสอบเนื้อหาที่ใช้สามารถมีความซับซ้อนได้แต่ไม่ควรยากเกินกว่าที่นักเรียนจะเกิดการคิด ตั้งคำถาม ค้นคว้าหาหลักฐานหรือเหตุผลเพื่อยืนยันข้อสรุปด้วยตนเองได้ เพราะผู้สอนจะ

ลดระดับบทบาทลงและเปิดโอกาสให้นักเรียนมีบทบาทในการเรียนมากขึ้น ผู้สอนเพียงต้องคอยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถเลือกและเสนอวิธีการที่นำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างเหมาะสมได้ ประกอบกับการที่ผู้สอนใช้สื่อหรือคำถามในการชี้แนะแนวทางและเฝ้าต่อกระบวนการสืบสอบของนักเรียน ส่วนการสืบสอบที่นักเรียนนำเสนอเนื้อหาที่ใช้ไม่ควรซับซ้อนเกินไปหรือมีระดับความยากปานกลาง และต้องมั่นใจได้ว่านักเรียนจะสามารถดำเนินการสืบสอบได้ด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้สอนสามารถลดการใช้สื่อหรือคำถามชี้แนะแนวทางลงได้ และมีบทบาทเป็นเพียงผู้คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในขณะที่นักเรียนเกิดปัญหาในกระบวนการสืบสอบ สิ่งสำคัญเนื้อหาในการสืบสอบนั้นต้องไม่เป็นเรื่องที่นักเรียนทราบมาก่อน หรือไม่ควรง่ายเกินไปที่จะใช้กระบวนการสืบสอบเพื่อหาคำตอบ

2. ผู้สอนควรมีการเตรียมพร้อมในการช่วยเหลือและสนับสนุนนักเรียนให้เกิดการคิด เช่น การเตรียมคำถามย่อยที่ใช้ในการพูดคุยเพื่อเฝ้าให้นักเรียนเกิดการคิดหรืออธิบายความคิดของตนเอง และการกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนศึกษาในระยะแรกของการสืบสอบซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญ โดยสถานการณ์นั้นจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจอย่างแท้จริง จนนำไปสู่ความรู้สึกรู้สึกที่ต้องการสืบสอบด้วยตนเองต่อไป รวมถึงการสร้างบรรยากาศให้นักเรียนเกิดการสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการเตรียมสื่อหรือแหล่งเรียนรู้ที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการทบทวนหรือเชื่อมโยงความรู้ในกระบวนการสืบสอบ

3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบ ในแต่ละกิจกรรมควรมีเวลามากพอที่จะให้นักเรียนมีโอกาสได้ใช้ความคิดไปกับกระบวนการในระยะต่างๆ อย่างเต็มที่และมีจำนวนนักเรียนที่ไม่มากจนเกินไปในการจัดกิจกรรม เพื่อให้ทุกนักเรียนได้มีส่วนร่วมในการคิดและแสดงความคิดเห็น รวมทั้งมีโอกาสดำเนินกิจกรรมด้วยตนเองมากขึ้น และผู้สอนสามารถดูแลได้อย่างทั่วถึง

4. นักเรียนควรมีความพร้อมที่จะเรียนรู้ในระดับหนึ่ง เนื่องจากนักเรียนจะต้องเป็นผู้ดำเนินการในทุกระยะของกระบวนการสืบสอบด้วยตนเอง ซึ่งนักเรียนจะต้องมีการคิด สืบค้นความรู้ จึงต้องมีการติดตามความคิดของตนเองในแต่ละระยะของกระบวนการอยู่เสมอ รวมทั้งนักเรียนในห้องเรียนควรมีพฤติกรรมของการสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน ซึ่งเป็นลักษณะที่อาจส่งผลต่อการสะท้อนความเข้าใจและความรู้ที่ได้จากการสืบสอบของนักเรียน

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาค้นคว้าผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบที่พัฒนาความสามารถทางการคิดในด้านอื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถทางการคิดควบคู่ไปกับการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์

เป็นต้น เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปหรือคำตอบที่ต้องการในขณะเผชิญกับปัญหาต่างๆ ทำให้นักเรียนมีกระบวนการเรียนรู้และการคิดอย่างมีขั้นตอน จึงอาจส่งผลให้เกิดการพัฒนาความสามารถทางการคิดในด้านอื่นๆ นอกเหนือจากการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ รวมไปถึงทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากในระหว่างขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการสืบสอบนักเรียนจะได้แลกเปลี่ยนความคิด ความรู้ และประสบการณ์ระหว่างกันและกัน ทำให้นักเรียนมีโอกาสดำเนินความคิดของตนเองผ่านการพูดคุย การเขียน การใช้สัญลักษณ์ เพื่อให้ผู้อื่นรับรู้และเข้าใจได้อย่างถูกต้อง จึงอาจทำให้เกิดการพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จากกระบวนการสืบสอบได้

2. ควรศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบในการพัฒนาความสามารถในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เนื่องจากในกระบวนการสืบสอบนักเรียนมีโอกาสได้ศึกษาและทำความเข้าใจความรู้ด้วยตนเองเป็นหลักผ่านการหาหลักฐานหรือเหตุผลมาสนับสนุนในสิ่งที่ตนเองคิด จึงอาจมีผลต่อความสามารถในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) ที่มีความเกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สามารถแปลงปัญหา ใช้คณิตศาสตร์ และตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในบริบทของโลกชีวิตจริง รวมถึงการใช้แนวคิดกระบวนการ ข้อเท็จจริง และเครื่องมือทางคณิตศาสตร์เพื่อบรรยาย อธิบาย และคาดการณ์ปรากฏการณ์ต่างๆ เนื่องจากในการทำข้อสอบด้านคณิตศาสตร์ นักเรียนจะต้องนำความรู้จากเนื้อหาคณิตศาสตร์ มาใช้แก้ปัญหาในบริบทที่ท้าทายหรือปัญหาที่พบเจอในโลกชีวิตจริง เริ่มตั้งแต่การแปลงสถานการณ์ของปัญหาให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้ แล้วใช้หลักการกระบวนการ และการเลือกใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาวิธีแก้ปัญหา นั้น จากนั้นประเมินวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาและตีความผลลัพธ์ที่ได้ให้อยู่ในบริบทของโลกชีวิตจริง ซึ่งในแต่ละกระบวนการแก้ปัญหาต้องอาศัยการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น เพื่อตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลประกอบในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับปัญหาซึ่งสามารถอธิบายได้ในเชิงคณิตศาสตร์ รวมถึงการคิดไตร่ตรองถึงกระบวนการแก้ปัญหาและผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินและตัดสินใจว่าน่าเชื่อถือของข้อมูล

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กมลทิพย์ ต่อดิต. (2544). ผลของการฝึกกระบวนการสืบสอบที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต), สาขาจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์. (2558). 5 คุณลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ (5 Essential features of inquiry). [เอกสารประกอบการสอน ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ]. สืบค้นจาก: http://sciedcenter.swu.ac.th/Portals/25/Documents/News/5%20Essential%20features%20of%20inquiry_Kamonwan.pdf?timestamp=143444000
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). สารและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. คณะครุ ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิตรวรรณ เอกพันธ์. (2558). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์การสอนเชิงบริบทที่มีต่อ ความรู้ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต), สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะ ครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิรรัตน์ จตุรนนท์. (2554). การศึกษาความรู้ทางคณิตศาสตร์ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนการสอนของนิสิตนักศึกษาครุศาสตร์ศึกษาศาสตร์ วิชาเอก คณิตศาสตร์. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต), สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุ ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิระ ว่องไววิริยะ. (2556). ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้การเรียนรู้กระบวนการ เผลี่ยนสถานการณ์ในสาระพัฒนาสังคมและชุมชนของผู้เรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ศูนย์ การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยอำเภอเขาชะเมา จังหวัดระยอง. (ปริญญาครุศา สตรมหาบัณฑิต), สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- ณัฐพงษ์ กอสวัสดิ์พัฒน์. (2559). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ ตามการสืบสอบแบบแนะแนวทางร่วมกับการเขียนบันทึกการเรียนรู้ที่มีต่อความรู้และ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต), สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

- ณัฐกานต์ รักนาค. (2552). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการเชื่อมโยง ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1. (วิทยานิพนธ์ปริญญาคุุณบัณฑิต), สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณิชภาพร เจริญวานิชกูร. (2560). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เน้นแบบอย่างและกลวิธีตามแนวคิดของเมย์เนสและจูเลียน-ชูลต์ซที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต), สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดิษพล เนตรนิมิต. (2558). ผลการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5Es) ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลและโมทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต), สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ทิตินา แคมมณี. (2554). ทักษะการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ สร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ : การบูรณาการในการจัดการเรียนรู้. วารสารราชบัณฑิตยสถาน, 36(2), 188-204.
- ทิตินา แคมมณี และคณะ. (2544). วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- นิตยา ปลัณธนันท์. (2542). การเรียนรู้ความคิดรวบยอด. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พรรณนภา เพิ่มพูล. (2549). ผลของการเรียนการสอนด้วยกลวิธีการอ่านแบบร่วมมือที่มีต่อความสามารถในการอ่านภาษาไทยเพื่อความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต), สาขาวิชาการศึกษาภาษาไทย คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2544). การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2530). ความสัมพันธ์ระหว่างกลวิธีการสอน คุณภาพของกลวิธีการสอน เวลาที่ใช้ในการเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในกรุงเทพมหานคร. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต), สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิมลรัตน์ ศรีสุข. (2551). การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนโดยการบูรณาการรูปแบบการสร้างโมทัศน์กับรูปแบบการแปลงเพื่อเสริมสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคิดแบบอุปนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต), สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภลักษณ์ ครูทอง. (2556). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วิธี *IMPROVE* และการเขียนบันทึกการเรียนรู้ที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันทดสอบทางการศึกษา. (2561). สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้พื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2561. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.newonetestresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM3_2560.pdf

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาระบบการคิดระดับสูง วิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://biology.ipst.ac.th/?p=688>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://drive.google.com/file/d/0Bza8voFmdFsrRGLYbmdPa0pkXzg/view>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). การแถลงข่าวผลการประเมิน PISA 2018. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://drive.google.com/file/d/18DKqGcld1dN6lWF07TXG8YZsOOg-NlWZ/view>

สรินญา มารศรี. (2562). การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในศตวรรษที่ 21. วารสาร มจร นครน่านปริทรรศน์, 3(2), 105-121.

สิริพร ทิพย์คง. (2545). หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพทางวิชาการ (พว.).

สุดารัตน์ ภิรมณ์ราช. (2555). ผลของการใช้เทคนิค *Think-Talk-Write* ร่วมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสืบสอบที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผล และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรัชย์ วงศ์จันเสื่อ. (2555). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด *DAPIC* และ *CGI* ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- เสาวรัตน์ งามแก้ว. (2552). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การสืบสอบแบบแนะแนวทาง ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โสภณ บำรุงสงฆ์. (2520). เทคนิคและวิธีการสอนคณิตศาสตร์แนวใหม่. กรุงเทพมหานคร: พราวเพรส.
- โสมาตรี ดาหลาย. (2551). ผลของการพัฒนามโนทัศน์โดยใช้กระบวนการสืบสอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต), สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรพิน พัฒนาผล. (2551). การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครสวรรค์ เขต 1. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต), สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อรรณพ แก้วขาว และ ภัททิรา ศุภมาศ. (2560). การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบกรณีศึกษา: โรงเรียนพระแท่นดงรังวิทยาการ. วารสารคณิตศาสตร์โดยสมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 62(691), 21-31.
- อัมพร ม้าคอง. (2546). คณิตศาสตร์: การสอนและการเรียนรู้. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคอง. (2547). ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์: จุดเน้นของงานสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- อัมพร ม้าคอง. (2554). ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การพัฒนาเพื่อการพัฒนาการ. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ตำราและเอกสารวิชาการ, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อารีย์ วาสุเทพ. (2549). การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 3. (ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต), สาขาวิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ภาษาอังกฤษ

- Aizikovitsh-Udi, E., & Cheng, D. (2015). Developing critical thinking skills from dispositions to abilities: mathematics education from early childhood to high school. *Creative Education*, 6(04), 455.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1968). Educational psychology: A cognitive view.
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science children*, 46(2), 26-29.
- Basjes, N. (2002). *A model for Procedural Knowledge*. Netherlands: the Netherlands business school.
- Bell, R. L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33.
- Branch, J., & Oberg, D. (2004). Focus on inquiry: A teacher's guide to implementing inquiry-based learning. *Canada: Alberta Education, Alberta*.
- Bybee, R. W. (2009). The BSCS 5E instructional model and 21st century skills. *Colorado Springs, CO: BSCS*.
- Ennis, R., & Millman, J. (1985). Cornell tests of critical thinking. *Pacific Grove, CA: Midwest*.
- Ennis, R. H. (1985). A logical basis for measuring critical thinking skills. *Educational leadership*, 43(2), 44-48.
- Hilgard, E. R. (1962). Impulsive versus realistic thinking: An examination of the distinction between primary and secondary processes in thought. *Psychological Bulletin*, 59(6), 477.
- ISMAIL, N. (2006). INQUIRY BASED LEARNING: A NEW APPROACH TO CLASSROOM LEARNING. *English Language Journal*, 2(1), 13-24.
- Katz, J. D. (2014). *Developing Mathematical Thinking: A Guide to Rethinking the Mathematics Classroom*: Rowman & Littlefield.
- Leader, L. F., & Middleton, J. A. (2004). Promoting critical-thinking dispositions by using problem solving in middle school mathematics. *RMLE Online*, 28(1), 1-13.
- National Council of Teachers of Mathematics. (1989). Curriculum and Evaluation Standard for Schools Mathematics. *Reston: Virginia*.

- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., . . . Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review*, 14, 47-61.
- Rittle-Johnson, B., & Schneider, M. J. O. h. o. n. c. (2015). Developing conceptual and procedural knowledge of mathematics. 1118-1134.
- Rooney, C. (2012). How am I using inquiry-based learning to improve my practice and to encourage higher order thinking among my students of mathematics? *Educational Journal of Living Theories*, 5(2).
- Sumarna, N., & Herman, T. (2017). *The Increase of Critical Thinking Skills through Mathematical Investigation Approach*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- The College Board. (2002). Mathematics framework for the 2003 national assessment of Educational progress. [Online]. National Assessment Governing Board. Retrieved from: <https://www.nagb.gov/assets/documents/publications/frameworks/mathematics/2003-mathematics-framework/ch4.html#2>
- Widyatiningtyas, R., Kusumah, Y. S., Sumarmo, U., & Sabandar, J. (2015). The Impact of Problem-Based Learning Approach to Senior High School Students' Mathematics Critical Thinking Ability. *Indonesian Mathematical Society Journal on Mathematics Education*, 6(2), 30-38.





ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายนามของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือวิจัย

ผู้ทรงคุณวุฒิที่พิจารณาความตรงตามเนื้อหา ความเหมาะสมของข้อคำถาม ความเหมาะสมของสำนวนภาษา พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีรายนามดังต่อไปนี้

ผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์

- | | |
|--|---|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล สลึงค์ | อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 2. ดร.ศศิวรรณ เมลืองนนท์ | นักวิชาการ สาขาคณิตศาสตร์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) |
| 3. ครูเด่น จิตวิขาม | ครูชำนาญการ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม |
| 4. ครูพิกุล แสนชัยนาท | ครูชำนาญการพิเศษ ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม |

ผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

- | | |
|---|--|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ น่วมนุ่น | อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. ดร.เพ็ญเพ็ญ จิรัชย์ | อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 3. อ.วรรณรณ อยู่สุข | นักวิชาการ สาขาคณิตศาสตร์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) |
| 4. อ.ชัมย์พร ตั้งตน | ผู้เชี่ยวชาญ สาขาคณิตศาสตร์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) |



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างหนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิ และหนังสือขอความร่วมมือในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ที่ อว 64.6(2791.01)/62- 2862

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

สิงหาคม 2562

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวเสาวลักษณ์ สุวรรณชัยรบ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศันสนีย์ เณรเทียน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลด้วยแบบทดสอบ กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นิสิตได้ทำการเก็บข้อมูลวิจัยดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 061-593-4738 email: ssaowalak.su@gmail.com



ที่ อว 64.6(2791.01)/62-2872

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

สิงหาคม 2562

เรื่อง ขอบเขตบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวเสาวลักษณ์ สุวรรณชัยรบ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คันสนีย์ เณรเทียน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล สลิวงค์ เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล สลิวงค์ เป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชิโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 061-593-4738 email: ssaowalak.su@gmail.com



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาฯ โทร. 82565-97 ต่อ 6732

ที่ อว 64.6(2791.01)/62-2876

วันที่ สิงหาคม 2562

เรื่อง ขออนุญาตบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน คณบดีคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ด้วย นางสาวเสาวลักษณ์ สุวรรณชัยรบ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คันสนีย์ เณรเทียน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขออนุญาต ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ น่วมนุ้ม เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ น่วมนุ้ม เป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี



ที่ อว 64.6(2791.01)/62-2364

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

สิงหาคม 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล สลึงค์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวเสาวลักษณ์ สุวรรณชัยรบ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศันสนีย์ เณรเทียน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 061-593-4738 email: ssaowalak.su@gmail.com



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาฯ โทร. 82565-97 ต่อ 6732

ที่ อว 64.6(2791.01)/62-2868

วันที่ สิงหาคม 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ น่วมนุ่น

ด้วย นางสาวเสาวลักษณ์ สุวรรณชัยรบ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศันสนีย์ เณรเทียน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 061-593-4738 email: ssaowalak.su@gmail.com



ตารางที่ 9 โครงสร้างแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน

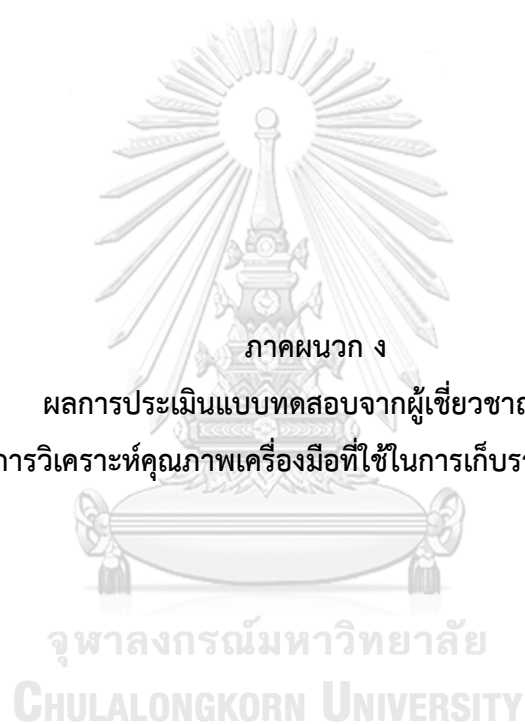
เนื้อหา	จำนวน คาบ	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)		ข้อสอบที่ใช้จริง	
		ข้อสอบ ทั้งหมด	ข้อสอบ ที่ใช้จริง	มโนทัศน์	กระบวนการ
1. วงกลม					
ส่วนต่างๆ ของวงกลม	-	-	-	-	-
2. มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม (4 คาบ)					
มุมในครึ่งวงกลม	1	3	1	1	-
มุมที่จุดศูนย์กลาง	1	3	1	2	-
มุมในส่วนโค้งของวงกลม		3	2	3, 4	-
มุมและส่วนโค้งที่รองรับมุม	2	6	4	5, 6, 7, 8	-
3. คอร์ด (5 คาบ)					
คอร์ดและส่วนโค้งของวงกลม	1	3	1	11	-
รูปหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า แนบในวงกลม	1	3	2	-	9, 10
คอร์ดกับจุดศูนย์กลางของ วงกลม	1	4	2	12	13
หาจุดศูนย์กลางของวงกลม		2	1	-	18
วงกลมผ่านจุดที่กำหนดให้	1	3	1	20	-
จุดศูนย์กลางของวงล้อม		1	1	-	19
รูปสี่เหลี่ยมแนบในวงกลม		3	2	14, 15	-
คอร์ดที่ยาวเท่ากัน	1	5	2	16, 17	-
4. เส้นสัมผัสวงกลม (3 คาบ)					
เส้นสัมผัสวงกลมและรัศมี	1	15	7	21, 22, 23, 24, 25	28, 29
เส้นสัมผัสวงกลมและคอร์ด	1	3	2	26, 27	-
วงกลมแนบในรูปสามเหลี่ยม	1	3	1	-	30
รวม	12	60	30	22	8

ตารางที่ 10 โครงสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียน

ความสามารถย่อยที่วัด	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)		ข้อสอบที่ใช้จริง
	ข้อสอบทั้งหมด	ข้อสอบที่ใช้จริง	
การทำความเข้าใจ	12	6	3, 8, 9, 11, 15, 23
การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต	12	6	5, 10, 16, 17, 20, 29
การอุปนัย	12	6	4, 12, 24, 25, 27, 30
การนิรนัย	12	6	1, 6, 14, 18, 21, 26
การระบุข้อตกลงเบื้องต้น	12	6	2, 7, 13, 19, 22, 28
รวม	60	30	30

ตารางที่ 11 โครงสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับหลังเรียน

ความสามารถย่อยที่วัด	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)		ข้อสอบที่ใช้จริง
	ข้อสอบทั้งหมด	ข้อสอบที่ใช้จริง	
การทำความเข้าใจ	12	6	1, 7, 14, 18, 26, 29
การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต	12	6	4, 5, 17, 20, 27, 28
การอุปนัย	12	6	3, 8, 12, 21, 22, 23
การนิรนัย	12	6	6, 9, 10, 15, 24, 30
การระบุข้อตกลงเบื้องต้น	12	6	2, 11, 13, 16, 19, 25
รวม	60	30	30



ผลการประเมินแบบทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญ

ระดับการประเมินความสอดคล้องเฉลี่ยของโครงสร้างแบบวัด

คะแนน $IOC \geq 0.67$ หมายถึง ใช้ได้

ตารางที่ 12 ผลการประเมินความสอดคล้องของโครงสร้างแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ฉบับหลัง
ทดลองกับนิยามศัพท์เฉพาะและเกณฑ์การให้คะแนน

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ				ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	0	1	0.75
4	0	1	1	1	0.75
5	1	1	1	1	1
6	1	1	0	1	0.75
7	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	1	0	1	0.75
10	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1
19	1	1	0	1	0.75
20	0	1	1	1	0.75
21	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1
25	1	0	1	1	0.75
26	1	1	1	1	1
27	-1	0	1	1	0.25

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ				ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	
28	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1
31	1	1	1	1	1
32	1	1	1	1	1
33	1	1	1	1	1
34	1	0	1	1	0.75
35	1	1	1	1	1
36	1	1	0	1	0.75
37	1	1	0	1	0.75
38	1	0	1	1	0.75
39	1	1	1	1	1
40	0	1	1	1	0.75
41	1	0	1	1	0.75
42	1	1	1	1	1
43	1	1	1	1	1
44	1	1	1	1	1
45	1	1	1	1	1
46	1	1	1	1	1
47	1	1	1	1	1
48	1	1	1	1	1
49	1	1	1	1	1
50	1	1	1	1	1
51	1	1	1	1	1
52	-1	1	1	1	0.5
53	1	1	1	1	1
54	1	0	1	1	0.75
55	1	1	1	1	1
56	1	1	1	1	1
57	1	1	1	1	1
58	1	1	1	1	1
59	1	1	1	1	1
60	1	1	1	1	1

ตารางที่ 13 ผลการประเมินความสอดคล้องของโครงสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับ
ก่อนทดลองและฉบับหลังทดลองกับนิยามศัพท์เฉพาะขององค์ประกอบและเกณฑ์การให้คะแนน

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของ ผู้ทรงคุณวุฒิ (ฉบับก่อนทดลอง)			ผลการ ประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	1	1	1	1
6	1	1	1	1
7	1	1	1	1
8	1	1	1	1
9	1	1	1	1
10	1	1	1	1
11	1	1	1	1
12	1	1	1	1
13	1	1	1	1
14	1	1	1	1
15	1	1	1	1
16	1	1	1	1
17	1	1	1	1
18	1	1	1	1
19	1	1	1	1
20	1	1	1	1
21	1	1	1	1
22	1	1	1	1
23	1	1	1	1
24	1	1	1	1
25	1	1	0	0.67
26	1	1	1	1
27	1	1	1	1
28	1	1	1	1
29	1	1	1	1

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของ ผู้ทรงคุณวุฒิ (ฉบับหลังทดลอง)			ผลการ ประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	1	1	0	0.67
6	1	1	0	0.67
7	1	1	0	0.67
8	1	1	0	0.67
9	1	1	1	1
10	1	1	1	1
11	1	1	1	1
12	1	1	0	0.67
13	1	1	1	1
14	1	1	1	1
15	1	1	1	1
16	1	1	1	1
17	1	1	1	1
18	1	1	1	1
19	1	1	1	1
20	1	1	1	1
21	1	1	1	1
22	1	1	0	0.67
23	1	1	-1	0.33
24	1	1	0	0.67
25	1	1	1	1
26	1	1	1	1
27	1	1	1	1
28	1	1	-1	0.33
29	1	1	-1	0.33

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของ ผู้ทรงคุณวุฒิ (ฉบับก่อนทดลอง)			ผลการ ประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
30	1	1	1	1
31	1	1	1	1
32	1	1	1	1
33	1	1	1	1
34	1	1	1	1
35	1	1	1	1
36	1	1	1	1
37	1	1	1	1
38	1	1	1	1
39	1	1	1	1
40	1	1	1	1
41	1	1	1	1
42	1	1	1	1
43	1	1	1	1
44	0	1	1	0.67
45	1	1	0	0.67
46	1	1	1	1
47	1	1	0	0.67
48	1	1	1	1
49	1	1	1	1
50	1	1	1	1
51	1	1	1	1
52	1	1	1	1
53	1	1	1	1
54	1	1	1	1
55	1	1	1	1
56	1	1	1	1
57	1	1	1	1
58	1	1	-1	0.33
59	0	1	-1	0
60	1	1	1	1

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของ ผู้ทรงคุณวุฒิ (ฉบับหลังทดลอง)			ผลการ ประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
30	1	1	1	1
31	1	1	-1	0.33
32	1	1	-1	0.33
33	1	1	1	1
34	1	1	1	1
35	1	1	1	1
36	1	1	1	1
37	1	1	1	1
38	1	1	1	1
39	1	1	1	1
40	1	1	1	1
41	1	1	1	1
42	1	1	1	1
43	1	1	1	1
44	1	1	1	1
45	1	1	1	1
46	1	1	0	0.67
47	1	1	-1	0.33
48	1	1	-1	0.33
49	1	1	1	1
50	1	1	1	1
51	1	1	1	1
52	1	1	-1	0.33
53	1	1	1	1
54	1	1	1	1
55	1	1	1	1
56	1	1	1	1
57	1	1	1	1
58	1	1	-1	0.33
59	1	1	1	1
60	1	1	1	1

ผลการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

มีเกณฑ์ในการคัดเลือกแบบวัด คือ

ค่าความยาก (p)	0.20–0.80
ค่าอำนาจจำแนก (r)	มีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป
และ ค่าความเที่ยง	มีค่าตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป



คุณภาพเครื่องมือแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน

ตารางที่ 14 แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงของแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ (นำไปใช้จริง)

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับ
1	0.71	0.22	0.78
2	0.51	0.33	
3	0.38	0.22	
4	0.27	0.65	
5	0.29	0.47	
6	0.57	0.42	
7	0.67	0.28	
8	0.56	0.42	
9	0.24	0.39	
10	0.42	0.31	
11	0.31	0.31	
12	0.40	0.47	
13	0.57	0.56	
14	0.38	0.36	
15	0.36	0.39	
16	0.56	0.28	
17	0.69	0.39	
18	0.24	0.39	
19	0.27	0.50	
20	0.29	0.33	
21	0.27	0.50	
22	0.27	0.36	
23	0.27	0.36	
24	0.24	0.39	
25	0.64	0.44	
26	0.27	0.22	
27	0.38	0.36	
28	0.36	0.25	
29	0.24	0.25	
30	0.27	0.50	

คุณภาพเครื่องมือแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียน

ตารางที่ 15 แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงของแบบการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียน จำนวน 30 ข้อ (นำไปใช้จริง)

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับ
1	0.33	0.38	0.87
2	0.67	0.29	
3	0.51	0.59	
4	0.38	0.31	
5	0.62	0.35	
6	0.36	0.32	
7	0.54	0.41	
8	0.49	0.43	
9	0.59	0.44	
10	0.41	0.44	
11	0.67	0.42	
12	0.64	0.69	
13	0.64	0.82	
14	0.49	0.76	
15	0.54	0.50	
16	0.59	0.57	
17	0.59	0.44	
18	0.62	0.47	
19	0.49	0.34	
20	0.64	0.39	
21	0.47	0.51	
22	0.21	0.25	
23	0.46	0.26	
24	0.59	0.73	
25	0.68	0.36	
26	0.44	0.56	
27	0.47	0.31	
28	0.56	0.59	
29	0.49	0.55	
30	0.66	0.69	

คุณภาพเครื่องมือแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับหลังเรียน

ตารางที่ 16 แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงของแบบการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณ ฉบับหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ (นำไปใช้จริง)

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับ
1	0.41	0.54	0.74
2	0.65	0.42	
3	0.62	0.24	
4	0.53	0.41	
5	0.29	0.26	
6	0.38	0.38	
7	0.50	0.31	
8	0.53	0.27	
9	0.41	0.58	
10	0.29	0.64	
11	0.47	0.69	
12	0.41	0.41	
13	0.53	0.48	
14	0.65	0.30	
15	0.47	0.61	
16	0.71	0.40	
17	0.32	0.55	
18	0.29	0.23	
19	0.47	0.51	
20	0.74	0.40	
21	0.71	0.36	
22	0.50	0.53	
23	0.44	0.60	
24	0.29	0.52	
25	0.35	0.32	
26	0.71	0.40	
27	0.44	0.26	
28	0.65	0.49	
29	0.62	0.50	
30	0.36	0.47	



ตัวอย่าง แบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง วงกลม

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นแบบปรนัย มีทั้งหมด 30 ข้อ จำนวน 7 หน้า
ข้อละ 1 คะแนน โดยมีระยะเวลาในการทำแบบวัด 60 นาที
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 ตัวเลือก จากทั้งหมด 4 ตัวเลือก
3. หากมีข้อสงสัยเกี่ยวกับข้อสอบให้นักเรียนยกมือเพื่อสอบถามผู้คุมสอบ

ข้อ 3. ข้อใดไม่ถูกต้อง เกี่ยวกับมุมในส่วนโค้งของวงกลม (**ความรู้เชิงมโนทัศน์**)

- ก. มุมในครึ่งวงกลมเป็นมุมในส่วนโค้งของวงกลม
- ข. แขนของมุมในส่วนโค้งมีจุดปลายอยู่บนวงกลม
- ค. มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นมุมในส่วนโค้งของวงกลม
- ง. แขนของมุมในส่วนโค้งสามารถผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมได้

ข้อ 17. ข้อใดต่อไปนี้เป็นเงื่อนไขที่ทำให้คอร์ด 2 เส้นของวงกลมวงหนึ่งยาวเท่ากัน (**ความรู้เชิงมโนทัศน์**)

- ก. เป็นคอร์ดที่ไม่ตัดกัน
- ข. เป็นคอร์ดที่ตั้งฉากกัน
- ค. เป็นคอร์ดที่ขนานกัน
- ง. เป็นคอร์ดที่ห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากัน

ข้อ 18. พิจารณาขั้นตอนการสร้างต่อไปนี เมื่อกำหนดวงกลมวงหนึ่ง

- ขั้นตอน 1) สร้างคอร์ด 2 คอร์ดของวงกลม
- 2) สร้างเส้นตรงที่แบ่งครึ่งและตั้งฉากกับคอร์ดแต่ละคอร์ด
- 3) กำหนดจุดตัดของเส้นตรงทั้งสองเส้น

เงื่อนไขใดที่ต้องเพิ่มเติมเพื่อทำให้จุดตัดของเส้นตรงทั้งสองที่สร้างเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม

(**ความรู้เชิงกระบวนการ**)

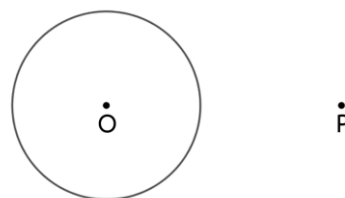
- ก. ไม่ต้องมีเงื่อนไขเพิ่มเติม
- ข. ทั้งสองคอร์ดที่สร้างจะต้องตัดกัน
- ค. ทั้งสองคอร์ดที่สร้างต้องตั้งฉากกัน
- ง. ทั้งสองคอร์ดที่สร้างต้องไม่ขนานกัน

ข้อ 23. กำหนดให้เส้นตรงเส้นหนึ่งตั้งฉากกับรัศมีของวงกลมวงหนึ่ง เส้นตรงนี้จะเป็นเส้นสัมผัสวงกลมเมื่อมีเงื่อนไขใด (ความรู้เชิงมโนทัศน์)

- ก. จุดตัดของเส้นตรงที่ตั้งฉากกับรัศมีต้องอยู่บนวงกลม
- ข. จุดตัดของเส้นตรงที่ตั้งฉากกับรัศมีต้องอยู่นอกวงกลม
- ค. จุดตัดของเส้นตรงที่ตั้งฉากกับรัศมีต้องอยู่ในวงกลม
- ง. ไม่ต้องมีเงื่อนไขเพิ่มเติม

ข้อ 28. พิจารณาขั้นตอนการสร้างต่อไปนี้ เมื่อกำหนดวงกลม O และจุด P เป็นจุดภายนอกวงกลม

- 1) สร้างเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับ \overline{OP}
- 2) กำหนดให้จุดตัดวงกลมทั้งสองวงเป็นจุดสัมผัส
- 3) ลากส่วนของเส้นตรงเชื่อมจุดศูนย์กลางกับจุด P
- 4) ลากเส้นตรงผ่านจุด P กับจุดสัมผัสของวงกลมที่กำหนด
- 5) สร้างวงกลมที่มีรัศมีครึ่งหนึ่งของ \overline{OP} โดยมีจุดกึ่งกลางของ \overline{OP} เป็นจุดศูนย์กลาง



จงเรียงลำดับขั้นตอนในการสร้างเส้นสัมผัสวงกลมจากจุด P ที่อยู่นอกวงกลม O (ความรู้เชิงกระบวนการ)

- ก. 5) 1) 3) 2) และ 4)
- ข. 1) 3) 4) 5) และ 2)
- ค. 3) 1) 5) 2) และ 4)
- ง. 3) 1) 2) 4) และ 5)

ข้อ 30. กำหนดรูปสามเหลี่ยมใดๆ ข้อใดเป็นขั้นตอนในการหาจุดศูนย์กลางของวงกลมแนบในรูปสามเหลี่ยม (ความรู้เชิงกระบวนการ)

- ก. ลากเส้นตรง 2 เส้นแบ่งครึ่งจุดยอดมุมของรูปสามเหลี่ยม 2 มุม จะได้จุดตัดของเส้นตรงสองเส้นนั้นเป็นจุดศูนย์กลาง
- ข. สร้างเส้นตรงสองเส้นตั้งฉากและแบ่งครึ่งด้านสองด้านของรูปสามเหลี่ยม จะได้จุดตัดของเส้นตรงสองเส้นนั้นเป็นจุดศูนย์กลาง
- ค. ลากเส้นตรงจากจุดยอด 2 จุดของรูปสามเหลี่ยมไปยังจุดกึ่งกลางของด้านตรงข้ามมุม จะได้จุดตัดของเส้นตรงสองเส้นนั้นเป็นจุดศูนย์กลาง
- ง. สร้างเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับด้านที่ยาวที่สุดของรูปสามเหลี่ยม จะได้จุดตัดบนด้านที่ยาวที่สุดนั้นเป็นจุดศูนย์กลาง

ตัวอย่าง แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ฉบับก่อนเรียน)

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นข้อสอบแบบปรนัย มีทั้งหมด 30 ข้อ (13 หน้า)
ข้อละ 1 คะแนน และเวลาในการทำแบบวัด 60 นาที
2. ให้นักเรียนอ่านข้อความ หรือสถานการณ์ ที่กำหนดแล้วตอบคำถาม แบ่งเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้
ลักษณะที่ 1 เป็นข้อสอบประเภท ถูก-ผิด ซึ่งในแต่ละข้อจะมีข้อความตอบ 4-5 ข้อ โดยให้นักเรียนทำเครื่องหมายถูก (✓) หน้าข้อที่สอดคล้องกับสถานการณ์และคำถาม หรือกากบาท (X) หน้าข้อที่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์และคำถาม
ลักษณะที่ 2 เป็นข้อสอบประเภทเลือกตอบและตอบสั้น ซึ่งแต่ละข้อจะมีตัวเลือกทั้งหมด 3 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่เหมาะสมเพียง 1 ตัวเลือก พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น
3. หากมีข้อสงสัยเกี่ยวกับข้อสอบให้นักเรียนยกมือเพื่อสอบถามผู้คุมสอบ

ตัวอย่างการตอบแบบวัด

จงอ่านข้อความต่อไปนี้และตอบคำถามในข้อ 0-00

ปัจจุบันมนุษย์อาศัยอยู่ได้ด้วยการใช้พลังงานในการดำเนินชีวิตในแต่ละวัน จึงมีการศึกษาและคิดค้นพลังงานในหลายรูปแบบให้เราเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม ถ้านายไก่อกล่าวว่า “เราเลือกใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพราะมีประสิทธิภาพและเป็นพลังงานหลักที่คนส่วนมากนิยมใช้กัน” ในขณะที่นางสาวไขกล่าวว่า “เราเลือกใช้ก๊าซธรรมชาติเพราะเห็นว่าเป็นพลังงานทดแทนและที่สำคัญราคาถูก”

ลักษณะที่ 1 ข้อ 0. ข้อมูลในแต่ละข้อต่อไปนี้ เป็นสิ่งที่สอดคล้องกับสถานการณ์ดังกล่าวหรือไม่

-✓ ก. มีพลังงานใหม่ๆ ถูกคิดค้นขึ้นอยู่เสมอ
-✗ ข. พลังงานบางประเภทสามารถหมดไปจากโลกได้
-✗ ค. ก๊าซธรรมชาติไม่มีประสิทธิภาพ
-✓ ง. พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นต่อทุกคนบนโลก

แนวการตอบคำถามข้อที่ 0.

- ก. ถูกต้อง เพราะ ระบุว่ามีการศึกษาและคิดค้นพลังงานในหลายรูปแบบ
- ข. ไม่ถูกต้อง เพราะ ไม่ได้ระบุถึงพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปว่าเป็นเช่นไร
- ค. ไม่ถูกต้อง เพราะ ไม่ได้ระบุถึงประสิทธิภาพของก๊าซธรรมชาติ รู้แค่เป็นพลังงานทดแทนและราคาถูก
- ง. ถูกต้อง เพราะ ระบุว่ามนุษย์อยู่ได้ด้วยการใช้พลังงานในการดำเนินชีวิต แสดงว่าพลังงานเป็นสิ่งจำเป็น

ลักษณะที่ 2 ข้อ 00. จากสถานการณ์ดังกล่าว ข้อใดต่อไปนี้ที่อาจเป็นเหตุผลให้คนตัดสินใจเลือกใช้ก๊าซธรรมชาติ

- Ⓐ ก. มีการส่งเสริมให้คนใช้พลังงานทดแทน
- ข. ก๊าซธรรมชาติมีราคาถูกกว่าน้ำมันเชื้อเพลิง
- ค. ก๊าซธรรมชาติยังไม่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน

เหตุผลในการตอบตัวเลือกข้างต้น.....น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปได้ ทำให้บางคนหันมาใช้พลังงานทดแทนต่างๆ เช่น ก๊าซธรรมชาติ

แนวการตอบคำถามข้อที่ 00.

- ก. ถูก เพราะ น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปได้ ทำให้บางคนหันมาใช้พลังงานทดแทนต่างๆ เช่น ก๊าซธรรมชาติ
- ข. ถูก เพราะ ก๊าซธรรมชาติสามารถใช้ได้เช่นเดียวกับน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อราคาถูกกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงบางคนจึงเลือกใช้
- ค. ผิด เพราะ การที่ก๊าซธรรมชาติไม่เป็นที่นิยมนั้นสวนทางกับการเป็นสาเหตุที่คนจะสนใจเลือกใช้

จงอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้และตอบคำถามในข้อ 6-7

ในขณะที่สถานภาพของ “กัญชา” ในไทยยังถือเป็นสิ่งเสพติดให้โทษ ซึ่งผู้เสพต้องระวางโทษปรับ และ/หรือ จำคุก ยกเว้นการนำมาใช้ในการศึกษาทางการแพทย์และวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องมีการขออนุญาตตามกฎหมาย แต่กลับมีกระแสการตี๋ม “น้ำปั่นกัญชาสด” ในต่างประเทศภายใต้ความเชื่อว่ ดีต่อสุขภาพร่างกายและจิตใจ เนื่องด้วยผลงานวิจัยหลายชิ้นของต่างประเทศ ระบุชัดเจนว่กัญชาทำหน้าท่ีเหมือน TP53 ซึ่งเป็นยีนที่คอยปกป้องเซลล์มะเร็งซึ่งมีอยู่ในตัวทุกคน แต่แทบไม่มีผลงานวิจัยของไทยที่รองรับเกี่ยวกับผลของกัญชาต่อเซลล์มะเร็งเลย นอกจากในตำรับยาของการแพทย์แผนไทยที่ระบุไว้ชัดเจนว่ สารพคุณของกัญชาช่วยลดความเครียด ช่วยให้อารมณ์ดี ลดความดันโลหิต ช่วยให้เจริญอาหาร และรักษาไข้ เป็นต้น

ข้อ 6. จากข้อความที่ว่ “น้ำปั่นกัญชาสด ดีต่อสุขภาพร่างกายและจิตใจ” นักเรียนคิดเห็นตรงกับข้อใดต่อไปนี้เกี่ยวกับข้อความดังกล่าว จงระบุเหตุผลประกอบ

- ก. คัดค้าน เนื่องจากกัญชาเป็นสิ่งเสพติดให้โทษ ผิดกฎหมายในไทย
- ข. ยืนยันว่ น้ำปั่นกัญชาสด ดีต่อสุขภาพร่างกายและจิตใจ
- ค. ไม่สามารถคัดค้านหรือยืนยันได้ เนื่องจากไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับน้ำปั่นกัญชาสด

เหตุผลในการตอบตัวเลือกข้างต้น.....

ข้อ 7. ข้อใดอาจจะเป็นสาเหตุที่ให้เกิดข้อความที่ว่ “แทบไม่มีผลงานวิจัยในไทยที่รองรับเกี่ยวกับผลของกัญชาต่อเซลล์มะเร็งเลย” จงระบุเหตุผลประกอบ

- ก. นักวิจัยในไทยที่ศึกษาเกี่ยวกับกัญชามีจำนวนน้อย
- ข. กัญชาเป็นสิ่งเสพติดที่ผิดกฎหมายในไทย
- ค. กฎหมายเพ่งอนุญาตให้ใช้กัญชาในการศึกษาวิจัย

เหตุผลในการตอบตัวเลือกข้างต้น.....

จงอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้และตอบคำถามในข้อ 12

ร้านเครื่องเขียนสองแห่งจัดโปรโมชั่นการขาย ดังนี้

<p style="text-align: center;">ร้านสีสด</p> <p style="text-align: center;">“จับคู่ถูกกว่า ชื่นแรกราคาปกติ ซื้อชิ้นที่สองจ่ายครึ่งราคา*”</p> <p style="text-align: center;">*เมื่อชิ้นที่สองราคาต่ำกว่าหรือเท่ากับชิ้นแรก</p>	<p style="text-align: center;">ร้านจตุสด</p> <p style="text-align: center;">“ของพรีเมียมจริง ซื้อ 3 ชิ้น แถมฟรี 1 ชิ้น*”</p> <p style="text-align: center;">*เมื่อชิ้นที่แถมราคาต่ำกว่าหรือเท่ากับชิ้นที่ซื้อ</p>
---	--

ข้อ 12. ถ้าสนใจต้องการซื้อปากกาแบบเดียวกันจำนวน 4 แท่ง ควรซื้อปากกาจากร้านใด เพราะเหตุใด

- ก. ร้านสีสด เนื่องจากราคาถูกกว่าร้านจตุสด
- ข. ร้านจตุสด เนื่องจากราคาถูกกว่าร้านสีสด
- ค. ได้ทั้งสองร้าน เพราะราคาเท่ากัน

เหตุผลในการตอบตัวเลือกข้างต้น.....

จงอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้และตอบคำถามในข้อ 15-16

จากประสบการณ์จริงของผู้แพ้งูที่บอกมาทำให้หลายคนเชื่อว่า “คนแพ้งูสามารถทานกุ้งได้ เมื่อกินยาแก้แพ้เข้าไปก่อน” แต่เว็บไซต์ของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งเขียนไว้ว่า “การทานยาแก้แพ้ก่อนทานกุ้งไม่สามารถทำให้อาการแพ้งูหายไปได้ เพียงบรรเทาอาการได้แค่เล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งอาจนำไปสู่การแพ้รุนแรงและเสียชีวิตได้” ในขณะที่บทสัมภาษณ์แพทย์เฉพาะทางโรคภูมิแพ้กล่าวว่า “คนที่แพ้งูแม่น้ำบางคนสามารถทานกุ้งได้ แต่จะเป็นส่วนน้อย ซึ่งต้องได้รับการตรวจอาการแพ้ อย่างละเอียดว่าแพ้งูทะเล กุ้งน้ำจืด แพ้อาหารทะเลทั้งหมด หรือแพ้เฉพาะสัตว์เปลือกแข็ง”

ข้อ 15. ข้อมูลแต่ละข้อต่อไปนี้ เป็นหรือไม่เป็นข้อเท็จจริงที่ได้จากสถานการณ์ดังกล่าว

-ก. ยาแก้แพ้ไม่มีผลต่อการระงับอาการแพ้งู
-ข. อาหารทะเลแต่ละชนิดมีสารที่ทำให้เกิดอาการแพ้แตกต่างกัน
-ค. การทานยาแก้แพ้เกินขนาดทำให้คนที่แพ้งูเสียชีวิตได้
-ง. ควรลองทานกุ้งทุกชนิดเพื่อหาสาเหตุว่าแพ้งูชนิดใด

ข้อ 16. จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าข้อมูลจากแหล่งใดมีความน่าเชื่อถือมากกว่ากัน
เกี่ยวกับการที่ผู้แพ้กึ่งสามารถทานกึ่งได้ จงระบุเหตุผลประกอบ

ก. ประสบการณ์จริงของผู้แพ้กึ่ง

ข. เว็บไซต์ของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง

ค. บทสัมภาษณ์แพทย์เฉพาะทาง

เหตุผลในการตอบตัวเลือกข้างต้น.....

.....

ตัวอย่างแนวการตอบคำถาม

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ฉบับก่อนเรียน)

แนวการตอบคำถามข้อที่ 6 (การนิรนัย)

ก. ผิด เพราะ การระบุว่ากัญชาเป็นสิ่งเสพติดให้โทษ ผิดกฎหมายในไทย ไม่ได้เกี่ยวข้องกับ
ผลของการดื่มน้ำปั่นกัญชาต่อสุขภาพร่างกายและจิตใจ

ข. ถูก เพราะ ในตำรับยาของการแพทย์แผนไทย ระบุไว้ชัดเจนว่า สรรพคุณของกัญชาช่วย
ลดความเครียด ช่วยให้อารมณ์ดี ลดความดันโลหิต ช่วยให้เจริญอาหาร และรักษาไข้ จึงอาจสรุปได้ว่า
น้ำปั่นกัญชาสดซึ่งมีกัญชาเป็นส่วนประกอบ ดีต่อสุขภาพร่างกายและจิตใจ

ค. ผิด เพราะ มีข้อมูลเกี่ยวกับสรรพคุณของกัญชาที่ระบุไว้ในตำรับยาแพทย์แผนไทย จึงอาจ
สรุปเกี่ยวกับน้ำปั่นกัญชาสดได้ เนื่องจากมีกัญชาเป็นส่วนประกอบ

แนวการตอบคำถามข้อที่ 7 (การระบุข้อตกลงเบื้องต้น)

ก. ถูก เพราะ การที่ผู้ศึกษาเกี่ยวกับกัญชามีน้อยทำให้มีผลงานวิจัยเกี่ยวกับกัญชาจำนวนน้อย

ข. ผิด เพราะ กฎหมายอนุญาตให้ใช้กัญชาในการศึกษาทางการแพทย์และวิทยาศาสตร์ แต่
ต้องมีการขออนุญาตตามกฎหมายก่อน

ค. ถูก เพราะ ถึงแม้จะมีการอนุญาตให้ใช้กัญชาในการศึกษาวิจัยที่เป็นประโยชน์ แต่เพิ่ง
อนุญาตได้ไม่นานการศึกษาเกี่ยวกับกัญชาจึงยังไม่แพร่หลาย

แนวการตอบคำถามข้อที่ 12 (การอุปนัย)

- ก. ผิด เพราะ ทั้งสองร้านมีราคาเท่ากัน
- ข. ผิด เพราะ ทั้งสองร้านมีราคาเท่ากัน
- ค. ถูก เพราะ การซื้อของที่ราคาเท่ากันทั้ง 4 ชิ้นทำให้ทั้งสองร้านจะต้องจ่ายค่าปากกาสองชิ้นแรกในราคาเต็มเหมือนกัน ส่วนชิ้นที่ 3 และ 4 ของร้านสี่สดีจะจ่ายครึ่งราคา จึงมีค่าเท่ากับ ราคาเต็มของปากกาชิ้นที่ 3 ในร้านจตชัดเจน ดังนั้น ทั้งสองร้านจึงมีราคาเท่ากัน

แนวการตอบคำถามข้อที่ 15 (การทำความเข้าใจ)

- ก. เป็น เพราะ มีการระบุว่า ยาแก้แพ้ไม่สามารถทำให้อาการแพ้ภัยหายไปได้ แคลดอาการแพ้
- ข. เป็น เพราะ เป็นการตีความขาดข้อความที่ระบุว่าคนที่แพ้ต้องได้รับการตรวจอาการแพ้ อย่างละเอียดว่าแพ้กุ้งหรืออาหารทะเลชนิดใด แสดงว่าอาหารทะเลแต่ละชนิดมีสารที่ส่งผลให้เกิดการแพ้ต่างกัน
- ค. ไม่เป็น เพราะ ไม่ได้ระบุเกี่ยวกับการเสียชีวิตจากการทานยาแก้แพ้เกินขนาด
- ง. ไม่เป็น เพราะ แม้ว่าผู้ที่แพ้จำเป็นต้องทราบว่าตนเองแพ้กุ้งชนิดใด แต่ต้องเป็นการตรวจอาการแพ้อย่างละเอียดจากแพทย์ ไม่ใช่การทดลองกินกุ้งหลายชนิดด้วยตนเองเพื่อให้ทราบสาเหตุ

แนวการตอบคำถามข้อที่ 16 (การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต)

- ก. ผิด เพราะ ประสบการณ์อาจเป็นสิ่งที่ไม่ถูกต้อง และอาจเกิดอันตรายได้ จึงไม่น่าเชื่อถือ
- ข. ผิด เพราะ เว็บไซต์ของโรงพยาบาลไม่ได้ระบุเกี่ยวกับผู้แพ้กุ้งสามารถทานกุ้งได้เลย มีเพียงการแนะนำว่าไม่ควรทานยาแก้แพ้เพื่อลองทานกุ้ง
- ค. ถูก เพราะ แพทย์ระบุว่าผู้แพ้กุ้งสามารถทานกุ้งบางชนิดได้ แต่ต้องได้รับการตรวจและยืนยันอาการแพ้จากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญก่อน

ตัวอย่าง แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ฉบับหลังเรียน)

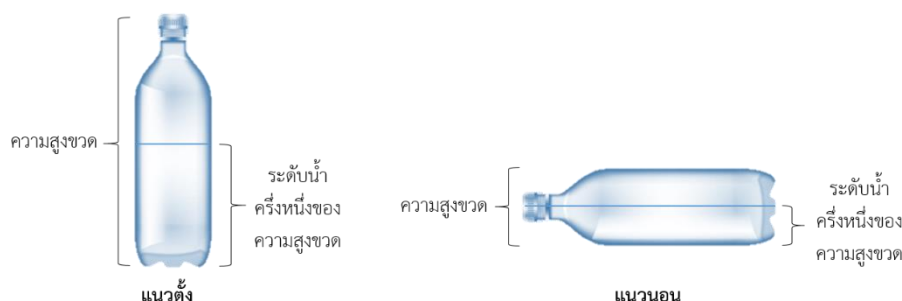
ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นข้อสอบแบบปรนัย มีทั้งหมด 30 ข้อ (14 หน้า)
ข้อละ 1 คะแนน และเวลาในการทำแบบวัด 60 นาที
2. ให้นักเรียนอ่านข้อความ หรือสถานการณ์ ที่กำหนดแล้วตอบคำถาม แบ่งเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้
ลักษณะที่ 1 เป็นข้อสอบประเภท ถูก-ผิด ซึ่งในแต่ละข้อจะมีข้อความตอบ 4-5 ข้อ โดยให้นักเรียนทำเครื่องหมายถูก (✓) หน้าข้อที่สอดคล้องกับสถานการณ์และคำถาม หรือกากบาท (X) หน้าข้อที่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์และคำถาม
ลักษณะที่ 2 เป็นข้อสอบประเภทเลือกตอบและตอบสั้น ซึ่งแต่ละข้อจะมีตัวเลือกทั้งหมด 3 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่เหมาะสมเพียง 1 ตัวเลือก พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น
3. หากมีข้อสงสัยเกี่ยวกับข้อสอบให้นักเรียนยกมือเพื่อสอบถามผู้คุมสอบ

จงอ่านข้อความต่อไปนี้และตอบคำถามในข้อ 10-11

“ขวดน้ำดื่มมีขนาด 600 มิลลิลิตร มีความสูงจากก้นขวดถึงฝาขวด 24 เซนติเมตร บรรจุน้ำดื่มโดยมีระดับน้ำอยู่ที่ 12 เซนติเมตร ซึ่งเป็นครึ่งหนึ่งของความสูงขวดพอดี” จากข้อมูลข้างต้น หากนายศิลา กล่าวว่า “ถ้าวางขวดน้ำในแนวนอน จะทำให้ระดับน้ำเป็นครึ่งหนึ่งของความสูงขวด” ดังรูป



ข้อ 10. นักเรียนคิดเห็นตรงกับข้อใดต่อไปนี้เกี่ยวกับคำกล่าวของศิลา จงระบุเหตุผลประกอบ

- ก. คำกล่าวของศิลาไม่ถูกต้อง ระดับน้ำจะต้องต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของความสูงขวด
- ข. คำกล่าวของศิลาไม่ถูกต้อง ระดับน้ำจะต้องสูงกว่าครึ่งหนึ่งของความสูงขวด
- ค. คำกล่าวของศิลาถูกต้องแล้วที่ว่าระดับน้ำจะต้องเป็นครึ่งหนึ่งของความสูงขวด

เหตุผลในการตอบตัวเลือกข้างต้น.....

ข้อ 11. หากมีการเปลี่ยนลักษณะของขวด โดยยังทำให้ข้อความที่ว่า “ถ้าวางขวดน้ำในแนวนอน จะทำให้ระดับน้ำเป็นครึ่งหนึ่งของความสูงขวด” เป็นจริง ขวดควรมีลักษณะอย่างไร จงระบุเหตุผลประกอบ

- ก. ขวดน้ำจะต้องมีความเว้าหรือนูนในด้านหนึ่งของขวด
- ข. ขวดน้ำจะต้องมีขนาดใหญ่กว่าปกติ เช่น แกลลอนน้ำดื่ม 6 ลิตร
- ค. ขวดน้ำจะต้องมีลักษณะเดียวกับกล่องนมหรือกระป๋องน้ำอัดลม

เหตุผลในการตอบตัวเลือกข้างต้น.....

จงอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้และตอบคำถามในข้อ 12

การตั้งชื่อซอยส่วนใหญ่มักตั้งตามชื่อถนนพร้อมด้วยหมายเลขต่อท้าย ซึ่งจะแบ่งตัวเลขออกเป็นสองฝั่งถนนตามการขับรถเข้าหรือออกจากตัวเมือง นั่นคือ ซอยเลขคี่จะอยู่ทางฝั่งขวาออกจากตัวเมือง และเลขคู่จะอยู่ทางฝั่งซ้ายเข้าตัวเมือง ถ้า เอ บี ซี และดี เป็นนักเรียนโรงเรียนสุขใจที่ตั้งอยู่ในซอยสุขสมหวัง2 โดยบ้านของเออยู่ซอยสุขสมหวัง11 บ้านของบีอยู่ซอยสุขสมหวัง16 บ้านของซีอยู่ซอยสุขสมหวัง22 และบ้านของดีอยู่ซอยสุขสมหวัง27 ซึ่งทุกคนเดินทางออกจากบ้านมาโรงเรียนเวลาเดียวกันด้วยวิธีเดียวกัน

ข้อ 12. จากสถานการณ์ ถ้าเด็กคนหนึ่งที่มาถึงโรงเรียนคนแรกในทุกวันกล่าวว่า “เรามาถึงเร็วเพราะไม่ต้องรอกลับรถที่แยกไฟแดง” นักเรียนคนใดเป็นผู้พูดประโยคดังกล่าว จงระบุเหตุผลประกอบ

- ก. เอเป็นคนพูด
- ข. บีเป็นคนพูด
- ค. ซีเป็นคนพูด

เหตุผลในการตอบตัวเลือกข้างต้น.....

จงอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้และตอบคำถามในข้อ 18

ป่าเขตร้อนถือเป็นโอเอซิสหลักที่สำคัญหรือปอดของโลกมาอย่างยาวนาน เป็นพื้นที่สำคัญในการดูดซับก๊าซเรือนกระจกจากชั้นบรรยากาศ ในทางตรงข้ามป่าเหล่านั้นอาจเป็นแหล่งปล่อยมลพิษกลับมาสู่อากาศด้วยการเกิดภัยธรรมชาติไม่ว่าจะเป็นภัยแล้ง หรือไฟป่า ซึ่งถือเป็นเรื่องปกติ แต่ในปัจจุบันภัยดังกล่าวทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยมีสาเหตุหลักเกิดจากฝีมือมนุษย์เอง โดยเฉพาะการเข้าไปตัดไม้ทำลายป่า เพื่อเพิ่มพื้นที่เกษตรกรรมหรือปศุสัตว์ ทำให้ป่าเขตร้อนที่เคยเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนชั้นดีเริ่มอ่อนแอและเสื่อมถอยลงเรื่อยๆ จนไม่สามารถทำหน้าที่ได้สมบูรณ์ดังเดิม

ข้อ 18. ข้อมูลแต่ละข้อต่อไปนี้ **เป็นหรือไม่เป็น**ข้อเท็จจริงที่ได้จากสถานการณ์

-ก. ป่าเขตร้อนเป็นพื้นที่สำคัญที่ผลิตอากาศบริสุทธิ์ให้โลก
-ข. ภัยแล้ง หรือไฟป่า ในป่าเขตร้อนรุนแรงมากขึ้น
-ค. ปัจจุบันมนุษย์หันมาทำอาชีพเกษตรกรรมมากขึ้น
-ง. ภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นในป่าเขตร้อนส่งผลกระทบต่อคนพื้นที่นั้น
-จ. ปัจจุบันป่าเขตร้อนดูดซับก๊าซเรือนกระจกได้น้อยลงกว่าเดิม

จงอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้และตอบคำถามในข้อ 27

หลังจากการตายของลูกพะยูนกำพร้าแม่ตัวหนึ่ง ที่มีมนุษย์เป็นแม่แทนมถูกเลี้ยงดูโดยกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (ทช.) ได้มีนักวิชาการจำนวนหนึ่งออกมากล่าวในทิศทางเดียวกันว่า “สาเหตุการตายของสัตว์ทะเลมาจากผลกระทบของภาวะโลกร้อนทำให้อุณหภูมิของน้ำทะเลสูงขึ้น สภาพแวดล้อมในการอยู่อาศัยของสัตว์จึงเปลี่ยนไปจากเดิมทำให้สัตว์ทะเลหลายชนิดไม่สามารถอาศัยอยู่ได้” ในขณะที่เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลกล่าวว่า “ผลการชันสูตรเจอขยะหลายชิ้นในท้องของลูกพะยูน จึงอาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ลูกพะยูนตาย”

ข้อ 27. จากสถานการณ์ ข้อมูลจากใครมีความน่าเชื่อถือมากกว่ากันเกี่ยวกับสาเหตุการตายของมาเรียม จระเข้ประจวบ

- ก. นักวิชาการ
- ข. เจ้าหน้าที่ผู้ดูแล
- ค. มีความน่าเชื่อถือเท่ากัน

เหตุผลในการตอบตัวเลือกข้างต้น.....

.....

ตัวอย่างแนวการตอบคำถาม

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ฉบับหลังเรียน)

แนวการตอบคำถามข้อที่ 10 (การนิรนัย)

ก. ผิด เนื่องจากระดับน้ำจะต้องสูงกว่าครึ่งหนึ่งของความสูงขวด

ข. ถูก เพราะ ขณะขวดอยู่ในแนวตั้งส่วนบนของขวดมีความเว้ามากกว่าส่วนล่าง ดังนั้นในระดับความสูงที่เท่ากันปริมาณน้ำในส่วนล่างจึงมีมากกว่าครึ่งหนึ่งของขวด เมื่อขวดอยู่ในแนวนอนจะเห็นว่าขวดมีความเว้าเท่ากันทั้งส่วนบนและส่วนล่าง ปริมาณน้ำที่มีมากกว่าครึ่งหนึ่งอยู่แล้วในขณะที่วางในแนวนอนจึงสูงเกินความสูงครึ่งหนึ่งของขวด

ค. ผิด เนื่องจากระดับน้ำจะต้องสูงกว่าครึ่งหนึ่งของความสูงขวด

แนวการตอบคำถามข้อที่ 11 (การระบุข้อตกลงเบื้องต้น)

ก. ผิด เพราะ การที่ขวดมีความเว้าหรือมนในด้านหนึ่งของขวดแสดงว่าขวดจะไม่สมมาตรในแนวตั้งหรือแนวนอน ปริมาณน้ำที่บรรจุในขวดจึงไม่ใช่ครึ่งหนึ่ง เมื่อเปลี่ยนทิศทางการวางขวดทำให้ระดับน้ำไม่อยู่ที่ครึ่งหนึ่งของขวดเช่นกัน

ข. ผิด เพราะ ไม่เกี่ยวข้องกับขนาดของภาชนะที่บรรจุน้ำแต่อาจทำให้สังเกตเห็นระดับน้ำที่แสดงได้ชัดขึ้น

ค. ถูก เพราะ ลักษณะของกลองนมกระกระป๋องมีความสมมาตรทั้งแนวนอนและแนวตั้ง แสดงว่าเมื่อระดับน้ำอยู่ที่ครึ่งขวด ปริมาณน้ำก็จะมีครึ่งหนึ่งของขวดเช่นกัน เมื่อเปลี่ยนทิศทางการวางระดับน้ำก็จะยังอยู่ที่ครึ่งหนึ่งของขวดเช่นเดิมเนื่องจากขวดสมมาตรทั้งในแนวตั้งและแนวนอน

แนวการตอบคำถามข้อที่ 12 (การอุปนัย)

ก. ผิด เพราะ บ้านเออยู่ซอยฝั่งเลขคี่ ซึ่งเป็นฝั่งตรงข้ามกับโรงเรียนจึงต้องกลับรถเพื่อมาโรงเรียน

ข. ถูก เพราะ บ้านบีอยู่ซอยฝั่งเลขคู่ ซึ่งเป็นฝั่งเดียวกับโรงเรียนจึงไม่ต้องกลับรถ

ค. ผิด เพราะ แม้ว่าซีบ้านซีอยู่ซอยฝั่งเลขคู่ ซึ่งเป็นฝั่งเดียวกับโรงเรียน แต่บ้านเออยู่ใกล้กับโรงเรียนมากกว่า เมื่อเดินทางออกจากบ้านเวลาเดียวกัน เอ จึงถึงโรงเรียนเป็นคนแรกเสมอ

แนวการตอบคำถามข้อที่ 18 (การทำความเข้าใจ)

ก. ไม่เป็น เพราะ ป่าไม้เขตร้อนเป็นพื้นที่สำคัญในการดูดซับก๊าซเรือนกระจกจากชั้นบรรยากาศ

ข. เป็น เพราะ ระบุว่าภัยดังกล่าวทวีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งภัยที่ว่าเป็นภัยธรรมชาติ เช่น ภัยแล้ง หรือไฟป่า

ค. เป็น เพราะ ไม่ได้ระบุไว้ในสถานการณ์ ระบุเพียงมีการตัดไม้ทำลายป่า เพื่อเพิ่มพื้นที่เกษตรกรรม

ง. ไม่เป็น เพราะ ระบุเพียงแค่ภัยธรรมชาติที่รุนแรงขึ้น ส่งผลทำให้พื้นที่ป่าเสื่อมถอยลง

จ. เป็น เพราะ ภัยธรรมชาติที่รุนแรงขึ้นในปัจจุบัน ส่งผลทำให้พื้นที่ป่าเสื่อมถอยลงจึงดูดซับก๊าซเรือนกระจกได้น้อยลง

แนวการตอบคำถามข้อที่ 27 (การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต)

ก. ผิด เพราะ เป็นการกล่าวถึงสาเหตุการตายของสัตว์ทะเลในภาพรวม ไม่ได้หมายถึงลูกพญานโดยตรง

ข. ถูก เพราะ เป็นผลชันสูตรของลูกพญานโดยตรงที่มาจากผู้เชี่ยวชาญจึงมีความน่าเชื่อถือมากกว่า

ค. ผิด เพราะ คำกล่าวของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลน่าเชื่อถือมากกว่านักวิชาการ



แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2

สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รายวิชา คณิตศาสตร์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
 วันที่สอน..... เวลา..... ระยะเวลา 50 นาที
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้ง เรื่อง มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้ง

ผลการเรียนรู้

นักเรียนสามารถนำทฤษฎีบทหรือสมบัติของวงกลมที่เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมไปใช้ในการให้เหตุผลแก้ปัญหาที่กำหนดให้ได้

1. สาระสำคัญ

ในวงกลมเดียวกัน มุมที่จุดศูนย์กลางจะมีขนาดเป็นสองเท่าของขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

2.1 ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์: นักเรียนสามารถ

- 2.1.1 ระบุทฤษฎีบทหรือสมบัติเกี่ยวกับวงกลมได้
- 2.1.2 อธิบายแนวทางการพิสูจน์ทฤษฎีบทมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมได้

2.2 ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: นักเรียนสามารถ

- 2.2.1 เชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทและสมบัติเกี่ยวกับวงกลมในการแก้ปัญหาที่กำหนดให้
- 2.2.2 ใช้ภาษา สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายและนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาได้

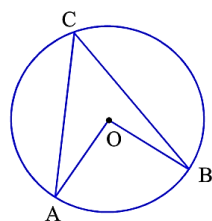
2.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์: นักเรียน

- 2.3.1 มีส่วนร่วมและอภิปรายในชั้นเรียน
- 2.3.2 มีความละเอียดรอบคอบในการทำงาน
- 2.3.3 มีความรับผิดชอบในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย

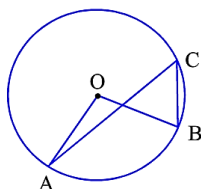
3. สาระการเรียนรู้

ทฤษฎีบท ในวงกลมเดียวกัน มุมที่จุดศูนย์กลางจะมีขนาดเป็นสองเท่าของขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน

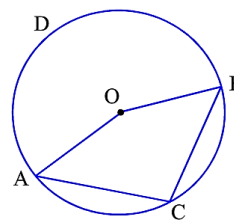
กรณีของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่มีลักษณะ ดังรูป ก ข และ ค



รูป ก



รูป ข

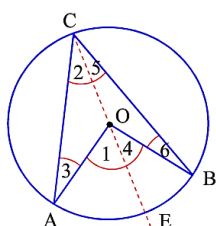


รูป ค

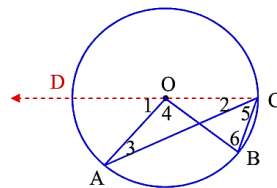
การพิสูจน์ทฤษฎีบท

กำหนดให้ O เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมมี \widehat{AOB} เป็นมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม และ \widehat{ACB} เป็นมุมในส่วนโค้ง ร่องรับด้วยส่วนโค้ง AB ต้องการพิสูจน์ว่า $\widehat{AOB} = 2(\widehat{ACB})$

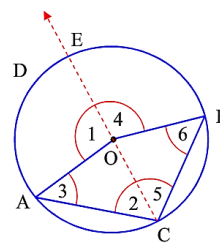
พิสูจน์ ลาก \overline{CE} ผ่านจุด O



รูป ก



รูป ข



รูป ค

จะได้

ข้อความ	เหตุผล
1. $AO = CO$	1. รัศมีของวงกลมเดียวกันยาวเท่ากัน
2. $\widehat{CAO} = \widehat{ACO}$	2. มุมที่ฐานของรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วมีขนาดเท่ากัน
3. $\widehat{DOA} = \widehat{CAO} + \widehat{ACO}$	3. มุมภายนอกของรูปสามเหลี่ยมจะมีขนาดเท่ากับผลบวกของมุมภายในที่ไม่ใช่มุมประชิด
4. $\widehat{DOA} = 2(\widehat{ACO})$	4. แทน \widehat{CAO} ด้วย \widehat{ACO}
5. $\widehat{DOB} = 2(\widehat{BCO})$	5. ทำนองเดียวกับข้อ 4
6. $\widehat{DOA} + \widehat{DOB} = 2(\widehat{ACO}) + 2(\widehat{BCO})$	6. จากข้อ 4 ข้อ 5 และสมบัติการเท่ากัน
7. ดังนั้น $\widehat{AOB} = 2(\widehat{ACO} + \widehat{BCO})$ $= 2(\widehat{ACB})$	7. จากข้อ 6 และสมบัติการแจกแจง

โจทย์การประยุกต์ใช้ทฤษฎีบท

จากรูปที่กำหนดให้ในแต่ละข้อต่อไปนี้ จงหาค่า x และ y โดยกำหนดให้ O เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม

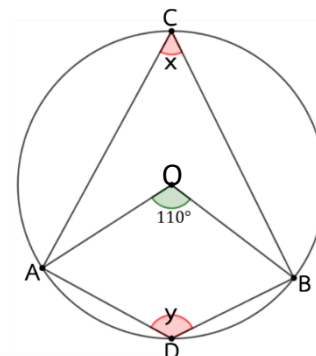
ตัวอย่างที่ 1

จากทฤษฎีบท จะได้ว่า $x = 55^\circ$

เนื่องจาก $\widehat{AOB} = 110^\circ$

จะได้ว่า $\widehat{BOA} = 250^\circ$

ดังนั้น $y = 125^\circ$

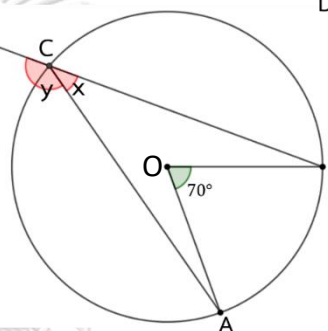


ตัวอย่างที่ 2

จากทฤษฎีบท จะได้ว่า $x = 35^\circ$

เนื่องจาก $\widehat{BCD} = 180^\circ$

ดังนั้น $y = 145^\circ$



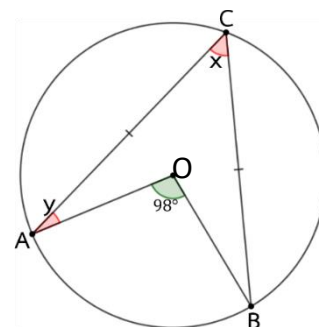
ตัวอย่างที่ 3

จากทฤษฎีบท จะได้ว่า $x = 49^\circ$

เนื่องจาก $\widehat{AC} = \widehat{BC}$ เมื่อลาก CO

จะได้ว่า $y = x/2$

ดังนั้น $y = 24.5^\circ$



ตัวอย่างที่ 4

เนื่องจาก $\widehat{CBO} = \widehat{BCO} = 35^\circ$

และ $\widehat{COB} = \widehat{OBC} = \widehat{BCO} = 180^\circ$

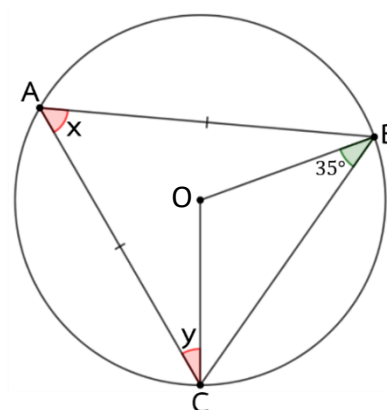
ดังนั้น $\widehat{COB} = 110^\circ$

จากทฤษฎีบท จะได้ว่า $x = 55^\circ$

เนื่องจาก $\widehat{BCA} + \widehat{ABC} + \widehat{CAB} = 180^\circ$

จะได้ $\widehat{BCA} = \widehat{ABC} = 62.5^\circ$

ดังนั้น $y = 55^\circ$

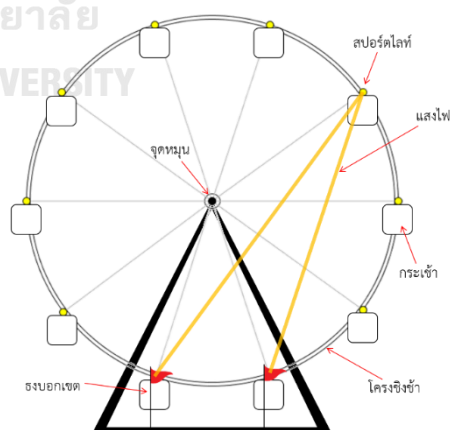


4. กิจกรรมการเรียนรู้

ระยะที่ 1 การกำหนดประเด็น

1. ผู้สอนทบทวนความรู้ให้นักเรียน โดยการที่ผู้สอนติดบัตรคำเกี่ยวกับส่วนประกอบต่างๆ ของวงกลมบนกระดาน ได้แก่ วงกลม รัศมีของวงกลม คอร์ด เส้นตัดวงกลม เส้นสัมผัสวงกลม มุมที่จุดศูนย์กลาง มุมในส่วนโค้ง มุมในครึ่งวงกลม จากนั้นผู้สอนจะอ่านคำนิยามของส่วนประกอบของวงกลมเหล่านั้น โดยนักเรียนเลือกบัตรคำที่สอดคล้องกับคำนิยามที่ผู้สอนอ่าน หากนักเรียนตอบผิดผู้สอนจะอธิบายเพื่อให้นักเรียนเข้าใจและมีความรู้พื้นฐานพอที่จะทำกิจกรรม
2. ผู้สอนชวนนักเรียนพูดคุยเกี่ยวกับส่วนต่างๆ ของวงกลมที่เกี่ยวกับสถานการณ์ที่จะเรียนรู้ ได้แก่ ความหมายของมุมที่จุดศูนย์กลาง มุมในส่วนโค้งของวงกลม เพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญและเกิดความสนใจอยากเรียนรู้
3. ผู้สอนใช้คำถามเพื่อพูดคุยเกี่ยวกับ ชิงช้าสวรรค์ ที่นักเรียนเคยพบเห็น เช่น รู้จักชิงช้าสวรรค์ไหม เคยนั่งชิงช้าสวรรค์หรือไม่ มีลักษณะอย่างไร ประกอบด้วยอะไรบ้าง จะนั่งได้อย่างไร
4. ผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ “ชิงช้าสวรรค์” แก่นักเรียน ดังนี้

สถานการณ์: ชิงช้าสวรรค์ประกอบด้วยกระเช้าที่มีระยะห่างระหว่างแต่ละตัวเท่ากัน เคลื่อนที่ไปตามโครงลักษณะเป็นวงกลม ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาโดยกระเช้าแต่ละตัวจะมีไฟสปอร์ตไลท์ติดอยู่บริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างกระเช้ากับโครงของชิงช้าสวรรค์ และแสงไฟนั้นจะส่องไปทำมุมกับธงบอกเขตขึ้น-ลงที่มีปลายธงตรงกับจุดเชื่อมต่อกระเช้าของกระเช้าทั้ง 2 ตัวอยู่เสมอ เพื่อให้ความสว่างขณะที่มีการขึ้น-ลง ดังรูป



5. นักเรียนสังเกตคำสำคัญของข้อมูลในสถานการณ์ ระบุสิ่งที่เกี่ยวข้องและพิจารณาประเด็นต่างๆ ที่น่าสนใจเกี่ยวกับสถานการณ์ เพื่อกำหนดปัญหาสืบสอบในการเรียนรู้ต่อไป
6. ถ้านักเรียนไม่สามารถกำหนดประเด็นสืบสอบได้เอง ผู้สอนอาจให้ตัวเลือกของประเด็นต่างๆ และให้นักเรียนพิจารณาต่อว่าตัวเลือกใดเหมาะสมกับการเป็นประเด็นในการสืบสอบ

ประเด็นสืบสอบ: เมื่อกระแสไฟฟ้าเคลื่อนไปในตำแหน่งอื่น แสงไฟสปอร์ตไลท์ของกระแสไฟฟ้าจะทำมุมระหว่างรังสีทั้งสองที่บอกเขตขึ้น-ลง เปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ และมีขนาดของมุมเป็นเท่าใด

ระยะที่ 2 การสร้างแนวคิดเพื่อสร้างข้อความคาดการณ์

1. ผู้สอนให้นักเรียนสร้างคำถามหรือข้อความคาดการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ ผ่านการสื่อสารร่วมกันในชั้นเรียน เพื่อเป็นแนวทางในการได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องนำไปใช้หาคำตอบจากประเด็น สืบสอบนี้

คำถามที่ต้องการ เช่น สถานการณ์ให้ข้อมูลอะไรบ้าง ข้อมูลใดจากสถานการณ์จะสามารถใช้หาคำตอบได้ ข้อมูลเหล่านั้นให้ความรู้อะไร ข้อมูลที่มีอยู่เพียงพอแล้วหรือไม่ มีข้อมูลใดที่ต้องการเพิ่มเติม และจะหาได้จากส่วนใดในสถานการณ์ กระแสไฟฟ้าแต่ละตัวห่างกันเท่าไร ระยะห่างระหว่างจุดหมุนกับกระแสไฟฟ้าเป็นเท่าไร

คำถามที่นักเรียนอาจสร้างได้ เช่น กระแสไฟฟ้ากี่ตัว จึงข้ามีขนาดเท่าไร โคจรของขึงซ้ายยาวเท่าไร กระแสไฟฟ้าเกี่ยวข้องกับประเด็นไหม จุดหมุนเกี่ยวข้องกับไหม

ในกรณีคำถามที่ได้ ยังไม่เกี่ยวข้องหรือใกล้เคียงกับคำถามที่ต้องการผู้สอนอาจใช้คำถามต่อยอดจากคำถามเดิมที่นักเรียนสร้างขึ้น เช่น ถ้ารู้ว่กระแสไฟฟ้ากี่ตัวจะนำข้อมูลไปทำอย่างไรต่อ การจะหาขนาดได้ต้องมีข้อมูลใดเพิ่มเติม

2. ในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถสร้างคำถามและข้อความคาดการณ์ได้เอง ผู้สอนควรยกตัวอย่างคำถามในการให้นักเรียนสามารถสร้างข้อความคาดการณ์ได้ เพื่อเป็นแนวทางแก่นักเรียน

ข้อความคาดการณ์ที่ต้องการ คือ ในตำแหน่งที่ต่างกันแสงไฟจะทำมุมระหว่างรังสีทั้งสองมีขนาดเท่าเดิม และขนาดของมุมควรเป็นครึ่งหนึ่ง หรือเล็กกว่า หรือมีความสัมพันธ์กับมุมที่จุดหมุน

ถ้านักเรียนสร้างข้อความคาดการณ์อื่นที่ไม่เกี่ยวข้องหรือแตกต่างไปจากที่ต้องการ เช่น มุมระหว่างรังสีมีขนาดไม่เท่าเดิม ขนาดของมุมควรใหญ่กว่าขนาดของมุมที่จุดหมุน ผู้สอนควรให้นักเรียนทำกิจกรรมสำรวจจากกระดานตะปูวงกลม โดยให้นักเรียนใช้ยางยืดแทนแสงไฟและสำรวจขนาดของมุมผ่านการวัดด้วยไม้ครึ่งวงกลม เมื่อยางยืดเปลี่ยนตำแหน่งไปตามจุดต่างๆ จากนั้นสร้างข้อความคาดการณ์อีกครั้ง

3. ผู้สอนคอยกระตุ้นให้เกิดบรรยากาศของการสื่อสารพูดคุยในห้องเรียน การแนะนำให้นักเรียนเกิดการสร้างคำถามที่เหมาะสม ทบทวนความรู้และสนับสนุนสื่อหรือแหล่งเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต่อการสร้างข้อความคาดการณ์ของนักเรียน

ระยะที่ 3 การตรวจสอบข้อความคาดการณ์

1. นักเรียนทำกิจกรรม “ชิงช้าสวรรค์” เป็นรายกลุ่ม รายคู่ หรือรายบุคคลผ่านการสื่อสารกันในชั้นเรียน โดยสังเกตลักษณะย่อยของข้อความคาดการณ์ ตัวอย่างที่สอดคล้องกับข้อความคาดการณ์
2. รวบรวมข้อมูลหรือหาความรู้ทางคณิตศาสตร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะย่อยนั้น เพื่อระบุและเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ในการอธิบายแนวทางย่อยของการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ของตนเองอย่างมีเหตุผล
3. นักเรียนรวบรวมและเรียบเรียงแนวทางในการตรวจสอบข้อความคาดการณ์อย่างเป็นระบบ เพื่อยืนยันข้อความคาดการณ์ที่ได้กำหนดไว้ และบันทึกใบกิจกรรม “ชิงช้าสวรรค์”
4. ในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถตรวจสอบข้อความคาดการณ์ได้เอง ผู้สอนให้นักเรียนสุมเปิดบัตรคำใบ้ทีละคำ (จุดหมุนชิงช้า, รัศมี, ระยะห่างระหว่างธง, รูปสามเหลี่ยม, ส่วนโค้ง, วงกลม 1 หน่วย, มุมภายนอกรูปสามเหลี่ยม) และนักเรียนพิจารณาว่าบัตรคำใบ้นั้นให้ความรู้อะไรบ้าง และจะนำความรู้ใดเกี่ยวกับคำใบ้ไปใช้ในการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ได้สำเร็จ
5. ผู้สอนสนับสนุนข้อมูลที่จำเป็นในการสำรวจ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ที่เพียงพอต่อการสืบสอบ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล ความรู้ ความคิดเห็นระหว่างกัน

ระยะที่ 4 การสรุป

1. ผู้สอนสุ่มเลือกนักเรียนในการนำเสนอวิธีการในการใช้หาคำตอบของตนเอง และยืนยันข้อความคาดการณ์ที่กำหนด รวมทั้งรับฟังการนำเสนอของผู้อื่น
2. ผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้และกระบวนการต่างๆ รวมทั้งแนวทางในการพิสูจน์ความรู้หรือข้อเท็จจริงที่ได้ในการสืบสอบ
3. ผู้สอนทบทวนความรู้ที่ใช้ในการสืบสอบและกระตุ้นให้นักเรียนสรุปแนวทางในการพิสูจน์ความรู้หรือข้อเท็จจริงที่ได้ในการสืบสอบอย่างมีเหตุผล และผู้สอนเสนอการเขียนการพิสูจน์แบบเป็นทางการ

ระยะที่ 5 การอภิปราย

1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายเปรียบเทียบ สะท้อนการเรียนรู้ในวิธีการที่ใช้หาคำตอบของตนเอง และวิธีการของผู้อื่น รวมถึงนำเสนอการปรับปรุงวิธีการหาคำตอบให้ดียิ่งขึ้น
2. ผู้สอนร่วมให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นักเรียน โดยการให้ข้อเสนอแนะหรือให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินการของนักเรียน ในกรณีที่การอภิปรายของนักเรียนไม่ครบถ้วน

3. ผู้สอนให้นักเรียนทำโจทย์ (ตัวอย่างที่ 1–4) เพื่อใช้ทฤษฎีบท “ในวงกลมเดียวกัน มุมที่จุดศูนย์กลางจะมีขนาดเป็นสองเท่าของขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลม ที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน”
4. ผู้สอนเฉลยบนกระดานโดยทั้งผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการในการหาคำตอบและความรู้ที่นำมาประยุกต์ใช้ในแต่ละข้อร่วมกับทฤษฎีบท จากนั้นมอบหมายงานให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในหนังสือเรียน และให้นักเรียนนำเสนอในครั้งถัดไป

สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

- 5.1 หนังสือเรียนและคู่มือครูรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
- 5.2 ใบกิจกรรม “ชิงช้าสวรรค์”
- 5.3 บัตรคำใบ้ในการสำรวจ
- 5.4 กระดานตะปูวงกลม
- 5.5 ไม้ครึ่งวงกลม



6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์การประเมิน	ผลการประเมิน
ด้านความรู้				
ระบุทฤษฎีบทหรือสมบัติเกี่ยวกับวงกลมได้	สังเกตจากการตอบคำถาม	แบบประเมินพฤติกรรม	นักเรียนร้อยละ 70 ของทั้งหมดสามารถระบุทฤษฎีบทหรือสมบัติได้ ถือว่าผ่าน	
อธิบายแนวทางการพิสูจน์ทฤษฎีบทมุมในครึ่งวงกลมและมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมได้	ทำใบกิจกรรม	ใบกิจกรรม	นักเรียนร้อยละ 70 ของทั้งหมดสามารถอธิบายได้ ถือว่าผ่าน	
ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์				
เชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทและสมบัติเกี่ยวกับวงกลมในการแก้ปัญหาที่กำหนดให้	สังเกตจากการตอบคำถาม	แบบประเมินพฤติกรรม	นักเรียนร้อยละ 70 ของทั้งหมดสามารถเชื่อมโยงความรู้ได้ ถือว่าผ่าน	
ใช้ภาษา สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการอธิบาย และนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาได้	ทำใบกิจกรรม ทำแบบฝึกหัด	ใบกิจกรรม แบบฝึกหัด	นักเรียนร้อยละ 70 ของทั้งหมดสามารถทำได้ ถือว่าผ่าน	
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์				
มีส่วนร่วมและอภิปรายในชั้นเรียน	สังเกตจากการตอบคำถาม	แบบประเมินพฤติกรรม	นักเรียนร้อยละ 80 ของทั้งหมดมีส่วนร่วมถือว่าผ่าน	
มีความละเอียดรอบคอบในการทำงาน	ทำใบกิจกรรม ทำแบบฝึกหัด	ใบกิจกรรม แบบฝึกหัด	นักเรียนร้อยละ 80 ของทั้งหมดสามารถทำได้ ถือว่าผ่าน	
มีความรับผิดชอบในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย	ทำใบกิจกรรม ทำแบบฝึกหัด	ใบกิจกรรม แบบฝึกหัด	นักเรียนร้อยละ 80 ของทั้งหมดส่งงานถือว่าผ่าน	

แบบประเมินพฤติกรรมนักเรียน

วิชา..... รหัสวิชา..... ระดับชั้น..... ภาคเรียนที่.....ปีการศึกษา.....

ระดับคะแนน

5 คะแนน	หมายถึง	นักเรียนสามารถปฏิบัติได้มากกว่า 80%
4 คะแนน	หมายถึง	นักเรียนสามารถปฏิบัติได้ 71%–80%
3 คะแนน	หมายถึง	นักเรียนสามารถปฏิบัติได้ 61%–70%
2 คะแนน	หมายถึง	นักเรียนสามารถปฏิบัติได้ 51%–60%
1 คะแนน	หมายถึง	นักเรียนสามารถปฏิบัติได้ต่ำกว่า 50%

ข้อที่	หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน					รวม (20)
		5	4	3	2	1	
1	การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน						
2	การมีความรอบคอบในการทำงาน						
3	การมีความรับผิดชอบ						
4	การตรงต่อเวลา						
	รวม						

ระดับคุณภาพ

คะแนน 16–20	หมายถึง	ดีมาก
คะแนน 11–15	หมายถึง	ดี
คะแนน 6–10	หมายถึง	พอใช้
คะแนน 1–5	หมายถึง	ปรับปรุง

7. บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

7.1 ผลการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

7.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

7.3 แนวทางการแก้ไขและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวเสาวลักษณ์ สุวรรณชัยรบ)

ผู้สอน / ผู้บันทึก

ใบกิจกรรม “ชิงช้าสวรรค์”

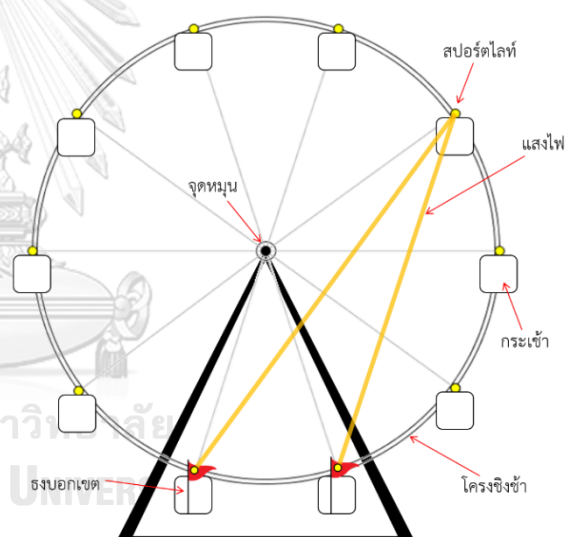
ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

จุดประสงค์ เพื่อให้นักเรียนสามารถตรวจสอบข้อความคาดการณ์เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมได้

คำสั่ง ให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ที่กำหนดให้ และตอบคำถามให้ถูกต้อง

สถานการณ์

ชิงช้าสวรรค์ประกอบด้วยกระเช้าที่มีระยะห่างระหว่างแต่ละตัวเท่ากัน เคลื่อนที่ไปตามโครงลักษณะเป็นวงกลม ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาโดยกระเช้าแต่ละตัวจะมีไฟสปอร์ตไลท์ติดอยู่บริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างกระเช้ากับโครงของชิงช้าสวรรค์ และแสงไฟนั้นจะส่องไปทำมุมกับรัศมีของกระเช้าทั้ง 2 ตัวอยู่เสมอ ดังรูป



ข้อความคาดการณ์ คือ.....

.....

คำใบ้ที่ได้รับ ได้แก่.....

.....

.....

.....

.....



ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบทางสถิติของแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์
และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

สำหรับการทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่ว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความรู้ทาง
คณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม

สมมติฐานการทดสอบ คือ

H_0 : ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียน \leq เกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม

H_1 : ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียน $>$ เกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม

ตารางที่ 17 ผลการทดสอบคะแนนความรู้ทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างหลังเรียนกับเกณฑ์
ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มของนักเรียนกลุ่มทดลอง (คะแนนเต็มฉบับละ 30 คะแนน)

One-Samples Statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ความรู้เชิงมโนทัศน์	หลังเรียน	50	14.300	3.536	.500
ความรู้เชิงกระบวนการ	หลังเรียน	50	3.400	1.539	.218
ความรู้ในภาพรวม	หลังเรียน	50	17.700	4.752	.672

One-Samples Test

		Test Value = 13.2					
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
						Lower	Upper
ความรู้เชิงมโนทัศน์	หลังเรียน	2.200	49	.033	1.100	.100	2.100

One-Samples Test

		Test Value = 4.8					
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
						Lower	Upper
ความรู้เชิงกระบวนการ	หลังเรียน	-6.434	49	.000	-1.400	-1.840	-.960

One-Samples Test

	t	df	Test Value = 18			
			Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
ความรู้ในภาพรวม หลังเรียน	-.446	49	.657	-.300	-.165	1.05

จากตารางที่ 16 ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เท่ากับ 17.700 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.752 และจากการทดสอบค่าที (t-test) ที่ $t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 49} = 1.677$ พบว่า $t = -.446$ ซึ่ง $t < t_{\alpha, n-1}$ จึงยอมรับ H_0 นั่นคือ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม

เมื่อพิจารณาคะแนนความรู้เชิงมโนทัศน์ ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนความรู้เชิงมโนทัศน์หลังเรียน เท่ากับ 14.300 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.536 และจากการทดสอบค่าที (t-test) ที่ $t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 49} = 1.677$ พบว่า $t = 2.200$ ซึ่ง $t > t_{\alpha, n-1}$ จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความรู้เชิงมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาคะแนนความรู้เชิงกระบวนการ ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนความรู้เชิงกระบวนการหลังเรียน เท่ากับ 3.400 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.539 และจากการทดสอบค่าที (t-test) ที่ $t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 49} = 1.677$ พบว่า $t = -6.434$ ซึ่ง $t < t_{\alpha, n-1}$ จึงยอมรับ H_0 นั่นคือ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความรู้เชิงกระบวนการหลังเรียนไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม

สำหรับการทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่ว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

สมมติฐานการทดสอบ คือ

H_0 : ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียน \leq ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียน $>$ ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียน

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลัง
 เรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง (คะแนนเต็มฉบับละ 30 คะแนน ด้านละ 6 คะแนน)

Paired-Samples Statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ด้านการทำความเข้าใจ	หลังเรียน	50	3.920	1.104	.156
	ก่อนเรียน	50	3.640	.898	.127
ด้านการพิจารณาความน่าเชื่อถือ ของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต	หลังเรียน	50	4.220	.840	.119
	ก่อนเรียน	50	3.900	.974	.138
ด้านการอุปนัย	หลังเรียน	50	4.320	1.133	.160
	ก่อนเรียน	50	3.140	1.195	.169
ด้านการนิรนัย	หลังเรียน	50	2.640	.875	.124
	ก่อนเรียน	50	2.260	1.006	.142
ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น	หลังเรียน	50	3.960	1.142	.162
	ก่อนเรียน	50	2.860	1.088	.154
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในภาพรวม	หลังเรียน	50	19.060	3.502	.495
	ก่อนเรียน	50	15.800	2.763	.391

Paired-Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
การทำความเข้าใจ หลังเรียน - ก่อนเรียน	.280	1.089	.154	-.029	.589	1.819	49	.075
การพิจารณาความ น่าเชื่อถือของแหล่ง ข้อมูลและสิ่งที่สังเกต หลังเรียน - ก่อนเรียน	.320	1.168	.165	-.012	.652	1.937	49	.059
การอุปนัย หลังเรียน - ก่อนเรียน	1.180	1.304	.184	.809	1.551	6.396	49	.000
การนิรนัย หลังเรียน - ก่อนเรียน	.380	1.383	.196	-.013	.773	1.942	49	.058
การระบุข้อตกลง เบื้องต้น หลังเรียน - ก่อนเรียน	1.100	1.344	.190	.718	1.482	5.788	49	.000
การคิดอย่างมี วิจัยรณญาณ ในภาพรวม หลังเรียน - ก่อนเรียน	3.260	3.800	.537	2.180	4.340	6.066	49	.000

จากตารางที่ 17 ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนการคิดอย่างมีวิจยรณญาณหลังเรียนและก่อนเรียน เท่ากับ 19.060 และ 15.800 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.502 และ 2.763 ตามลำดับ และจากการทดสอบค่าที (t-test) ที่ $t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 49} = 1.677$ พบว่า $t = 6.066$ ซึ่ง $t > t_{\alpha, n-1}$ จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจยรณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาคะแนนการคิดอย่างมีวิจยรณญาณเป็นรายด้าน ผลปรากฏดังต่อไปนี้

ด้านการทำความเข้าใจ ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนหลังเรียนและก่อนเรียน เท่ากับ 3.920 และ 3.640 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.104 และ .898 ตามลำดับ และจากการทดสอบค่าที (t-test) ที่ $t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 49} = 1.677$

พบว่า $t = 1.819$ ซึ่ง $t > t_{\alpha, n-1}$ จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนการคิดในด้านการทำความเข้าใจหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ด้านการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกต ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนหลังเรียนและก่อนเรียน เท่ากับ 4.220 และ 3.900 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ .840 และ .974 ตามลำดับ และจากการทดสอบค่าที่ (t-test) ที่ $t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 49} = 1.677$ พบว่า $t = 1.937$ ซึ่ง $t > t_{\alpha, n-1}$ จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนการคิดในด้านการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสิ่งที่สังเกตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ด้านการอุปนัย ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนหลังเรียนและก่อนเรียน เท่ากับ 4.320 และ 3.140 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.133 และ 1.195 ตามลำดับ และจากการทดสอบค่าที่ (t-test) ที่ $t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 49} = 1.677$ พบว่า $t = 6.396$ ซึ่ง $t > t_{\alpha, n-1}$ จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนการคิดในด้านการอุปนัยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ด้านการนิรนัย ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนหลังเรียนและก่อนเรียน เท่ากับ 2.640 และ 2.260 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ .875 และ 1.006 ตามลำดับ และจากการทดสอบค่าที่ (t-test) ที่ $t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 49} = 1.677$ พบว่า $t = 1.942$ ซึ่ง $t > t_{\alpha, n-1}$ จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนการคิดในด้านการนิรนัยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนหลังเรียนและก่อนเรียน เท่ากับ 3.960 และ 2.860 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.142 และ 1.088 ตามลำดับ และจากการทดสอบค่าที่ (t-test) ที่ $t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 49} = 1.677$ พบว่า $t = 5.788$ ซึ่ง $t > t_{\alpha, n-1}$ จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนการคิดในด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	เสาวลักษณ์ สุวรรณชัยรบ
วัน เดือน ปี เกิด	วันอาทิตย์ที่ 30 เมษายน พ.ศ.2538
สถานที่เกิด	จังหวัดสกลนคร
วุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ (เกียรตินิยมอันดับ 2) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อปีการศึกษา 2559 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2560
ที่อยู่ปัจจุบัน	89 ซอย สุขสวัสดิ์35 (ซอยวัดสน แยกฟองอำไพ) แขวง/เขต ราชบุรีบูรณะ กรุงเทพมหานคร 10140